



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

**ΚΛΙΝΙΚΗ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

**Η ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΗ ΒΑΔΙΣΗ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΩΣ ΜΕΣΟ
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ
ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΒΛΑΒΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ**

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Ν. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΥΤΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2025





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

**ΚΛΙΝΙΚΗ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΛΟΥΜΗΣ ΑΒΡΑΑΜ**

**Η ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΗ ΒΑΔΙΣΗ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΩΣ ΜΕΣΟ
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ
ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΒΛΑΒΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ**

**ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Ν. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΥΤΗΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2025

«Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμών του συγγραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος)».

Ημερομηνία αίτησης του κ. Χριστοδούλου Βασίλειου: 28-11-2011

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: Γ.Σ. αριθμ. 725α/06-12-2011

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων:

Πλούμης Αβραάμ, Επίκουρος Καθηγητής Φυσικής Ιατρικής και Αποκατάστασης του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη:

Μπερής Αλέξανδρος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Βούλγαρης Σπυρίδων, Αναπληρωτής Καθηγητής Νευροχειρουργικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 20-12-2011

«Η υποβοηθούμενη βάδιση με σύστημα υποστήριξης βάρους σώματος ως μέσο φυσικοθεραπευτικής αποκατάστασης σε ασθενείς με βλάβη νωτιαίου μυελού»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: 1133α/28-01-2025

1. Πλούμης Αβραάμ, Καθηγητής Φυσικής Ιατρικής και Αποκατάστασης του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
2. Μπερής Αλέξανδρος, Ομότιμος Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
3. Βούλγαρης Σπυρίδων, Καθηγητής Νευροχειρουργικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
4. Γελαλής Ιωάννης, Καθηγητής Ορθοπαιδικής με έμφαση στη Χειρουργική Σπονδυλικής Στήλης και Επανορθωτικής Χειρουργικής Ενηλίκων του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
5. Καλλίστρατος Ηλίας, Καθηγητής Φυσικοθεραπείας του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος
6. Βαρβαρούσης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
7. Γκιάτας Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής με έμφαση στη Χειρουργική Άνω Άκρου και την Επανορθωτική Χειρουργική Ενηλίκων του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 1-4-2025

Ιωάννινα 12-05-2025

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Σπυρίδων Κονιτσιώτης

Καθηγητής Νευρολογίας



Η Γραμματέας του Τμήματος

Αικατερίνη Λαγού

Αφιερώσεις

Αφιερωμένο στην συγχωρεμένη μου γιαγιά,

Σταμπολίδου Βασιλική

«Στην επιστήμη σου να γίνεις μεγάλος, παιδί μου. Να γίνεις ελέφαντας.

Τον ελέφαντα, κανένα ζώο δεν μπορεί να τον πατήσει.»

Χριστοδούλου Αναστασία,

Απόφοιτος 2ας Δημοτικού Λάδης Έβρου

Πρόλογος-Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής υπήρξε μια μακρά και απαιτητική διαδρομή, η οποία δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τη στήριξη και την πολύτιμη συμβολή πολλών ανθρώπων. Με βαθιά ευγνωμοσύνη, επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους στάθηκαν δίπλα μου σε αυτό το επιστημονικό ταξίδι.

Πρωτίστως, ευχαριστώ τον Θεό για τη δύναμη, την αντοχή και την υγεία που μου χάρισε καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου. Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στη σύζυγό μου, Ελένη, και στα παιδιά μου, Νικόλαο και Ελισάβετ, για την αμέριστη κατανόηση, υπομονή και υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

Θερμές ευχαριστίες απευθύνω στους γονείς μου, Νικόλαο και Αναστασία, που με δίδαξαν την αξία της φιλοπονίας και της ακαδημαϊκής και επαγγελματικής εξέλιξης. Στον αδελφό μου, Δρ. Χριστοδούλου Παύλο, στρατιωτικό (εν αποστρατεία) ορθοπαιδικό ιατρό, ο οποίος αποτέλεσε έμπνευση για την ενασχόλησή μου με την επιστήμη της Φυσιοθεραπείας, καθώς και στον αδελφό μου, Χριστοδούλου Γεώργιο, του οποίου το παράδειγμα ζωής με δίδαξε να αντιμετωπίζω κάθε εμπόδιο ως μια νέα πρόκληση.

Ευχαριστώ από καρδιάς τον επιβλέποντα της διδακτορικής μου διατριβής, Καθηγητή Φυσικής Ιατρικής & Αποκατάστασης και Διευθυντή της Κλινικής Φυσικής Ιατρικής & Αποκατάστασης (Φ.Ι.Α.), "Σταύρος Σ. Νιάρχος", του Γενικού Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ιωαννίνων (Γ.Π.Ν.Ι), ορθοπαιδικό ιατρό, Πλούμη Αβραάμ, για την υπομονή, την αδιάκοπη καθοδήγηση και τη συνεχή στήριξή του σε κάθε στάδιο της έρευνας. Παράλληλα, ευχαριστώ τον επίκουρο καθηγητή Ανατομίας, Ιστολογίας και Εμβρυολογίας, ορθοπαιδικό ιατρό, Βαρβαρούση Δημήτριο, για τη διαρκή επικοινωνία και συνδρομή του στις επιστημονικές δημοσιεύσεις και συνεδριακές παρουσιάσεις που προέκυψαν από την παρούσα εργασία.

Εκφράζω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στο προσωπικό της Κλινικής Φ.Ι.Α. "Σταύρος Σ. Νιάρχος" του Γ.Π.Ν.Ι. για την πολύτιμη συνεργασία τους κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων. Ιδιαίτερη μνεία αξίζει η τέως προϊσταμένη του νοσηλευτικού προσωπικού, Ζήκα Γιολάντα, και η νυν προϊσταμένη Παππά Βασιλική, καθώς και ο Επιμελητής Α' ΕΣΥ, φυσίατρος κ. Βασιλειάδης Γεώργιος και η Επιμελήτρια Α, παθολόγος κα Θεοδώρου Αρετή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στην ερευνητική ομάδα Megatron και ιδιαιτέρως στον εμβιομηχανικό της κλινικής Φ.Ι.Α., Δρ. Δημόπουλο Δημήτριο, για τις συμβουλές του σε θέματα έρευνας, στον κ. Φίλη Παναγιώτη για την πολύτιμη βοήθειά του στη μεθοδολογική ταξινόμηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων και στον επιστημονικό ερευνητικό συνεργάτη της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, βιοστατιστικό, Δρ. Ντρίτσο Γεώργιο, για την καθοριστική συμβολή του στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Ευχαριστώ τον πρόεδρο του τμήματος Φυσιοθεραπείας του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος, καθηγητή Καλλίστρατο Ηλία, για την ηθική του υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια της ερευνητικής μου διαδρομής. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής μου, τον Ομότιμο Καθηγητή Ορθοπαιδικής, Μπερή

Αλέξανδρο, και τον Καθηγητή Νευροχειρουργικής, Βούλγαρη Σπυρίδων, για τις πολύτιμες κατευθύνσεις και παρατηρήσεις τους.

Τέλος, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου προς όλους τους συμμετέχοντες της μελέτης, χωρίς τη συμβολή των οποίων η ολοκλήρωση αυτής της έρευνας δεν θα ήταν εφικτή.

Η συνεισφορά όλων σας ήταν καθοριστική και θα σας είμαι για πάντα ευγνώμων.

Πίνακας Περιεχομένων

Αφιερώσεις.....	IX
Πρόλογος-Ευχαριστίες	X
Πίνακας Περιεχομένων	1
Γενικό Μέρος.....	11
1. Στοιχεία Ανατομίας	11
1.1. Σπονδυλική Στήλη (Σ.Σ) - Σπόνδυλοι.....	11
1.1.1. Αυχενική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης (Α.Μ.Σ.Σ.) - Αυχενικοί Σπόνδυλοι.....	12
1.1.1.1. Άτλας και Άξονας	12
1.1.2. Θωρακική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης (Θ.Μ.Σ.Σ.) - Θωρακικοί Σπόνδυλοι	13
1.1.3. Οσφυϊκή Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης (Ο.Μ.Σ.Σ.) – Οσφυϊκοί Σπόνδυλοι.....	13
1.1.4. Ιερό Οστό	13
1.1.5. Κόκκυγας	14
1.1.6. Μεσοσπονδύλιοι Δίσκοι (ΜΣΔ).....	14
1.2. Νωτιαίος Μυελός (Ν.Μ.).....	15
1.2.1. Νωτιαίες Ρίζες.....	16
1.2.1.1. Δερμοτόμια	18
1.2.1.2. Μυοτόμια	20
2. Βλάβες Νωτιαίου Μυελού.....	23
2.1. Τραυματικές Βλάβες/Κακώσεις Ν.Μ.	23
2.1.α. Πρωτογενής ή Οξεία φάση Τραυματισμού	23
2.1.β. Υποξεία Φάση Τραυματισμού	24
2.1.γ. Χρόνια Φάση Τραυματισμού - Αποκατάσταση	24
2.1.1. Κακώσεις Σ.Σ.	24
2.1.1.α. Άνω Α.Μ.Σ.Σ.....	25
2.1.1.β. Κάτω Α.Μ.Σ.Σ.	25
2.1.1.γ. Θλάση αυχένα («whiplash»).....	26
2.1.1.δ Θ.Μ.Σ.Σ.	26
2.1.1.ε. Θωρακοοσφυϊκή και Ο.Μ.Σ.Σ.....	26
2.2. Μολυσματικές αιτίες βλάβης Ν.Μ.....	27
2.2.1. Βακτηριακή Μηνιγγίτιδα.....	27
2.2.2. Οξεία Διάσπαρτη Εγκεφαλομυελίτιδα (ΟΔΕΜ).....	28
2.2.3. Εγκάρσια Μυελίτιδα.....	28
2.2.4. Νωτιαίο Επισκληρίδιο Απόστημα	29
2.2.5. Νωτιαίο Ενδομυελικό Απόστημα	29

2.2.6. Αραχνοειδίτιδα.....	30
2.2.7. Νευροσύφιλη.....	30
2.3. Εμβολικές αιτίες βλάβης Ν.Μ.	31
2.3.1. Ινοχόνδρινες εμβολές	31
2.3.2. Εμβολή από διααρτηριακό χημειοεμβολισμό (TACE).....	32
2.3.3. Αθηρωματική εμβολή	32
2.3.4. Δευτερογενές έμφραγμα νωτιαίου μυελού σε καρδιακό έμφραγμα από πνευμονική εμβολή.....	32
2.3.5. Συμπίεση νωτιαίου μυελού από ανευρυσματική οστική κύστη.....	32
2.4. Γενετικές/Μεταβολικών Συνδρόμων/Αυτοάνοσες αιτίες Βλάβης Ν.Μ.	33
2.4.1. Ρευματοειδής αρθρίτιδα της σπονδυλικής στήλης	33
2.4.2. Αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα/σπονδυλοαρθρίτιδα.....	34
2.4.3. Πολλαπλή σκλήρυνση - σκλήρυνση κατά πλάκας.....	35
2.4.4. Σύνδρομο Sjögren	36
2.4.5. Συστηματικός Ερυθηματώδης Λύκος	36
2.4.6. Νόσος του Scheuermann.....	38
3. Αποτελέσματα Βλαβών Νωτιαίου Μυελού	39
3.1. Άμεσα αποτελέσματα/ελλείματα βλάβης Ν.Μ.	39
3.1.1. Κινητικά Ελλείματα	39
3.1.1.1. Αδυναμία μυϊκή.....	39
3.1.1.2. Αμυοτροφία (Μυϊκή ατροφία-Σαρκοπενία).....	39
3.1.1.3. Αστάθεια	40
3.1.1.4. Ασυνεργία μυϊκή	40
3.1.1.5. Δυσκαμψία	40
3.1.1.6. Δυστονία	40
3.1.1.7. Ημιπάρεση – Ημιπληγία – Σύνδρομο Brown-Séquard	40
3.1.1.8. Μονοπάρεση – Μονοπληγία	40
3.1.1.9. Παραπληγία.....	41
3.1.1.10. Πάρεση – Παράλυση	41
3.1.1.11. Τετραπάρεση – Τετραπληγία.....	41
3.1.1.12. Χορεία	41
3.1.2. Αισθητηριακά Ελλείματα	41
3.1.2.1. Αιμωδία (Pins and Needles).....	41
3.1.2.2. Αλλοδυνία - Υπεραλγησία	42
3.1.2.3. Καυσαλγία	42
3.1.2.4. Νευραλγία	42

3.1.2.5. Πόνος.....	42
3.2. Έμμεσα αποτελέσματα/ελλείματα – Προκύπτουσες παθολογίες.....	43
3.2.1. Μεταβολικά Σύνδρομα – Ενδοκρινικό Σύστημα.....	43
3.2.1.1. Δισλιπιδαιμία.....	43
3.2.1.2. Παχυσαρκία.....	44
3.2.1.3. Διαβήτης τύπου 2.....	44
3.2.2. Ερειστικό Σύστημα.....	44
3.2.2.1. Μείωση οστικής πυκνότητας (Οστεοπενία και Οστεοπόρωση).....	44
3.2.2.3. Κατάγματα.....	44
3.2.3. Αναπνευστικό Σύστημα.....	45
3.2.3.1. Αναπνευστικά προβλήματα.....	45
3.2.3.2. Πνευμονία.....	45
3.2.4. Καρδιαγγειακό / Κυκλοφορικό Σύστημα.....	45
3.2.4.1. Καρδιαγγειακές παθήσεις (Οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου και στεφανιαία νόσος).....	45
3.2.4.2. Αυτόνομη Δυσαντακλαστικότητα (Δυσρεφλέξια).....	46
3.2.4.3. Έλκη Κατάκλισης (Κατακλίσεις).....	46
3.2.5. Αναπαραγωγικό Σύστημα.....	46
3.2.5.1. Σεξουαλική Δυσλειτουργικότητα – Στειρότητα.....	46
3.2.6. Γαστρεντερικό / Πεπτικό και Ουροποιητικό Σύστημα.....	48
3.2.6.1 Νευρογενής Δυσλειτουργία Εντέρου (ΝΔΕ) και Ουροδόχου Κύστης (ΝΔΟΚ).....	48
3.2.7. Νευρικό Σύστημα.....	48
3.2.7.1. Νευροψυχολογικές ανωμαλίες και εγκεφαλικές παθολογίες.....	48
4. Φυσικοθεραπευτικά Μέσα & Τεχνικές Αποκατάστασης.....	50
4.1. Τοποθέτηση-Αλλαγή θέσης.....	50
4.2. Διατάσεις.....	51
4.2.1. Παθητικές Διατάσεις.....	51
4.2.2. Ενεργητικές Διατάσεις.....	51
4.2.3. Ορθοστάτιση (παθητική).....	52
4.2.4. Ναρθηκοποίηση.....	52
4.3. Δόνηση.....	52
4.3.1. Δόνηση υψηλής συχνότητας.....	53
4.3.2. Δόνηση χαμηλής συχνότητας.....	53
4.4. Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία.....	53
4.5. Καρδιαγγειακή Φυσικοθεραπεία.....	54

4.5.1. Αξιολόγηση της Καρδιαγειακής Ικανότητας.....	54
4.5.1.1. Δοκιμή μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου/ Peak Oxygen Consumption (VO ₂ Peak).....	54
4.5.1.2. Δοκιμές υπομέγιστης άσκησης.....	55
4.5.1.3. Δοκιμές άσκησης επί του πεδίου.....	56
4.5.1.4. Επιπτώσεις στην αποκατάσταση.....	56
4.5.2. Ανταπόκριση στην καρδιαγγειακή φυσικοθεραπεία/ προπόνηση	57
4.5.2.1. Καρδιακή παροχή.....	57
4.5.2.2. Συχνότητα καρδιακών παλμών/ Heart Rate (HR)	57
4.5.2.3. Όγκος καρδιακού παλμού	58
4.5.2.4. Αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου	58
4.5.3. Συνταγογράφηση Άσκησης.....	59
4.5.3.1. Συχνότητα.....	59
4.5.3.2. Ένταση	60
4.5.3.3. Τύπος	60
4.5.4. Προπόνηση άνω άκρων	61
4.5.5. Προπόνηση Βάδισης σε Ηλεκτροκίνητο Διάδρομο.....	62
4.5.6. Λειτουργική Ηλεκτρική Διέγερση/ Functional Electrical Stimulation (F.E.S.)	62
4.6. Κινητικότητα επί κλίνης & μεταφορές	63
4.7. Εκπαίδευση χρήσης αμαξιδίου	63
4.8. Προπόνηση Βάδισης	63
4.8.1. Βάδιση σε παράλληλους ζυγούς (μπάρες)	64
4.8.2. Βάδιση με ορθωτικούς νάρθηκες (AFOs, KAFOs, HKAFOS, RGOs & ARGOS)	64
4.8.3. Βάδιση με μηχανισμό υποστήριξης (άρσης) σωματικού βάρους στο έδαφος / Body Weight Supported Overground Training (BWSOT)	65
4.8.4. Βάδιση σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης (άρσης) σωματικού βάρους/ Body Weight Supported Treadmill Training (BWSTT)	65
4.8.5. Αυτοματοποιημένη (ρομποτικά) υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης/ Robotic Assisted Gait Training (RAGT)	66
4.8.6. Προπόνηση βάδισης με την χρήση εξωσκελετού.....	66
4.9. Ηλεκτρική Διέγερση.....	66
4.9.1. Επισκληρίδιος Ηλεκτρική Διέγερση/ Epidural Electrical Stimulation (E.E.S.)	67
4.9.2. Διαδερμική Ηλεκτρική Νευρο-διέγερση/ Transcutaneous Electrical Neural Stimulation (T.E.N.S.)	67

4.9.3. Λειτουργική Ηλεκτρική Διέγερση/ Functional Electrical Stimulation (F.E.S.)	67
4.9.4. Συνδυασμός E.E.S. και F.E.S./ Epidural Electrical and Muscle Stimulation (E.E.M.S.)	68
4.10. Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα/ Surface electromyography (sEMG)	69
4.10.1. Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα ως μέσο Βιοανατροφοδότησης/ Biofeedback sEMG	69
4.10.2. Μαγνητική και Ηλεκτρική διέγερση εγκεφάλου (φλοιονωτιαίας οδού) σε συνδυασμό με το Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα	69
4.10.3. Προπόνηση βάδισης σε συνδυασμό με το Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα	70
4.10.4. Επανεκπαίδευση Κίνησης Άνω Άκρου σε συνδυασμό με το Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα	72
Ειδικό Μέρος.....	74
1. Σκοπός της Διατριβής.....	74
1.1. Εισαγωγή	74
1.1.1. Μελέτες σε τετράποδα	74
1.1.2. Μελέτες σε ανθρώπους – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	77
1.2. Μηδενική Υπόθεση	84
1.3. Δημοσιευμένα Άρθρα.....	84
1.3.1. Άρθρο Ανασκόπησης: “Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”.	84
1.3.2. Άρθρο ανασκόπησης και μετα-ανάλυση: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”	85
1.3.3. Μετάφραση της Κλίμακας Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης και των παραρτημάτων I και II της Αμερικανικής Εταιρίας Βλαβών Νωτιαίου Μυελού στα Ελληνικά.....	85
2. Μεθοδολογία	86
2.1. Μέθοδος Κλινικής Μελέτης.....	86
2.1.1. Εισαγωγή-Τοποθεσία	86
2.1.2. Συμμετέχοντες	86
2.1.3. Παρέμβαση.....	87
2.1.4. Τύπος Κλινικής Μελέτης.....	87
2.1.5. Μετρήσεις και εργαλεία μέτρησης	87
2.1.5.1. Μέτρηση κατάταξης νευρολογικής βλάβης.....	87
2.1.5.2. Μετρήσεις διερεύνησης αποτελεσματικότητας της παρέμβασης	87
2.1.6. Στατιστική ανάλυση	90

2.2. Μέθοδοι Δημοσιευμένων Άρθρων.....	90
2.2.1. Μεθοδολογία του άρθρου ανασκόπησης: “Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”.....	90
2.2.1.1. Πηγές πληροφοριών και στρατηγική αναζήτησης.....	90
2.2.1.2. Κριτήρια επιλεξιμότητας.....	91
2.2.1.3. Επιλογή και συλλογή δεδομένων.....	91
2.2.2. Μεθοδολογία του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”	91
2.2.2.1. Στρατηγική αναζήτησης και επιλογή μελετών.....	91
2.2.2.2. Αξιολόγηση ποιότητας άρθρων	92
2.2.2.3. Εξαγωγή δεδομένων.....	92
2.2.2.4. Ποσοτική σύνθεση και ανάλυση.....	93
3. Αποτελέσματα.....	94
3.1. Αποτελέσματα Έρευνας.....	94
3.1.1. Μετρήσεις Έρευνας	94
3.1.1.1. Δημογραφικά αποτελέσματα/στοιχεία της έρευνας.....	94
3.1.1.2. DEXA (Dual energy X-ray Absorptiometry)	96
3.1.1.3. Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II)	97
3.1.1.4. Barthel Index	97
3.1.1.5. World Health Organization Quality of Life-Bref (WHOQOL-BREF)	97
3.1.1.6. Modified Ashworth Scale (MAS)	98
3.1.2. Αιματικοί δείκτες οστικού μεταβολισμού	100
3.1.2.1. Διαφορές στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση.....	100
3.1.2.2. Μεταβολές στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού για κάθε φύλο ξεχωριστά.....	101
3.1.2.3. Μεταβολές στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης.....	102
3.1.2.4. Συσχετίσεις ανάμεσα στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού και στην ηλικία, δείκτη μάζας σώματος και χρόνο από έναρξη πάθησης.....	103
3.1.3. Μεταβολές στις τιμές DEXA των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση.....	104
3.1.3.1. Μεταβολές στις τιμές DEXA πριν και μετά την παρέμβαση για κάθε φύλο.....	105
3.1.3.2. Μεταβολές στις τιμές DEXA ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης	106

3.1.3.3. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές DEXA και στην ηλικία, δείκτη μάζας σώματος και χρόνο από έναρξη πάθησης.....	107
3.1.4. Κινητική ικανότητα.....	109
3.1.4.1. Μεταβολές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση.....	109
3.1.4.2. Μεταβολές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας πριν και μετά την παρέμβαση για κάθε φύλο	112
3.1.4.3. Μεταβολές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης.....	113
3.1.4.4. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών και στην ηλικία, δείκτη μάζας σώματος και χρόνο από έναρξη πάθησης πριν και μετά την παρέμβαση.....	114
3.1.5. WISC II.....	116
3.1.5.1. Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISC II πριν και μετά την παρέμβαση	116
3.1.5.2. Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISC II ανάλογα με το είδος βλάβης Νωτιαίου Μυελού	117
3.1.5.3. Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISC II ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS.....	118
3.1.5.4. Διαφορές στις τιμές της κλίμακας WISC II ανάλογα με το φύλο	119
3.1.5.5. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του WISC II και στην ηλικία των ασθενών	120
3.1.5.6. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του WISC II και στο χρόνο από την έναρξη της πάθησης των ασθενών	120
3.1.6. Δείκτης Barthel.....	121
3.1.6.1. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel πριν και μετά την παρέμβαση	121
3.1.6.2. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel ανάλογα με το είδος βλάβης Νωτιαίου Μυελού	121
3.1.6.3. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS.....	122
3.1.6.4. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel ανάλογα με το φύλο	123
3.1.6.5. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του Barthel Index και στην ηλικία των ασθενών	124
3.1.6.6. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του Barthel Index και στο χρόνο από την έναρξη της πάθησης των ασθενών	124
3.1.7. Τροποποιημένη κλίμακα Asworth (MAS)	125
3.1.7.1 Λεπτομερής ανάλυση των αποτελεσμάτων	125
3.1.7.1.1. Λαγονοψοϊτής μυς (δε)	125

3.1.7.1.2. Τετρακέφαλος μηριαίος μυς (δε)	126
3.1.7.1.3. Οπίσθιοι μηριαίοι μυς (δε)	126
3.1.7.1.4. Προσαγωγοί μυς (δε)	127
3.1.7.1.5. Γαστροκνήμιος μυς (δε)	128
3.1.7.1.6. Πρόσθιος κνημιαίος μυς (δε)	128
3.1.7.1.7. Περονιαίος μυς (δε)	129
3.1.7.1.8. Λαγονοψοϊτής μυς (αρ)	129
3.1.7.1.9. Τετρακέφαλος μηριαίος μυς (αρ)	130
3.1.7.1.10. Οπίσθιοι Μηριαίοι (αρ)	131
3.1.7.1.11. Προσαγωγοί μυς (αρ)	131
3.1.7.1.12. Γαστροκνήμιος μυς (αρ)	132
3.1.7.1.13. Πρόσθιος κνημιαίος μυς (αρ)	132
3.1.7.1.14. Περονιαίοι μυς (αρ)	133
3.1.7.2. Συγκεντρωτική ανάλυση των αποτελεσμάτων	133
3.1.8. Ανεπιθύμητα Γεγονότα-Συμβάματα Κατά την Παρέμβαση	134
3.1.8.1. Σπάσιμο βραχίονα λειτουργικού νάρθηκα ARGO	134
3.1.8.2. Περιστατικό αιματοουρίας λόγω ενδοκυστικών λίθων	134
3.1.8.3. Περιστατικό ορθοστατικής υπότασης σε ασθενή με ADEM	134
3.2. Αποτελέσματα Δημοσιευμένων Άρθρων	135
3.2.1. Αποτελέσματα του άρθρου ανασκόπησης: “Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”	135
3.2.1.1. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των ασθενών με βλάβη N.M. με ή χωρίς πολλαπλούς τραυματισμούς	135
3.2.1.1.1. Θνησιμότητα	135
3.2.1.1.2. Διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης (διάρκεια παραμονής, Length of Stay/ LoS)	135
3.2.1.1.3. Λειτουργικά αποτελέσματα (FIM, SCIM, BI, WISCI II, ASIA MS, χρόνος επιστροφής στην εργασία)	135
3.2.1.2. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των πολλαπλά τραυματισμένων ασθενών με ή χωρίς βλάβη N.M.	136
3.2.1.2.1. Διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης (διάρκεια παραμονής, Length of Stay/ LoS)	136
3.2.1.2.2. Λειτουργικά αποτελέσματα (FIM)	136
3.2.1.3. Σύγκριση πολυτραυματιών με βλάβη N.M. σε διαφορετικές συνθήκες	136
3.2.1.3.1. Σύγκριση πολυτραυματιών ασθενών με βλάβη N.M. με ή χωρίς νευρολογική βελτίωση	136

3.2.1.3.2. Σύγκριση πολυτραυματιών με βλάβη Ν.Μ., θυμάτων τρομοκρατίας και μη τρομοκρατικών θυμάτων	136
3.2.2. Αποτελέσματα του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”	137
3.2.2.1 Επιλογή μελετών	137
3.2.2.2. Παρουσίαση των άρθρων	137
3.2.2.2.1. Σύμφωνα με το σχεδιασμό της μελέτης	137
3.2.2.2.2. Σύμφωνα με τον πληθυσμό της μελέτης	137
3.2.2.2.3. Σύμφωνα με την παρέμβαση	137
3.2.2.2.4. Σύμφωνα με τα εργαλεία αξιολόγησης	138
3.2.2.2.5. Μεθοδολογική ποιότητα των περιληφθεισών μελετών - RoB2 ..	139
3.2.2.2.6. Μεθοδολογική ποιότητα των περιληφθεισών μελετών-GRADE.	140
3.2.2.3. Αποτελέσματα των συνθέσεων	140
3.2.2.3.1. QoL SF36 – GH	140
3.2.2.3.2. SF36 - MH	141
3.2.2.3.3. PHQ-9	143
4. Συζήτηση	144
4.1. Συζήτηση Κλινικής Μελέτης	144
4.1.1. Δημογραφικά/Επιδημιολογικά στοιχεία	144
4.1.2. Αιματικοί δείκτες του οστικού μεταβολισμού	145
4.1.3. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Βάδισης (WISCI II, Ταχύτητα Βάδισης και Διανυόμενη Απόσταση)	146
4.1.4. Λειτουργικότητα (Barthel Index)	148
4.1.5. Σπαστικότητα (MAS)	149
4.1.6. Ποιότητα Ζωής (WHOQOL-BREF)	150
4.1.7. Αξιολόγηση Οστικής Πυκνότητας και Σύστασης Μάζας Σώματος (DEXA/DXA)	152
4.1.8. Επίλογος και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	154
4.2. Συζήτηση Δημοσιευμένων Άρθρων	155
4.2.1. Συζήτηση του άρθρου ανασκόπησης: “Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”	155
4.2.2. Συζήτηση του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”	157
5. Συμπεράσματα Διδακτορικού Έργου	160
5.1. Συμπεράσματα Διδακτορικής Διατριβής	160
5.2. Συμπεράσματα Δημοσιευμένων Άρθρων	161

5.2.1. Συμπεράσματα του άρθρου ανασκόπησης: “Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”	161
5.2.2. Συμπεράσματα του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”	162
Περίληψη.....	163
Abstract	164
Βιβλιογραφία.....	165
Προσαρτήματα.....	235

Γενικό Μέρος

1. Στοιχεία Ανατομίας

1.1. Σπονδυλική Στήλη (Σ.Σ) - Σπόνδυλοι

Η Σπονδυλική Στήλη (Σ.Σ.) του ενήλικου ανθρώπου αποτελείται, τυπικά, από 33 Σπονδύλους τοποθετημένους σε πέντε περιοχές: 7 Αυχενικούς, 12 Θωρακικούς, 5 Οσφυϊκούς, 5 Ιερούς και 4 Κοκκυγικούς. Οι Σπόνδυλοι ποικίλουν σε μέγεθος και σε άλλα χαρακτηριστικά από τη μία περιοχή της Σ.Σ. στην άλλη και σε ένα, μικρότερο, βαθμό και μέσα σε κάθε περιοχή, η βασική κατασκευή τους, όμως, είναι ίδια [1]. Ένας Σπόνδυλος, συνήθως, αποτελείται από το Σπονδυλικό Σώμα και από ένα οπίσθιο Σπονδυλικό Τόξο.

Το Σπονδυλικό Σώμα είναι το τμήμα του Σπονδύλου που δέχεται το υπερκείμενο βάρος του ανθρωπίνου σώματος και συνδέεται με τα Σώματα των γειτονικών Σπονδύλων με Μεσοσπονδύλιους Δίσκους (ΜΣΔ) και Συνδέσμους. Κεφαλικά προς ουριαία, το μέγεθος των Σπονδυλικών Σωμάτων αυξάνεται, καθώς μεγαλώνει το βάρος που φέρουν [2]. Το Σπονδυλικό Σώμα αποτελείται από αγγειώδες, δοκιδώδες (σπογγώδες) οστό περιβαλλόμενο από μία λεπτή εξωτερική στοιβάδα συμπαγούς οστού. Στην οπίσθιά του επιφάνεια το Σπονδυλικό Σώμα δέχεται τις Βασικές Σπονδυλικές Φλέβες που παροχετεύουν τον Μυελό των οστών [3].

Το Σπονδυλικό Τόξο σχηματίζει τα πλάγια και το οπίσθιο τοίχωμα του Σπονδυλικού Τρήματος. Τα Σπονδυλικά Τρήματα όλων μαζί των Σπονδύλων σχηματίζουν τον Σπονδυλικό Σωλήνα, που περιέχει και προστατεύει τον Νωτιαίο Μυελό (Ν.Μ.). Προς τα πάνω, ο Σπονδυλικός Σωλήνας μεταπίπτει, μέσω του Ινιακού Τρήματος, στην Κρανιακή Κοιλότητα της Κεφαλής. Το Σπονδυλικό Τόξο αποτελείται από δύο Αυχένες και δύο Πέταλα. Οι Αυχένες είναι δύο στενότερα οστέινα τμήματα, που στα δύο πλάγια συνδέουν το Σπονδυλικό Τόξο με το Σπονδυλικό Σώμα. Τα Πέταλα είναι δύο πλατιά οστέινα φύλλα, που ξεκινούν από κάθε Αυχένα και ενώνονται προς τα πίσω στη Μέση Γραμμή, σχηματίζοντας την κορυφή του Σπονδυλικού Τόξου. Το Σπονδυλικό Τόξο και η οπίσθια επιφάνεια του Σπονδυλικού Σώματος σχηματίζουν τα τοιχώματα του Σπονδυλικού Τρήματος. Από το σημείο συνένωσης των δύο πετάλων προβάλλει προς τα πίσω και κάτω μια Ακανθώδης Απόφυση, που αποτελεί πεδίο πρόσφυσης μυών και συνδέσμων. Από το σημείο της συνένωσης Αυχένα και Πετάλου προβάλλει σε κάθε πλάγιο μια Εγκάρσια Απόφυση, που στη Θωρακική Μοίρα της Σπονδυλικής Στήλης (Θ.Μ.Σ.Σ.) αποτελεί περιοχή άρθρωσης με τις Πλευρές. Από την περιοχή της συνένωσης Αυχένα και Πετάλου προέχουν επίσης οι άνω και κάτω Αρθρικές Αποφύσεις, που αρθρώνονται με τις αντίστοιχες κάτω και άνω Αρθρικές Αποφύσεις των παρακειμένων Σπονδύλων [2]. Κάθε ένας από τους 33 σπονδύλους είναι μοναδικός. Όμως, οι περισσότεροι σπόνδυλοι παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τους ταυτοποιούν ότι ανήκουν σε μία από τις πέντε Μοίρες της Σπονδυλικής Στήλης.

1.1.1. Αυχενική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης (Α.Μ.Σ.Σ.) - Αυχενικοί Σπόνδυλοι

Οι επτά Αυχενικοί Σπόνδυλοι χαρακτηρίζονται για το μικρό τους μέγεθος και για την ύπαρξη ενός Τρήματος σε κάθε Εγκάρσια Απόφυση. Οι Σπόνδυλοι Α₃-Α₇ είναι οι τυπικοί Αυχενικοί Σπόνδυλοι. Αυτοί έχουν μεγάλα Σπονδυλικά Τρήματα για να χωρέσει τον αυξημένο όγκο του Νωτιαίου Μυελού. Ο Α₇ είναι ο προεξέχων σπόνδυλος που χαρακτηρίζεται από μία μακρά Ακανθώδη Απόφυση. Εξαιτίας αυτής της εμφανούς Απόφυσης, ο Α₇ ονομάζεται ο Προέχων Σπόνδυλος. Όταν κάποιος σύρει το δάκτυλό του κατά μήκος της Μέσης Γραμμής της Ραχιαίας επιφάνειας του Αυχένα μπορεί να ψηλαφήσει εύκολα την προεξέχουσα Ακανθώδη Απόφυση του Α₇ [3]. Ο πρώτος και δεύτερος Αυχενικός Σπόνδυλος (Άτλας και Άξονας αντίστοιχα) είναι εξειδικευμένοι για την εκτέλεση των κινήσεων της Κεφαλής [2]

1.1.1.1. Άτλας και Άξονας

Ο πρώτος (Α₁) αυχενικός σπόνδυλος (ο Άτλας) αρθρώνεται με την Κεφαλή. Το κύριο διακριτικό χαρακτηριστικό του είναι το ότι δεν έχει Σπονδυλικό Σώμα. Το, σχήματος δακτυλίου, οστό έχει ένα ζεύγος πλάγιων ογκωμάτων τα οποία χρησιμεύουν σαν αντικατάσταση του Σώματος φέροντας το βάρος του σφαιροειδούς Κρανίου κατά έναν τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο με τον οποίο ο Άτλας στην ελληνική μυθολογία έφερε το βάρος του κόσμου πάνω στους ώμους του [3]. Κάθε πλάγιο όγκωμα αρθρώνεται κεφαλικά με ένα Ινιακό Κόνδυλο του Κρανίου και ουριαία με την αντίστοιχη άνω Αρθρική Απόφυση του δεύτερου (Α₂) Αυχενικού Σπονδύλου (του Άξονα). Οι κεφαλικές αρθρικές επιφάνειες έχουν νεφροειδές σχήμα και είναι κοίλες, ενώ οι ουριαίες αρθρικές επιφάνειες είναι σχεδόν στρογγυλές και επίπεδες. Η Ατλαντο-Ινιακή άρθρωση επιτρέπει στην Κεφαλή να κάμπτεται κοιλιακά και ραχιαία πάνω στη Σ.Σ. Η ραχιαία επιφάνεια του πρόσθιου Τόξου του Άτλαντα εμφανίζει μια αρθρική γλήνη, που χρησιμεύει για την άρθρωσή της με τον Οδόντα, ο οποίος προεξέχει κεφαλικά από το Σπονδυλικό Σώμα του Άξονος. Ο Οδόντας συγκρατείται στη θέση του πάνω στην ραχιαία επιφάνεια του πρόσθιου τόξου του Άτλαντα μέσω του Εγκαρσίου Συνδέσμου. Αυτός ο σύνδεσμος εκτείνεται από το ένα πλάγιο όγκωμα του Άτλαντα προς το άλλο, φερόμενος μεταξύ του Οδόντα και του Ν.Μ. Ο Οδόντας βρίσκεται μπροστά από τον Ν.Μ. και χρησιμεύει σαν άξονας γύρω από τον οποίο λαμβάνει χώρα η στροφή της Κεφαλής. Ο Άξονας έχει μια μεγάλη δισχιδή Ακανθώδη Απόφυση η οποία μπορεί να ψηλαφηθεί βαθιά μέσα στην Αυχενική Αύλακα (την επιπολής κάθετη αύλακα) στην ραχιαία επιφάνεια του λαιμού [3]. Η Εγκάρσια Απόφυση του Άτλαντος είναι πλατιά, προεξέχει στα πλάγια περισσότερο από τις εγκάρσιες αποφύσεις των άλλων Αυχενικών Σπονδύλων και λειτουργεί σαν μοχλός μυϊκής ενέργειας, ιδιαίτερα για τους μύες που κινούν την Κεφαλή στις ατλαντο-αξονικές αρθρώσεις. Ο Άξονας, λοιπόν, χαρακτηρίζεται για τον μεγάλο Οδόντα του, που προβάλλει κεφαλικά από το Σπονδυλικό Σώμα. Οι δύο άνω-πλάγιες επιφάνειες του Οδόντα εμφανίζουν στρογγυλά εντυπώματα, που χρησιμεύουν ως θέσεις πρόσφυσης των ισχυρών Πτερυγοειδών Συνδέσμων, ενός σε κάθε πλευρά, που συνδέουν τον Οδόντα με την έσω επιφάνεια των Ινιακών Κονδύλων. Οι σύνδεσμοι αυτοί παρεμποδίζουν την υπερβολική στροφή της Κεφαλής και του Άτλαντος σε σχέση με τον Άξονα [2].

1.1.2. Θωρακική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης (Θ.Μ.Σ.Σ.) - Θωρακικοί Σπόνδυλοι

Οι 12 Θωρακικοί Σπόνδυλοι βρίσκονται στην άνω μοίρα της ράχης και παρέχουν πρόσφυση για τις Πλευρές. Οι μεσαίοι τέσσερις Θωρακικοί Σπόνδυλοι (Θ_5 - Θ_8) παρουσιάζουν όλα τα χαρακτηριστικά των τυπικών Θωρακικών Σπονδύλων. Οι Θ_1 - Θ_4 Σπόνδυλοι μοιράζονται ορισμένα χαρακτηριστικά των Αυχενικών Σπονδύλων. Το Σώμα του Σπονδύλου έχει σχήμα που μοιάζει με καρδιά, όταν το παρατηρούμε από πάνω, ενώ το Σπονδυλικό Τμήμα είναι στρογγυλό [2]. Ο Θ_1 είναι ένας άτυπος Θωρακικός Σπόνδυλος βάσει του γεγονότος ότι έχει μια μικρή, οριζόντια Ακανθώδη Απόφυση η οποία μπορεί να είναι σχεδόν τόσο προέχουσα όσο αυτή του Προέχοντος (A_7) Σπονδύλου. Οι Θ_9 - Θ_{12} Σπόνδυλοι έχουν μερικά χαρακτηριστικά των Οσφυϊκών Σπονδύλων (επιτρέπουν κάμψη και έκταση πέραν της περιστροφικής κίνησης). Ο μεγαλύτερος βαθμός στροφής επιτρέπεται σε αυτή τη μοίρα. Η πρόσφυση του κλωβού των Πλευρών σε συνδυασμό με τον κάθετο προσανατολισμό των αρθρικών επιφανειών και την υπερκάλυψη των Ακανθωδών Αποφύσεων περιορίζει την κάμψη και την έκταση καθώς επίσης και την πλάγια κάμψη [3].

1.1.3. Οσφυϊκή Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης (Ο.Μ.Σ.Σ.) – Οσφυϊκοί Σπόνδυλοι

Οι Οσφυϊκοί Σπόνδυλοι βρίσκονται στην κατώτερη ράχη μεταξύ του Θώρακος και του Ιερού Οστού. Επειδή το υπερκείμενο βάρος που υποβαστάζουν αυξάνει προς ουριαίο πέρα της Σ.Σ., οι Οσφυϊκοί Σπόνδυλοι έχουν ογκώδη Σώματα, που είναι υπεύθυνα για το μεγαλύτερο μέρος του πάχους του κατώτερου κορμού κατά το μέσο επίπεδο. Το Σώμα ενός τυπικού Οσφυϊκού Σπονδύλου είναι κυλινδρικό και το Σπονδυλικό Τμήμα είναι τριγωνικό και μεγαλύτερο από αυτό των Θωρακικών Σπονδύλων [2]. Οι προς τα έξω προσανατολισμένες αρθρικές επιφάνειες των κάτω Αρθρικών Αποφύσεων των Σπονδύλων κεφαλικά αρθρώνονται με τις προς τα έσω προσανατολισμένες αρθρικές επιφάνειες των άνω αποφύσεων των υποκείμενων Σπονδύλων, κατά έναν τρόπο ο οποίος διευκολύνει την κάμψη και την έκταση και επιτρέπει την πλάγια κάμψη αλλά, μερικώς, απαγορεύει τη στροφή. Οι Εγκάρσιες Αποφύσεις προβάλλουν κάπως προς τα πίσω και άνω καθώς επίσης και προς τα έξω. Πάνω στην οπίσθια επιφάνεια της βάσης κάθε Εγκάρσιας Αποφύσεως βρίσκεται μία μικρή Επικουρική Απόφυση, η οποία χορηγεί μία πρόσφυση για τους Μεσεγκάρσιους Μύες. Πάνω στην οπίσθια επιφάνεια των άνω Αρθρικών Αποφύσεων βρίσκονται οι Θηλοειδείς Αποφύσεις, οι οποίες παρέχουν πρόσφυση σε αμφοτέρους τους Πολυσχιδείς και τους Μεσεγκάρσιους μυς της ράχης. Ο πέμπτος Σπόνδυλος (O_5), χαρακτηρίζεται από το ογκώδες Σώμα του και τις ογκώδεις Εγκάρσιες Αποφύσεις του, και είναι ο μεγαλύτερος από όλους τους κινητούς Σπονδύλους. Αυτός υποβαστάζει το βάρος όλου του ανώτερου σώματος. Το σώμα του O_5 είναι κοντύτερο προς τα εμπρός επομένως, αυτός είναι κατά μεγάλο μέρος υπεύθυνος για την Οσφυοϊερά Γωνία μεταξύ του επιμήκους άξονος της Ο.Μ.Σ.Σ. και του επιμήκους άξονος του Ιερού Οστού. Το βάρος του σώματος μεταδίδεται από τον O_5 Σπόνδυλο στη βάση του Ιερού Οστού, που σχηματίζεται από την άνω επιφάνεια του I_1 Σπονδύλου [3].

1.1.4. Ιερό Οστό

Το σφηνοειδούς σχήματος Ιερό Οστό αποτελείται, συνήθως, από πέντε συγχωνευμένους Ιερούς Σπονδύλους στους ενήλικους. Αυτό εντοπίζεται μεταξύ των Ανώνυμων Οστών και σχηματίζει την οροφή του οπίσθιου άνω τοιχώματος του οπισθίου ήμισυ της Πυελικής

Κοιλότητας. Το τριγωνικό σχήμα του Ιερού Οστού προκαλείται από την ταχεία ελάττωση του μεγέθους των πλάγιων ογκωμάτων των Ιερών Σπονδύλων κατά τη διάρκεια της διάπλασης. Το κάτω ημιμόριο του Ιερού Οστού δεν υποβαστάζει βάρος, επομένως, ο όγκος του ελαττώνεται σημαντικά. Το Ιερό Οστό παρέχει ισχύ και σταθερότητα στην πύελο και μεταδίδει το βάρος του σώματος στην Πυελική Ζώνη, τον οστέινο δακτύλιο που σχηματίζεται από τα Ανώνυμα Οστά και το Ιερό Οστό, και στον οποίο προσφύονται τα κάτω άκρα [3]. Αρθρώνεται κεφαλικά με τον O_5 και ουριαία με τον Κόκκυγα. Έχει δύο μεγάλες γλήνες ωτοειδούς σχήματος, μία σε κάθε πλάγια επιφάνεια, για την άρθρωση με τα Πυελικά Οστά. Η ραχιαία επιφάνεια του Ιερού Οστού εμφανίζει τέσσερα ζεύγη Ιερών Τρημάτων και η κοιλιακή επιφάνεια άλλα τέσσερα, που χρησιμεύουν για τη διόδο των οπίσθιων και πρόσθιων κλάδων των αντιστοίχων I_1-I_5 νωτιαίων νεύρων. Το οπίσθιο τοίχωμα του Σπονδυλικού Σωλήνα είναι δυνατόν να είναι ατελές κοντά στο κατώτερο άκρο του Ιερού Οστού [2]. Το Ιερό Οστό είναι κεκλιμένο ούτως ώστε να αρθρώνεται με τον O_5 σχηματίζοντας την Οσφυοϊερά Γωνία, η οποία ποικίλει από 130° μέχρι 160° . Το Ιερό Οστό είναι συχνά πλατύτερο σε σχέση με το μήκος στις θήλεις από ότι στους άρρενες. Το Ιερό Σχίσμα μπορεί να ψηλαφηθεί κατά το κάτω άκρο του Ιερού Οστού που εντοπίζεται στην άνω μοίρα της Μεσογλουτιαίας Σχισμής [3].

1.1.5. Κόκκυγας

Ο Κόκκυγας (Ουραίο Οστό) είναι ένα μικρό τριγωνικό οστό που σχηματίζεται συνήθως από τη συγχώνευση των τεσσάρων υποτυπωδών Κοκκυγικών Σπονδύλων, αν και μπορεί να υπάρχει ένας Σπόνδυλος λιγότερος ή περισσότερος. Ο πρώτος Κοκκυγικός Σπόνδυλος (K_1) μπορεί να παραμένει χωρισμένος από τη συγχωνευμένη ομάδα. Οι τελευταίοι τρεις Κοκκυγικοί Σπόνδυλοι, συνήθως, συγχωνεύονται κατά τη διάρκεια της μέσης ζωής, σχηματίζοντας τον δίκην ράμφους Κόκκυγα. Σε αυτό οφείλεται το όνομά του (ο “Κόκκυξ” είναι η αρχαιοελληνική λέξη για το πουλί Κούκος). Με την πάροδο της ηλικίας, ο K_1 συχνά συνοστεύεται με το Ιερό Οστό και οι υπόλοιποι Κοκκυγικοί Σπόνδυλοι συνήθως συνοστεύονται και σχηματίζουν ένα μονήρες οστό. Ο Κόκκυγας μπορεί να ψηλαφηθεί μέσα στη μεσογλουτιαία σχισμή, κάτω από την κορυφή του Ιερού Τριγώνου. Η κορυφή του Κόκκυγα μπορεί να ψηλαφηθεί περίπου 2,5 εκ. πίσω και πάνω από τον Πρωκτό [3].

1.1.6. Μεσοσπονδύλιοι Δίσκοι (ΜΣΔ)

Τα σώματα των σπονδύλων μεταξύ τους αρθρώνονται με τον Μεσοσπονδύλιο Δίσκο (ΜΣΔ). Κάθε ΜΣΔ αποτελείται περιφερικά από τον Ινώδη Δακτύλιο (ΙΔ) και κεντρικά από μαλακό ζελατινώδη πυρήνα, τον Πηκτοειδή Πυρήνα που περιέχει υπολείμματα της Νωτιαίας Χορδής [4]. Αυτά τα υπολείμματα περιβάλλονται από σκληροτόμια σχηματίζοντας 12-20 λεπτές μεμβράνες που τελικά διαμορφώνουν τον ΙΔ [5]. Ο ΙΔ αποτελείται από συγκεκριμένα διατεταγμένες κολλαγόνες ίνες και ινώδη χόνδρο που βρίσκεται υπό τάση από τον Πηκτοειδή πυρήνα. Οι ΜΣΔ έχουν σφηνοειδές σχήμα. Στην ΑΜΣΣ και στην ΟΜΣΣ είναι υψηλότεροι κοιλιακά και κοντότεροι ραχιαία. Το αντίθετο συμβαίνει στην ΘΜΣΣ. Γενικά, το ύψος των ΜΣΔ αυξάνει από την κεφαλική προς την ουριαία μοίρα [4].

Οι επιφάνειες των ΜΣΔ καλύπτονται από υαλοειδή χόνδρο (υπόλειμμα των επιφύσεων των σπονδυλικών σωμάτων) και συγχονδρώνονται με τους σπονδύλους. Επιπρόσθετα, οι ΜΣΔ συγκρατούνται με τους επιμήκεις συνδέσμους (κοιλιακό και ραχιαίο). Ο ραχιαίος

επιμήκης σύνδεσμος συνδέεται με τους δίσκους σε ευρεία επιφάνεια, ενώ ο κοιλιακός επιμήκης σύνδεσμος συνδέεται με τους δίσκους χαλαρότερα [4].

1.2. Νωτιαίος Μυελός (Ν.Μ.)

Ο Νωτιαίος Μυελός (Ν.Μ.), ο οποίος βρίσκεται στο Σπονδυλικό Κανάλι ή Σωλήνα, είναι μια κυλινδρική δομή η οποία καταλήγει σε κωνικό σχήμα στο ουραίο τέλος της. Ο Ν.Μ. είναι καλά προστατευμένος από τους σπονδύλους και από τους συνδέσμους που τους συνδέουν. Επιπρόσθετη προστασία παρέχεται από το εγκεφαλονωτιαίο υγρό και από την ομάδα μεμβρανών που συλλογικά αποκαλούνται Μήνιγγες. Ο Ν.Μ. δεν εφάπτεται των οστικών επιφανειών.

Στο επίπεδο του Ινιακού Τρήματος, ο Ν.Μ. βρίσκεται σε συνέχεια με τον Προμήκη Μυελό του Εγκεφαλικού Στελέχους. Είναι αδύνατο να βρεθεί το ακριβές επίπεδο διαχωρισμού του Εγκεφαλικού Στελέχους και του Ν.Μ. ιστολογικά οπότε ο διαχωρισμός τους γίνεται ανατομικά στο σημείο όπου παύει να υπάρχει η οστική δομή του Κρανίου και συναντάται ο Άτλας. Κατά την αρχή της εμβρυϊκής ανάπτυξης ο Ν.Μ. καταλαμβάνει όλο το μήκος του Σπονδυλικού Σωλήνα. Καθώς το έμβρυο αναπτύσσεται καταλαμβάνει τα 2/3 του Σπονδυλικού Σωλήνα. Κατά την γέννηση ο Ν.Μ. φτάνει περίπου στο επίπεδο του O_3 σπονδύλου ενώ σε ενήλικες συναντάμε το τέλος του μεταξύ των O_1 και O_2 σπονδύλων. Σε μερικούς ανθρώπους το τέλος του Ν.Μ. συναντάται στο επίπεδο του Θ_{12} ενώ σε άλλους στο επίπεδο του O_3 . Οπότε, βλάβες κάτω αυτού του επιπέδου δεν επιδρούν άμεσα στον Ν.Μ. Στο ουραίο μέρος του Θ_{12} ο κυλινδρικός Ν.Μ. μετατρέπεται στον Μυελικό Κώνο. Σε μια μέσου ύψους γυναίκα το μήκος του φτάνει στα 42 εκ., σε έναν μέσου ύψους άνδρα στα 45 εκ. ενώ η μάζα του κυμαίνεται μεταξύ 30-35 γρ.

Ο Ν.Μ. και ο Εγκέφαλος προέρχονται από την ίδια εμβρυϊκή δομή, τον Νευρικό Σωλήνα και μαζί σχηματίζουν το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (Κ.Ν.Σ.). Η εμφανής διαφορά τους είναι ότι ενώ ο Εγκέφαλος προστατεύεται από το Κράνιο, ο Ν.Μ. προστατεύεται από την Σπονδυλική Στήλη (Σ.Σ.). Εμφανώς, και λόγω μεγέθους, ο Εγκέφαλος επεξεργάζεται περισσότερες και πολυπλοκότερες πληροφορίες από τον Ν.Μ. Το Κ.Ν.Σ. αποκρίνεται στο περιβάλλον μέσω εισερχομένων ερεθισμάτων με εξερχόμενες εντολές που κατευθύνονται σε δομές που ονομάζονται Τελεστές. Τα αισθητηριακά εισερχόμενα ερεθίσματα ξεκινούν από περιφερικούς υποδοχείς (νευροϋποδοχείς) που βρίσκονται στο δέρμα, στους μύες, στους τένοντες, στις αρθρώσεις όλου του σώματος και στα εσωτερικά όργανα. Οι υποδοχείς αυτοί στέλνουν ηλεκτρικά σήματα προς τον Ν.Μ. μέσω των νεύρων που αποτελούν το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (Π.Ν.Σ.). Οι αισθητηριακοί υποδοχείς ανταποκρίνονται στις αισθητηριακές πληροφορίες, τον πόνο, την επαφή (το άγγιγμα), την θερμοκρασία και την ιδιοδεκτικότητα/κιναισθησία (την επίγνωση της θέσης και της κίνησης του ανθρώπινου σώματος). Το Π.Ν.Σ. χρησιμοποιείται όταν το Κ.Ν.Σ. στέλνει εξερχόμενα μηνύματα στους τελεστές, π.χ. στους λείους και γραμμωτούς μύες, τον καρδιακό μυ και στους αδένες. Επαγωγικά, το Π.Ν.Σ. γίνεται το μέσο με το οποίο το Κ.Ν.Σ. επικοινωνεί με το περιβάλλον του.

Το Π.Ν.Σ., λοιπόν, αποτελείται από νεύρα. Εκτός από τα δώδεκα (12) κρανιακά ζεύγη νεύρων, που είναι υπεύθυνα και για εξειδικευμένες αισθητηριακές λειτουργίες (όπως η όραση, η ακοή, η γεύση και η όσφρηση) υπάρχουν και τριανταένα (31) ζεύγη νεύρων τα οποία είναι συνδεδεμένα με τον Ν.Μ. και εξυπηρετούν κυρίως δομές οι οποίες βρίσκονται

στον Αυχένα, στον Κορμό και τα Άκρα και ονομάζονται Σπονδυλικά Νεύρα. Όταν κάποια πληροφορία (κάποιο ερέθισμα) φτάσει στον Ν.Μ. δημιουργείται ένα Αντανακλαστικό Τόξο και η απάντηση δίνεται αυτόματα στο ερέθισμα αυτό. Η πληροφορία αποστέλλεται και στα υψηλότερα εγκεφαλικά κέντρα για επιπλέον επεξεργασία. Μετά την επεξεργασία τα εγκεφαλικά κέντρα μπορούν να στείλουν επιπλέον απάντηση μέσω του Ν.Μ. και των Σπονδυλικών Νεύρων προς τους τελεστές [5].

Ένα Σπονδυλικό Νεύρο σχηματίζεται από την συγχώνευση δυο Ριζών μέσα στα Μεσοσπονδύλια Τμήματα . Η μία ρίζα, ονομαζόμενη Οπίσθια Ρίζα, μεταφέρει αισθητηριακές πληροφορίες. Τα κυτταρικά σώματα αυτών των αισθητηριακών ινών βρίσκονται μέσα στο γάγγλιο της Ραχιαίας Ρίζας. Τα κυτταρικά σώματα δεν βρίσκονται μέσα στον νωτιαίο μυελό γιατί αναπτύσσονται από την νευρική ακρολοφία. Κάθε αισθητηριακός νευρώνας του Π.Ν.Σ. είναι ψευδοαμφιπολικός επειδή οι δύο άκρες (απόληξεις) διίστανται από ένα κοινό στέλεχος. Η μία απόληξη ονομάζεται «περιφερειακή απόληξη» και συνδέεται σε κάποιον περιφερειακό υποδοχέα. Η άλλη απόληξη ονομάζεται «κεντρική απόληξη». Βρίσκεται στην ραχιαία ρίζα και εισέρχεται στον νωτιαίο μυελό (ΚΝΣ). Η ραχιαία ρίζα περιέχει νευράξονες ποικίλων διαμέτρων και ταχυτήτων αγωγιμότητας που μεταφέρουν κάθε είδος αισθητηριακής πληροφορίας. Δερματικοί νευράξονες της ραχιαίας ρίζας μεταφέρουν αισθητηριακές πληροφορίες από συγκεκριμένη περιοχή του δέρματος που ονομάζεται δερμοτόμιο. Καθώς η ραχιαία ρίζα προσεγγίζει τον νωτιαίο μυελό μέσω του εκάστοτε σπονδυλικού τμήματος διαχωρίζεται σε περίπου έξι (6) με οκτώ (8) ριζίδια ή νημάτια. Αυτά τα ριζίδια συνδέονται σε κατακόρυφη λωρίδα στην ραχαιοπλάγια αύλακα του νωτιαίου μυελού. Η άλλη ρίζα, με την οποία δημιουργείται το σπονδυλικό νεύρο, ονομάζεται «κοιλιακή ρίζα» και μεταφέρει κινητικές πληροφορίες στους τελεστές, τους μύες και τους αδένες. Τα κυτταρικά σώματα αυτών των νευραξόνων βρίσκονται εντός του Νωτιαίου Μυελού. Οι νευράξονες εκφύονται από την κοιλιοπλάγια αύλακα του νωτιαίου μυελού ως ριζίδια τα οποία ενώνονται για να σχηματίσουν την κοιλιακή ρίζα. Η ραχιαία και η κοιλιακή ρίζα ενώνονται εντός του Μ/Σ.Τ. για να διαχωριστούν σε ραχιαίο και κοιλιακό κλάδο.

Από όσα περιγράφηκαν γίνεται κατανοητό ότι τα νεύρα που μορφοποιούνται πέραν των σπονδυλικών νεύρων (πέραν των Μ/Σ.Τ. συμπεριλαμβανομένων των κλάδων) είναι μεικτά διότι περιέχουν νευράξονες που μεταφέρουν αισθητηριακές πληροφορίες και νευράξονες που μεταφέρουν κινητικές πληροφορίες, Εγγύτερα, όμως, των Μ/Σ.Τ. οι αισθητηριακές και οι κινητικές πληροφορίες διαχωρίζονται με τις ραχιαίες και κοιλιακές ρίζες [5].

1.2.1. Νωτιαίες Ρίζες

Κάθε Σπονδυλικό Νεύρο εξέρχεται από το νωτιαίο σωλήνα στα πλάγια, περνώντας μέσα από ένα μεσοσπονδύλιο τμήμα. Το μεσοσπονδύλιο τμήμα σχηματίζεται μεταξύ δύο γειτονικών σπονδυλικών τόξων και έχει στενή σχέση με τις μεσοσπονδύλιες αρθρώσεις: και τα άνω και κάτω χείλη του τμήματος σχηματίζονται από τις εντομές των παρακειμένων αυχένων. το οπίσθιο χείλος σχηματίζεται από τις αρθρικές αποφύσεις των σπονδυλικών τόξων και την αντίστοιχη άρθρωση. Οι οπίσθιοι κλάδοι των νωτιαίων νεύρων νευρώνουν τους αυτόχθονες μυς της ράχης και το αντίστοιχο δέρμα. Η δερματική κατανομή των οπίσθιων αυτών κλάδων εκτείνεται από την οπίσθια επιφάνεια της κεφαλής μέχρι τη

γλουτιαία περιοχή των κάτω άκρων [3]. Κάθε Σπονδυλικό Νεύρο συνδέεται με τον Ν.Μ. με οπίσθιες και πρόσθιες ρίζες. Η οπίσθια ρίζα περιέχει τις αποφυάδες αισθητικών νευρώνων που μεταφέρουν πληροφορίες στο ΚΝΣ – τα κυτταρικά σώματα των αισθητικών νευρώνων, που προέρχονται, εμβρυολογικά, από κύτταρα της νευρικής ακρολοφίας, είναι σωρευμένα σε ένα νωτιαίο γάγγλιο στο περιφερικό άκρο της οπίσθιας ρίζας, συνήθως στο μεσοσπονδύλιο τμήμα. Η πρόσθια ρίζα περιέχει κινητικές νευρικές ίνες, που μεταφέρουν σήματα από το ΚΝΣ προς την περιφέρεια. Τα κυτταρικά σώματα των πρωτογενών κινητικών νευρώνων βρίσκονται στις πρόσθιες περιοχές του Ν.Μ. Κεντρικά, οι οπίσθιες και οι πρόσθιες ρίζες διαχωρίζονται σε πολλά λεπτά στελέχη (ριζικά νημάτια), που προσφύονται στο νωτιαίο μυελό. Το τμήμα του Ν.Μ. από το οποίο εκφύονται δεξιά και αριστερά τα οπίσθια και πρόσθια ριζικά νημάτια, που θα σχηματίσουν ένα ορισμένο ζεύγος νωτιαίων νεύρων, ονομάζεται Μυελοτόμιο. Οι οπίσθιες και οι πρόσθιες ρίζες ενώνονται στα δύο πλάγια και συγκροτούν ένα Σπονδυλικό Νεύρο. Μετά την έξοδό του από το αντίστοιχο μεσοσπονδύλιο τμήμα κάθε Σπονδυλικό Νεύρο διαιρείται σε δύο πρωτεύοντες (κύριους) κλάδους: ένα μικρό οπίσθιο κλάδο και ένα πολύ μεγαλύτερο πρόσθιο κλάδο. οι οπίσθιοι κλάδοι νευρώνουν μόνο αυτόχθονες μυς της ράχης (ιδίως ραχιαίοι μύες) και μια αντίστοιχη με αυτούς στενή λωρίδα δέρματος της ράχης και οι πρόσθιοι κλάδοι νευρώνουν τους περισσότερους άλλους σκελετικούς μυς (υπαξονικοί μύες) του σώματος, δηλαδή τους μυς των άκρων και του κορμού, και τις περισσότερες υπόλοιπες περιοχές του δέρματος, εκτός από ορισμένες περιοχές της κεφαλής. Όλα τα μεγάλα σωματικά πλέγματα (αυχενικό, βραχιόνιο, οσφυϊκό και ιερό) σχηματίζονται από πρόσθιους κλάδους [2].

Κατά την διάρκεια της διάπλασης, η Σ.Σ. αναπτύσσεται πολύ ταχύτερα από τον Ν.Μ. Για το λόγο αυτό, ο Ν.Μ. δεν καταλαμβάνει όλο το μήκος του Σπονδυλικού Σωλήνα. Στον ενήλικα, ο Ν.Μ. τερματίζεται συνήθως στο επίπεδο μεταξύ O_1 και O_2 , είναι όμως δυνατό να τερματίζεται ψηλότερα, στο ύψος του Θ_{12} , ή και χαμηλότερα, στο ύψος του O_3 . Τα Σπονδυλικά Νεύρα εκφύονται από τον Ν.Μ. με λοξή προς τα κάτω κατεύθυνση, που γίνεται προοδευτικά εντονότερη, όσο προχωρούμε από την αυχενική προς την κοκκυγική μοίρα και οι ρίζες των νεύρων διατρέχουν προοδευτικά μεγαλύτερες αποστάσεις μέσα στο νωτιαίο σωλήνα. Για το λόγο αυτό, παρατηρείται μια βαθμιαία αυξανόμενη δυσαναλογία μεταξύ του επιπέδου έκφυσής τους από το Ν.Μ. και του επιπέδου εξόδου τους από τη σπονδυλική στήλη. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα φανερό στα Οσφυϊκά, τα Ιερά και το Κοκκυγικό Σπονδυλικά Νεύρα. Χαμηλότερα από το τελικό άκρο του Ν.Μ., οι οπίσθιες και πρόσθιες ρίζες των Οσφυϊκών και Ιερών Νεύρων πορεύονται προς τα κάτω για να φθάσουν τα σημεία εξόδου τους από τον Σπονδυλικό Σωλήνα. Το τελικό αυτό άθροισμα ριζών ονομάζεται Ιππουρίδα [2].

Υπάρχουν 31 περίπου ζεύγη Σπονδυλικών Νεύρων που ονοματίζονται ανάλογα με τη θέση τους σε σχέση με τους αντίστοιχους σπονδύλους:

Οκτώ (8) Αυχενικά Νεύρα – A_1 έως A_8

Δώδεκα (12) Θωρακικά Νεύρα – Θ_1 έως Θ_{12}

Πέντε (5) Οσφυϊκά Νεύρα - O_1 έως O_5

Πέντε (5) Ιερά νεύρα – I_1 έως I_5

ένα (1) Κοκκυγικό Νεύρο (Κ).

Αναλόγως της περιοχής του δέρματος και των μυών που νευρώνονται από τα παραπάνω νεύρα ορίζονται τα Δερμοτόμια και τα Μυοτόμια αντιστοίχως.

1.2.1.1. Δερμοτόμια

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα Σπονδυλικά Νεύρα και τα κυριότερα Νεύρα του Π.Ν.Σ. κατ' αντιστοιχία με τις περιοχές δέρματος (δερμοτόμια) από όπου μεταφέρουν αισθητηριακά ερεθίσματα προς τον εγκέφαλο.

Νωτιαία ρίζα	Δερμοτόμιο
A ₁	Κορυφή κεφαλής
A ₂	Κροταφική, ινιακή περιοχή κεφαλής
A ₃	Οπίσθια επιφάνεια παρειάς, αυχένας
A ₄	Κορυφή ώμου, περιοχή κλείδας
A ₅	Δελτοειδής, άνω έξω επιφάνεια βραχίονα
A ₆	Έξω επιφάνεια πήχη, κερκιδική επιφάνεια άκρας χειρός, αντίχειρας, δείκτης
A ₇	Οπίσθια έξω επιφάνεια βραχίονα και πήχη, μέσος δάκτυλος
A ₈	Έσω επιφάνεια πήχη, ωλένιο χείλος άκρας χειρός, παράμεσος και μικρός δάκτυλος
Θ ₁	Έσω επιφάνεια αγκώνα και βραχίονα
Κερκιδικό ν. (A ₅ -A ₈ , Θ ₁)	Ραχιαίο μεσοδιάστημα μεταξύ αντίχειρα και καρπού
Μασχαλιαίο ν. (A ₅ , A ₆)	Έξω επιφάνεια βραχίονα, επιφάνεια δελτοειδούς
Μέσο ν. (A ₅ -A ₇ και A ₈ , Θ ₁)	Κάτω πέρας κερκίδας, δείκτης
Μυοδερματικό ν. (A ₅ -A ₇)	Έξω επιφάνεια πήχη
Ωλένιο ν. (A ₈ , Θ ₁ , τμήμα A ₇)	Κάτω πέρας ωλένης, 5ος δάκτυλος
Θ ₂	Έσω επιφάνεια του άνω πέρατος του βραχίονα έως την έσω επιφάνεια του αγκώνα, θωρακική περιοχή και ενδιάμεσα των ωμοπλάτων

Θ_3 - Θ_{12}	Θ_3 - Θ_6 , ανώτερο τμήμα του θώρακος. Θ_5 - Θ_7 , τα χείλη των πλευρών, Θ_8 - Θ_{12} , κοιλία και οσφυϊκή περιοχή
O_1	Πλάτη, άνω του μείζονος τροχαντήρα και βουβωνική χώρα
O_2	Πλάτη, άνω και πρόσθια επιφάνεια μηρού και έσω επιφάνεια άνω του γονάτου
O_3	Πλάτη, άνω επιφάνεια γλουτού, πρόσθια επιφάνεια μηρού, έσω επιφάνεια γόνατος και κάτω επιφάνεια κνήμης
O_4	Έσω επιφάνεια γλουτιαίων, έξω επιφάνεια μηρού και γονάτου, πρόσθια έσω επιφάνεια κάτω κνήμης, έσω ραχιαία επιφάνεια και μεγάλος δάκτυλος του άκρου ποδός
O_5	Έξω επιφάνεια γονάτου, άνω έξω επιφάνεια κάτω κνήμης, ράχη άκρου ποδός
I_1	Γλουτός, οπίσθια έξω επιφάνεια μηρού, έξω επιφάνεια και πέλμα άκρου ποδός
I_2	Γλουτός, οπίσθια έσω επιφάνεια μηρού, οπίσθια έσω επιφάνεια πτέρνης
I_3	Βουβώνας, έσω επιφάνεια μηρού έως το γόνατο
I_4	Περίνεο, γεννητικά όργανα, κατώτερη ιερή περιοχή.
Θυροειδές ν. (O_2 - O_4)	Κανένα
Μηριαίο ν. (O_2 - O_4)	Κανένα
Άνω γλουτιαίο ν. (O_4 - I_1)	Κανένα
Κάτω γλουτιαίο ν. (O_5 - I_2)	Κανένα
Εν τω βάθει περνιαίο ν. (O_4 - I_2)	Ραχιαίο μεσοδακτύλιο διάστημα μεταξύ 1ου και 2ου δακτύλου του άκρου ποδός
Επιπολής περνιαίο ν. (O_4 - I_2)	Έξω επιφάνεια της κάτω κνήμης
Κνημιαίο ν. (μηρός) (O_4 - I_3)	Κανένα

Κνημιαίο ν. (κνήμη) (O ₄ -I ₃)	Οπίσθια επιφάνεια πτέρνης, έξω επιφάνεια αστραγάλου και άκρου ποδός (έσω δερματικό γαστροκνημιαίο ν.)
Έσω πελματιαίο ν. (O ₄ -I ₃)	Μεσαίοι 3 δάκτυλοι του άκρου ποδός
Έξω πελματιαίο ν. (O ₄ -I ₃)	4ος, 5ος δάκτυλος και έξω πλευρά του άκρου ποδός

[6]

1.2.1.2. Μυοτόμια

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα Σπονδυλικά Νεύρα και τα κυριότερα Νεύρα του Π.Ν.Σ. κατ' αντιστοιχία με τις κινήσεις (μυοτόμια) για τις οποίες είναι κατ' αποκλειστικότητα ή κυρίως υπεύθυνα και τους μύες που κατ' αποκλειστικότητα ή κυρίως νευρώνουν.

Νωτιαία ρίζα	Μυοτόμια (μύες)
A ₁	Κάμψη αυχένα
A ₂	Κάμψη αυχένα (επιμήκης τραχηλικός, στερνοκλειδομαστοειδής, ορθός κεφαλικός)
A ₃	Πλάγια κάμψη αυχένα (τραπεζοειδής, σπληνιοειδής, κεφαλικός)
A ₄	Ανύψωση ώμου (τραπεζοειδής, ανελκτήρας ωμοπλάτης)
A ₅	Απαγωγή ώμου (δελτοειδής), κάμψη αγκώνα (δικέφαλος)
A ₆	Κάμψη αγκώνα (δικέφαλος, υπτιαστής), έκταση καρπού
A ₇	Έκταση αγκώνα (τρικέφαλος), κάμψη καρπού
A ₈	Ωλένια απόκλιση, έκταση αντίχειρα, κάμψη-απαγωγή δακτύλων
Θ ₁	Απαγωγή δακτύλων (αυτόχθονες μύες άκρας χειρός)
Κερκιδικό ν. (A ₅ -A ₈ , Θ ₁)	Έκταση καρπού, έκταση αντίχειρα
Μασχαλιαίο ν. (A ₅ , A ₆)	Απαγωγή ώμου (δελτοειδής)
Μέσο ν. (A ₅ -A ₇ και A ₈ , Θ ₁)	Αντίθεση αντίχειρα, κάμψη και απαγωγή
Μυοδερματικό ν.	Κάμψη αγκώνα (δικέφαλος)

(A ₅ -A ₇)	
Ωλένιο ν. (A ₈ , Θ ₁ , τμήμα A ₇)	Απαγωγή 5ου δακτύλου (ίδιος απαγωγός 5ου δακτύλου)
Θ ₂	Ολίσθηση της ωμοπλάτης προς τα εμπρός και πίσω πάνω στον θωρακικό κλωβό. Κάμψη αυχένα στο μετωπιαίο επίπεδο.
Θ ₃ -Θ ₁₂	Δεν έχουν σημαντική εντοπιστική αξία. Δεν ανιχνεύεται αδυναμία.
Ο ₁	Κάμψη ισχίου (ψοϊτής)
Ο ₂	Κάμψη ισχίου (ψοϊτής), προσαγωγή ισχίου
Ο ₃	Έκταση γονάτου (τετρακέφαλος)
Ο ₄	Ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής και ανάσπαση έσω χείλους (πρόσθιος κνημιαίος)
Ο ₅	Ραχιαία κάμψη μεγάλου δακτύλου (εκτείνων τον μεγάλο δάκτυλο)
I ₁	Πελματιαία κάμψη (γαστροκνήμιος, υποκνημίδιος), ανάσπαση έξω χείλους (περνιαίοι), έκταση ισχίου (γλουτιαίοι), κάμψη γονάτου (οπίσθιοι μηριαίοι)
I ₂	Κάμψη γονάτου (οπίσθιοι μηριαίοι), πελματιαία κάμψη μεγάλου δακτύλου (μακρός καμπτήρας μεγάλου δακτύλου)
I ₃	Καμία
I ₄	Ουροδόχος κύστη, πρωκτός.
Θυροειδές ν. (Ο ₂ -Ο ₄)	Προσαγωγή ισχίου (μέγας, μακρός, βραχύς, ισχνός προσαγωγός)
Μηριαίο ν. (Ο ₂ -Ο ₄)	Έκταση γονάτου (τετρακέφαλος, λαγόνιος, κτενίτης, ραπτικός)
Άνω γλουτιαίο ν. (Ο ₄ -I ₁)	Απαγωγή ισχίου (μέσος και μικρός γλουτιαίος), τείνων την πλατιά περιτονία)
Κάτω γλουτιαίο ν. (Ο ₅ -I ₂)	Έκταση ισχίου (μέγας γλουτιαίος)
Εν τω βάθει περνιαίο ν. (Ο ₄ -I ₂)	Ραχιαία κάμψη μεγάλου δακτύλου (εκτείνων το μεγάλο δάκτυλο), Ραχιαία κάμψη δακτύλων (μακρός και βραχύς

	εκτείνων τα δάκτυλα) και ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής (πρόσθιος κνημιαίος)
Επιπολής περνιαίο ν. (O ₄ -I ₂)	Ανάσπαση έξω χείλους άκρου ποδός (μακρός και βραχύς περνιαίος)
Κνημιαίο ν. (μηρός) (O ₄ -I ₃)	Κάμψη γονάτου (ημιτενοντώδης, ημιυμενώδης, μακρά κεφαλή δικεφάλου μηριαίου)
Κνημιαίο ν. (κνήμη) (O ₄ -I ₃)	Πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής (γαστροκνήμιος, υποκνημίδιος)
Έσω πελματιαίο ν. (O ₄ -I ₃)	Απαγωγή μεγάλου δακτύλου (απαγωγός μεγάλου δακτύλου), πελματιαία κάμψη μεγάλου δακτύλου από θέση πελματιαίας κάμψης ποδοκνημικής (καμπτήρας μεγάλου δακτύλου και βραχύς καμπτήρας δακτύλων)
Έξω πελματιαίο ν. (O ₄ -I ₃)	Απαγωγή 5ου δακτύλου (ίδιος απαγωγός του μικρού δακτύλου)

[6]

2. Βλάβες Νωτιαίου Μυελού

Ως Βλάβη Ν.Μ. ορίζεται η παύση της φυσιολογικής λειτουργίας του. Οι αιτίες μπορεί να είναι τραυματικές που έχουν ως αποτέλεσμα την κατάργηση της ανατομικής ακεραιότητάς του, ισχαιμικές που έχουν ως αποτέλεσμα την κατάργηση της τροφικότητας του Ν.Μ., παθολογικές ή αυτοάνοσες που έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας φλεγμονώδους διεργασίας στην προσβαλλόμενη περιοχή και την χημική/κυτταρική διαφοροποίηση/καταστροφή του περιβάλλοντος προστασίας ή των κυττάρων του Ν.Μ. Η παύση της φυσιολογικής λειτουργίας του Ν.Μ. μπορεί να συμβεί και από αδιερεύνητους παράγοντες. Επιπλέον κάποιες αιτίες μπορούν να συνυπάρχουν. Η παύση της φυσιολογικής λειτουργίας μπορεί να είναι μόνιμη ή προσωρινή.

2.1. Τραυματικές Βλάβες/Κακώσεις Ν.Μ.

Η Κάκωση του Ν.Μ. είναι αποτέλεσμα τραυματισμού των δομών του Ν.Μ. που προκαλεί διαταραχή της φυσιολογικής κινητικής, αισθητικής ή αυτονομικής λειτουργίας, η οποία μπορεί να είναι είτε προσωρινή ή μόνιμη. Η κινητική δυσλειτουργία (κάκωση των απαγωγών νευρικών οδών) αποτελεί το πιο καταστροφικό αποτέλεσμα της Κάκωσης Ν.Μ. αλλά και αυτή που ορίζει την κλινική εικόνα και το επίπεδο ανεξαρτησίας του ασθενούς. Η Κάκωση Ν.Μ. μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνια αναπηρία με δραματικές συνέπειες για την υγεία και την καθημερινότητα των ασθενών αλλά και το άμεσο και ευρύτερο κοινωνικό τους περιβάλλον [7]. Η νευρολογική βλάβη μπορεί κυμαίνεται ανάλογα με το επίπεδο και την σοβαρότητα της βλάβης από παραπάρεση και τετραπάρεση, έως παραπληγία και πλήρη τετραπληγία. Ο τραυματισμός του Ν.Μ. είναι από τις συχνότερες αιτίες για μόνιμη παράλυση και σοβαρή μακρόχρονη αναπηρία σε εφήβους και νεαρούς ενήλικες [8]. Ο μηχανισμός της κάκωσης περιλαμβάνει διαφορετικούς παράγοντες όπως απευθείας τραύμα (θλάση του νωτιαίου μυελού ή τρώση), πίεση (αιμάτωμα, οστικά τεμάχια ή δισκικό υλικό) και ισχαιμική βλάβη (τρώση ή πίεση των νωτιαίων αρτηριών). Διακρίνουμε την πρωτογενή βλάβη με διάσχιση, θλάση ή τρώση των νευραξόνων ή/και των αγγείων με τη δευτερογενή που περιλαμβάνει την ενεργοποίηση πολλαπλών παθοφυσιολογικών μηχανισμών, με ισχαιμία, απόπτωση, νευροδιεγερσιμο-τοξικότητα και οξειδωτικό στρες η οποία επιτείνει την βλάβη που δημιούργησε η πρωτογενής.

Πιο αναλυτικά η κάκωση του Ν.Μ. διαχωρίζεται χρονικά σε τρεις φάσεις:

2.1.α. Πρωτογενής ή Οξεία φάση Τραυματισμού

Κατά την διάρκεια της οξείας φάσης τραυματισμού (<48 ώρες), τα τραυματισμένα νευρογλοιακά και νευρικά κύτταρα στον Ν.Μ. αρχίζουν να νεκρώνονται (απόπτωση). Τα αιμοφόρα αγγεία του Ν.Μ. που επηρεάζονται από τον τραυματισμό μπορεί να χάσουν την λειτουργία τους, γεγονός που μειώνει την παροχή αίματος στον Ν.Μ. με αποτέλεσμα την ισχαιμία. Ο τραυματισμός των αιμοφόρων αγγείων μπορεί επιπλέον να προκαλέσει αιμορραγία, η οποία μπορεί να εκθέσει τον Ν.Μ. σε φλεγμονώδη κύτταρα, τα οποία παραμένουν στον Ν.Μ. για εβδομάδες μετά τον τραυματισμό του. Η εξαγγείωση αυτή οδηγεί σε περαιτέρω συμπίεση του Ν.Μ., επιδεινώνοντας τον αρχικό τραυματισμό [9, 10].

2.1.β. Υποξεία Φάση Τραυματισμού

Η δυσλειτουργία των νευρικών κυττάρων και τα προβλήματα παροχής οξυγόνου μπορούν να επιδεινωθούν στην υποξεία φάση (2-14 ημέρες). Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, η διακοπή παροχής αίματος οδηγεί σε ανισορροπία της κυτταρικής ομοιόστασης, του κυτταρικού θανάτου και των φλεγμονωδών κυτταρικών αποκρίσεων που μπορούν να προκαλέσουν επιπλέον βλάβη στον Ν.Μ. Συγκεκριμένα, καθώς τα νευρογλοιακά και νευρικά κύτταρα εντός του Ν.Μ. πεθαίνουν, απελευθερώνουν ουσίες που ενεργοποιούν άλλα κύτταρα και προσελκύουν φλεγμονώδη κύτταρα. Ξεκινάει ένας κύκλος ανατροφοδότησης της φλεγμονώδους αντίδρασης στο σημείο της βλάβης και προάγεται περαιτέρω η καταστροφή των νευρογλοιακών και νευρικών κυττάρων [9].

2.1.γ. Χρόνια Φάση Τραυματισμού - Αποκατάσταση

Μετά τη βλάβη που προκαλείται στις προηγούμενες δύο φάσεις, ο Ν.Μ. προσπαθεί να επουλωθεί στην χρόνια φάση μετά τον τραυματισμό (>6 μήνες). Ο σχηματισμός κυστικών κοιλοτήτων και ουλών γλοίας είναι δύο τρόποι με τους οποίους ο Ν.Μ. απομονώνει το σημείο βλάβης.

Οι κυστικές κοιλότητες σχηματίζονται αφού καταστραφεί ένας ικανός αριθμός κυττάρων με αποτέλεσμα την απώλεια ιστικού όγκου. Περιέχουν υγρό, συνδετικό ιστό και λευκά αιμοσφαίρια. Όταν επικοινωνούν μεταξύ τους, σχηματίζουν έναν φραγμό που εμποδίζει την εκ νέου ανάπτυξη των νευραξόνων και των νευρικών οδών.

Οι ουλές γλοίας έχουν προστατευτικά οφέλη για τον νωτιαίο μυελό, αλλά έχουν και δυσμενείς επιπτώσεις. Ομοίως εμποδίζουν την ανάπτυξη νευραξόνων και την αποκατάσταση των νευρικών οδών. Στα προστατευτικά οφέλη κατατάσσονται η πρόληψη επιμολύνσεων, η αποτροπή περεταίρω βλάβης των υγιών κυττάρων και η αποκατάσταση της παροχής αίματος στον Ν.Μ.

Τέλος, η αποκατάσταση της βλάβης περιλαμβάνει την επαναμυελίνωση και την αναγέννηση:

Επαναμυελίνωση ονομάζεται η ικανότητα των σωζόμενων νευρικών κυττάρων να δημιουργούν νέα περιβλήματα μυελίνης όπου αυτά έχουν καταστραφεί.

Αναγέννηση ή ανάκαμψη ονομάζεται η ικανότητα των πρόδρομων γλοιακών κυττάρων να δημιουργήσουν νέα νευρογλοιακά και νευρικά κύτταρα για να υποστηρίξουν την λειτουργία του Ν.Μ. μετά την αρχική βλάβη [9, 10].

2.1.1. Κακώσεις Σ.Σ.

Βασική αιτία των τραυματικών βλαβών του Ν.Μ είναι οι κακώσεις Σ.Σ. Οι κακώσεις της Σ.Σ. χωρίζονται σε 2 βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη σταθερότητά τους [11]:

Σταθερές κακώσεις

Ασταθείς κακώσεις

Ένας ακόμη διαχωρισμός που γίνεται στις κακώσεις αφορά τον μηχανισμό πρόκλησης αυτών [11]:

Έλκυσμός: Προκαλείται από συνήθως από κάποια έντονη μυϊκή σύσπαση με αντίσταση και προκαλείται η απόσπαση των εγκάρσιων αποφύσεων.

Άμεση πλήξη: Προκαλείται συνήθως από διάτρηση της Σ.Σ. από αιχμηρά αντικείμενα ή από πυροβόλα όπλα.

Έμμεση κάκωση: Είναι η πιο συνήθης μορφή κάκωσης και προκαλείται από τη καθίζηση της Σ.Σ. κατά μήκος του κάθετου άξονα καθώς μετά από πτώση δε μπορεί να ελέγξει όλες τις δυνάμεις που της ασκούνται.

2.1.1.α. Άνω Α.Μ.Σ.Σ.

Εδώ κατατάσσονται οι κακώσεις που αφορούν τους σπονδύλους A_1 και A_2

Ατλαντοϊνιακό εξάρθημα: Συνήθως είναι θανατηφόρο και σπανίως κάποιος που επιβιώνει χωρίς κάποια νευρολογική βλάβη [11, 12].

Κάταγμα του Άτλαντα: Για να προκληθεί το εκρηκτικό κάταγμα του άτλαντα πρέπει να εφαρμοστεί πίεση κατά μήκος του άξονα τα Σ.Σ. Σε αυτή τη περίπτωση προκαλούνται πολλαπλά κατάγματα σε όλη την επιφάνεια του οστέινου δακτυλίου [11–13]. Η διάγνωσή του δύσκολα μπορεί να γίνει με απλή ακτινογραφία λόγω των πολλών του ανατομικών παραλλαγών και της θέσης του μέσα στο κρανίο [13]. Σπανίως μπορεί να συνδυαστεί με κάταγμα του Οδόντα του A_2 [11–13].

Κάταγμα του Οδόντα A_2 : Αποτελεί μια σπάνια κατηγορία καταγμάτων και συναντάται κυρίως μετά από κακώσεις αυξημένης έντασης (τροχαίο ατύχημα) ή πτώσεις, καθώς επίσης και σε ηλικιωμένους με οστεοπόρωση [11, 12]. Συνήθως προκαλείται μετά από κάκωση του Άτλαντος και υπάρχουν 3 τύποι κατάγματος [11, 14].

Άλλα κατάγματα σε αυτή την περιοχή είναι το Λοξό κάταγμα της Οδοντοειδούς απόφυσης, το κάταγμα της βάσης του Οδόντα και το κάταγμα στο μέσο του A_2

2.1.1.β. Κάτω Α.Μ.Σ.Σ.

Εδώ κατατάσσονται οι κακώσεις που αφορούν τους σπονδύλους A_3 ως A_7 και αιτία πρόκλησής τους αποτελεί η κάμψη και η συμπίεση κατά μήκος της Σ.Σ, η κάμψη και η στροφή της Σ.Σ. και τέλος η υπερέκταση Σ.Σ. [11, 12].

Σφηνοειδές συμπίεστικό κάταγμα: παρατηρείται ένα κάταγμα στο σώμα του σπονδύλου με αιτία πρόκλησης τη μεγάλη κάμψη.

Οπίσθια συνδεσμική κάκωση: Μπορεί να προκληθεί από κάποια απότομη κάμψη της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης με αποτέλεσμα τον τραυματισμό των οπίσθιων συνδέσμων.

Εκρηκτικό κάταγμα: προκαλείται κυρίως από τη συμπίεση κατά μήκος της Σ.Σ., έπειτα από πτώση ή σε καταδύσεις και αθλητικά ατυχήματα.

Κάταγμα δίκην δακρύου: ο συνδυασμός συμπίεσης κατά μήκος του άξονα και κάμψη της Α.Μ.Σ.Σ. μπορεί να προκαλέσει διατμητικό κάταγμα πρόσθια κάτω στο σώμα του σπονδύλου.

Κακώσεις από κάμψη και στροφή: η κατηγορία αυτή διαχωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες.

Ετερόπλευρο εξάρθρωμα το οποίο προκύπτει από το συνδυασμό της κάμψης με στροφή της Α.Μ.Σ.Σ.

Αμφοτερόπλευρο κάταγμα στην Α.Μ.Σ.Σ. το οποίο είναι αποτέλεσμα βίαιης κάμψης και στροφής και συνήθως υφίσταται και κάταγμα σε ένα ή και τα δύο πλάγια ογκώματα.

Αποσπαστικό κάταγμα: αφορά κυρίως κακώσεις στη σπονδυλική στήλη που προκαλούνται έπειτα από κάποιο ισχυρό μυϊκό σπασμό με αποτέλεσμα να υπάρξει κάταγμα στις ακανθώδεις αποφύσεις των Α₆ ή/και Α₇.

2.1.1.γ. Θλάση αυχένα («whiplash»)

Η θλάση αυχένα μπορεί στις μέρες μας να χαρακτηριστεί και ως «επιδημία» λόγω της ραγδαίας αύξησης των συμβάντων που σημειώνονται. Είναι γνωστή και ως «κάκωση δίκην μαστιγίου» Μπορεί να προκληθεί από απότομη και βίαιη κάμψη σε συνδυασμό με στροφή της Α.Μ.Σ.Σ. αλλά κυρίως το συναντάμε σε τροχαία ατυχήματα. Αυτή συμβαίνει όταν το όχημα προσκρούσει και ο επιβάτης ωθηθεί προς τα εμπρός με αποτέλεσμα η Α.Μ.Σ.Σ. να υποστεί υπερέκταση αμέσως πριν από μια ταχεία κάμψη [11, 15].

2.1.1.δ Θ.Μ.Σ.Σ.

Οι 4 κακώσεις στην Θ.Μ.Σ.Σ. λόγω και της ανατομίας της και της κυφωτικής στάσης, προκαλούνται κυρίως από υπερβολική κάμψη. Οι κακώσεις που συναντάμε είναι [11, 12]:

Τραυματική θωρακική δισκοκήλη: ο θωρακικός κλωβός είναι αρκετά σταθερός και προστατεύει τους αντίστοιχους σπονδύλους με αποτέλεσμα οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι να μπορούν να τραυματιστούν ευκολότερα. Το αρνητικό στη συγκεκριμένη κάκωση είναι ότι ο διαθέσιμος χώρος μέσα στο σπονδυλικό σωλήνα είναι ελάχιστος με αποτέλεσμα τον ευκολότερο τραυματισμό του Ν.Μ. που συνήθως είναι και πλήρης.

Συμπιεστικό κάταγμα: όπου το σώμα συνήθως παρουσιάζει σφηνοειδή παραμόρφωση.

Εκρηκτικό κάταγμα: αιτία αποτελεί η βλάβη της πρόσθιας και μεσαίας στήλης από αξονική συμπίεση κατά μήκος της Σ.Σ..

Κάταγμα/ολίσθηση δίκην φέτας: εδώ η ολίσθηση του υπερκείμενου σπονδύλου διολισθαίνει και αποκολλάει τμήμα του υποκείμενου σπονδύλου.

2.1.1.ε. Θωρακοσφυϊκή και Ο.Μ.Σ.Σ.

Η συγκεκριμένη περιοχή της Σ.Σ. είναι μια από τις πιο ευαίσθητες περιοχές καθώς ενώνει τη σταθερή Θ.Μ.Σ.Σ. με την εύκαμπτη και ευκίνητη Ο.Μ.Σ.Σ. Η κατηγοριοποίηση εδώ γίνεται σε ελάσσονες και μείζονες κακώσεις [11, 12]:

Στις ελάσσονες κακώσεις συγκαταλέγονται τα κατάγματα των εγκάρσιων αποφύσεων, όπου μπορεί να γίνει απόσπαση τμήματος αυτών από απότομη βίαιη δύναμη. Επίσης σε αυτή τη κατηγορία συγκαταλέγονται οι κακώσεις από έκταση, καθώς μια υπερέκταση της Θ.Μ.Σ.Σ. είναι ικανή να καταφέρει κάταγμα των ακανθωδών και των οπισθίων αποφύσεων και των οπισθίων σπονδυλικών διαρθρώσεων.

Στις μείζονες κακώσεις ανήκουν:

Σφηνοειδή συμπίεστικά κατάγματα: αποτελούν τη πιο συνήθη μορφή κατάγματος και οφείλονται σε βίαιη κάμψη της Σ.Σ. Η βλάβη συνήθως παρατηρείται στο εμπρόσθιο μέρος του σπονδυλικού σώματος ενώ αν είναι ισχυρότερη τότε μπορεί να επηρεαστούν και το οπίσθιο.

Εκρηκτικά κατάγματα: μια απότομη και βίαιη συμπίεση κατά μήκος του άξονα της Σ.Σ. μπορεί να προκαλέσει τέτοιας μορφής κάταγμα. Εδώ μπορεί να επηρεαστεί όλο το σπονδυλικό σώμα. Το πίσω μέρος του σπονδύλου μπορεί να υποστεί συντριβή με αποτέλεσμα τον παρεκτοπισμό θραυσμάτων μέσα στο σπονδυλικό σωλήνα.

Κακώσεις υπερβολικής κάμψης: παρατηρούνται κυρίως με το συνδυασμό απότομης κάμψης και διάτασης της Σ.Σ. Είναι γνωστό και σαν κάκωση «ζώνης ασφαλείας» καθώς παρατηρείται συχνά σε ατυχήματα. Ο κορμός του ατόμου ωθείται προς τα εμπρός μετά τη σύγκρουση και το σώμα διπλώνει γύρω από τη ζώνη.

Κάταγμα με εξάρθρωμα: πρόκειται για κάκωση που προκαλείται από το συνδυασμό κάμψης και στροφής. Αποτελεί τη πιο επικίνδυνη κάκωση διότι σχετίζεται με υψηλό ποσοστό νευρολογικής βλάβης.

2.2. Μολυσματικές αιτίες βλάβης Ν.Μ.

Εκτός από τις κακώσεις Σ.Σ., βλάβες Ν.Μ. μπορούν να προκληθούν και από μολύνσεις ή από αντιδράσεις του οργανισμού σε υπαρκτές, πιθανές ή μη εξακριβωμένες μολύνσεις:

2.2.1. Βακτηριακή Μηνιγγίτιδα

Ο μηνιγγιτιδόκοκκος, ο πνευμονιόκοκκος και ο αιμόφιλος ινφλουέντζας τύπου Β προκαλούν πάνω από το 75% όλων των κρουσμάτων βακτηριακής μηνιγγίτιδας και είναι υπεύθυνοι για το 90% της βακτηριακής μηνιγγίτιδας στα παιδιά. Στους ενήλικες επικρατεί ο πνευμονιόκοκκος ακολουθούμενος από τον μηνιγγιτιδόκοκκο και έπεται η λιστέρια που εμφανίζει ιδιαίτερα αυξημένη συχνότητα στη νεογνική περίοδο και στους άνω των 50 ετών. Τα λιγότερο συχνά βακτηριακά αίτια όπως ο σταφυλόκοκκος, ο στρεπτόκοκκος ομάδας Β, τα εντεροβακτηριοειδή και η λιστέρια προκαλούν νόσο σε ευαίσθητους πληθυσμούς όπως νεογνά και ανοσοκατασταλμένοι ασθενείς [16].

Η Βακτηριακή Μηνιγγίτιδα που μπορεί να προσβάλλει όλο το Κ.Ν.Σ. μπορεί να προκαλέσει επιληπτικές κρίσεις, προβλήματα μνήμης και συγκέντρωσης, μαθησιακές δυσκολίες, προβλήματα ομιλίας, όρασης και ακοής αλλά και κίνησης, ισορροπίας και μυϊκής συνεργασίας [17].

2.2.2. Οξεία Διάσπαρτη Εγκεφαλομυελίτιδα (ΟΔΕΜ)

Η ΟΔΕΜ αποτελεί ιδιοπαθή διάχυτη απομυελινωτική νόσο, η οποία προκαλεί ταχεία εγκατάσταση πολυεστιακής νευρολογικής σημειολογίας, συχνά με συνοδό εικόνα μηνιγγοεγκεφαλίτιδος. Συνήθως εκδηλώνεται σε παιδιά με μέση ηλικία εμφάνισης τα 5 έως 8 έτη ή σε νεαρούς ενήλικες, αν και έχουν περιγραφεί περιπτώσεις και σε μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες. Πλήθος λοιμογόνων παραγόντων έχουν ενοχοποιηθεί ως εκλυτικά στοιχεία ΟΔΕΜ. Συνηθέστερα πρόκειται για ιούς (ερυθρά, ιλαρά, παρωτίτιδα, ηπατίτιδα Α και Β, απλός έρπης, ανεμευλογιά, γρίπης, έπσταϊν-μπαρ, κυτταρομεγαλοϊός και ανοσοανεπάρκειας του ανθρώπου) έχουν περιγραφεί όμως και άλλες λοιμώξεις όπως από πνευμονικό μυκόπλασμα, λεγιονέλλα, χλαμύδια, καμπυλοβακτηρίδιο και στρεπτόκοκκος. Ομοίως έχουν ενοχοποιηθεί και οι εμβολιασμοί για τους προαναφερθέντες λοιμώδεις παράγοντες (όπου υπάρχουν) [18].

Ομοίως με την Βακτηριακή Μηνιγγίτιδα, μπορεί να προσβάλλει όλο το Κ.Ν.Σ. και μπορεί να προκαλέσει πυρετό, κεφαλαλγία, κόπωση, δυσφορία, ναυτία και εμετούς. Έως το 50% των ασθενών θα παρουσιάσει αλλαγές στην νοητική τους κατάσταση προκαλώντας οξυθυμία, σύγχυση, ψύχωση, υπνηλία ή κώμα. Επιπροσθέτως των αισθητικο-κινητικών ελλειμμάτων (παραπάρεση ή τετραπάρεση), οι ασθενείς μπορούν να παρουσιάσουν εγκεφαλικά ελλείματα (δυσαρθρία ή οφθαλμοκινητική δυσλειτουργία) ή άλλες νευρολογικές ανωμαλίες (επιληπτικές κρίσεις, μηνιγγισμό, αταξία, αφασία, νυσταγμό, οπτική νευρίτιδα, κατακράτηση ούρων, αυξημένη ενδοκρανιακή πίεση και εξωπυραμидικά συμπτώματα). Κάποιοι ασθενείς μπορεί να παρουσιάσουν συμπτώματα στο Π.Ν.Σ. όπως παραισθησία, αναισθησία ή μυϊκή ατροφία. Οι τελευταίοι παρουσιάζουν χειρότερη πρόγνωση και αυξημένο κίνδυνο υποτροπών [19].

2.2.3. Εγκάρσια Μυελίτιδα

Η εγκάρσια μυελίτιδα αποτελεί ένα ετερογενές αιτιολογικά σύνδρομο με εκτιμώμενη επίπτωση 1,34-4,6 περιπτώσεις ανά εκατομύριο. Χαρακτηρίζεται από οξεία ή υποξεία εμφάνιση αμφοτερόπλευρων νευρολογικών συμπτωμάτων εξαιτίας φλεγμονώδους νόσου του Ν.Μ., επί απουσίας τραύματος ή όγκου του Ν.Μ. ή άλλων πειστικών φαινομένων. Χωρίζεται σε δύο κύριες ομάδες: την ιδιοπαθή εγκάρσια μυελίτιδα που αποτελεί διάγνωση «εξ αποκλεισμού» και την σχετιζόμενη με νόσο εγκάρσια μυελίτιδα. Μια άλλη κατηγοριοποίηση της εγκάρσιας μυελίτιδας είναι αυτή της οξείας μερικής που σχετίζεται με χαμηλό κίνδυνο μετάπτωσης σε πολλαπλή σκλήρυνση και αυτής της επιμήκους εκτεταμένης όταν προσβάλλει σε μήκος τουλάχιστον 3 σπονδυλικά επίπεδα [20]. Μολύνσεις που οδηγούν σε εγκάρσια μυελίτιδα περιλαμβάνουν, χωρίς να αποκλείουν άλλες, μολύνσεις από ιούς (εντεροϊούς, Δυτικού Νείλου, έρπη, ανοσοανεπάρκειας του ανθρώπου, ανθρώπινου Τ-λεμφοτρόπου τύπου 1, Ζίκα,) και το βακτήριο της νευροβորρελίωσης, το μυκόπλασμα και το τρεπόννημα ωχρό. Επιπλέον, η εγκάρσια μυελίτιδα μπορεί να σχετίζεται ή να αποτελεί έκφανση άλλων ασθενειών όπως η πολλαπλή σκλήρυνση, η οπτική νευρομυελίτιδα, η ΟΔΕΜ, η νευροσαρκοείδωση, τα παρανεοπλασματικά σύνδρομα, η αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα, το αντιφωσφολιπιδικό σύνδρομο, η νόσος Behçet, η μικτή νόσος συνδετικού ιστού, η ρευματοειδής αρθρίτιδα, η σαρκοείδωση, η σκληροδερμία, η αυτοάνοση επιθηλίτιδα και ο συστηματικός ερυθηματώδης λύκος.

Τα νευρολογικά συμπτώματα της ασθένειας είναι προεξέχοντα και περιλαμβάνουν μια ταχέως εγκαθιστούμενη παραπάρεση, με πιθανή συμπερίληψη και των άνω άκρων, όπου η χαλαρή φάση ακολουθείται από σπαστικότητα των άκρων. Τα αισθητηριακά συμπτώματα της ασθένειας περιλαμβάνουν πόνο, δυσαισθησία, παραισθησία στο επίπεδο της βλάβης του Ν.Μ. Στα συμπτώματα του Αυτόνομου Ν.Σ. περιλαμβάνονται η ασυγκράτητη ανάγκη ούρησης, η ακράτεια, η δυσκολία ή η αδυναμία ούρησης, η δυσκοιλιότητα και η σεξουαλική δυσλειτουργία. Συμπληρωματικώς, τα συμπτώματα διαφέρουν αναλόγως του επιπέδου της βλάβης. Βλάβες στην ανώτερη Α.Μ.Σ.Σ. (Α₁-Α₅) μπορούν να δημιουργήσουν συμπτώματα και στα τέσσερα άκρα αλλά και δυσλειτουργία του διαφράγματος και αναπνευστική ανεπάρκεια. Βλάβες στην κατώτερη Α.Μ.Σ.Σ. (Α₅-Θ₁) μπορούν να δημιουργήσουν συμπτώματα ανώτερου και κατώτερου κινητικού νευρώνα στα άνω άκρα, ενώ μόνο ανώτερου κινητικού νευρώνα στα κάτω άκρα. Βλάβες στην Θ.Μ.Σ.Σ., που αντιστοιχούν στο 70% των περιπτώσεων, και στην Ο.Μ.Σ.Σ., που αντιστοιχούν στο 10% των περιπτώσεων, μπορούν να δημιουργήσουν συμπτώματα ανώτερου και κατώτερου κινητικού νευρώνα στα κάτω άκρα. Τα αισθητηριακά συμπτώματα σχετίζονται άμεσα με τα επίπεδα της βλάβης έως και ένα παρακείμενο επίπεδο. Τέλος, μπορεί να υπάρχει και πόνος στην Σ.Σ. στα επίπεδα της βλάβης [21].

2.2.4. Νωτιαίο Επισκληρίδιο Απόστημα

Το νωτιαίο επισκληρίδιο απόστημα είναι μια εμπυωτική μόλυνση του Κ.Ν.Σ., που προκαλείται από βακτήρια που εισέρχονται στον επισκληρίδιο χώρο, με εκτιμώμενη επίπτωση 1,2 περιπτώσεις ανά 10.000 ασθενείς. Τις περισσότερες φορές τα βακτήρια εισέρχονται στον επισκληρίδιο χώρο μετά από την εξάπλωσή τους στο αίμα. Παράγοντες κινδύνου αυτής της νόσου είναι η ανοσοκαταστολή, η χρήση ενδοφλέβιων ναρκωτικών και η άμεση μόλυνση λόγω διάνοιξης του δέρματος (π.χ. βελονισμός, παρακέντηση, τραύμα, χειρουργείο Κ.Ν.Σ.) και η βακτηριαιμία. Ο σακχαρώδης διαβήτης θεωρείται ο μεγαλύτερος παράγοντας κινδύνου μιας και ένας στους τρεις ασθενείς με νωτιαίο επισκληρίδιο απόστημα πάσχουν από αυτόν. Οι μολυσματικοί παράγοντες που προκαλούν την ασθένεια είναι ο σταφυλόκοκκος χρυσίζων, ο gram- αρνητικός βάκιλλος και ο στρεπτόκοκκος σε αντιστοιχία περιπτώσεων 63%, 16% και 9% αντιστοίχως. Οι περιπτώσεις όπου η ασθένεια προκαλείται από άλλα βακτήρια, μυκοβακτήρια ή μύκητες αντιστοιχεί σε περίπου 10%.

Η ασθένεια παρουσιάζεται με μια τριάδα συμπτωμάτων: Πόνο στην Σ.Σ., πυρετό και νευρολογικά ελλείμματα, αλλά είναι συχνό κάποιο από τα τρία να απουσιάζει. Στην εξέλιξη της η ασθένεια δημιουργεί νευρολογικά ελλείμματα εξαιτίας της πίεσης που δημιουργείται στον Ν.Μ. ή στην Ιππουρίδα και μπορεί να προκαλέσει κατακράτηση ούρων, εντερική ακράτεια, αναισθησία (περιπρωκτική και σέλας), κινητική αδυναμία και παράλυση [22].

2.2.5. Νωτιαίο Ενδομυελικό Απόστημα

Το νωτιαίο ενδομυελικό απόστημα είναι μια σπάνια λοιμώδης νόσος με υψηλό δείκτη θνησιμότητας ή νευρολογικής παθολογίας. Η λοίμωξη μπορεί να προέρθει είτε από μόλυνση του αίματος ή εγκεφαλονωτιαίου υγρού, είτε από μετακίνηση μολυσμένου ιστού. Το νωτιαίο ενδομυελικό απόστημα είναι συνήθως η εξέλιξη ενός νωτιαίου επισκληριδίου αποστήματος αλλά μπορεί να είναι επόμενη λοίμωξη μιας ενδοκαρδίτιδας αορτικής βαλβίδας. Έχει επιπλέον καταγραφεί και μια περίπτωση όπου η λοίμωξη υπήρξε

αποτέλεσμα αρτηριοφλεβικού συριγγίου στην σκληρά μήνιγγα μετά από λοίμωξη του αίματος. Οι ομάδες κινδύνου ανάπτυξης μιας τέτοιας λοίμωξης είναι ίδιες με αυτές του νωτιαίου επισκληρίδιου αποστήματος. Όμοιοι θα πρέπει να θεωρούνται και οι παθογόνοι παράγοντες που μπορεί να την προκαλέσουν.

Παρομοίως με το νωτιαίο επισκληρίδιο απόστημα, οι ασθενείς με νωτιαίο ενδομυελικό απόστημα μπορούν να παρουσιάσουν πυρετό, λευκοκυττάρωση και εστιακά νευρολογικά ελλείμματα (δυσαισθησία, γενικευμένη αδυναμία, παραπάρεση κάτω άκρων και αναισθησία σέλας) και ακράτεια [23].

2.2.6. Αραχνοειδίτιδα

Η αραχνοειδίτιδα είναι μια επίμονη φλεγμονή της αραχνοειδούς ουσίας και του υπαραχνοειδούς χώρου με πιθανές αιτίες να είναι το χειρουργείο Σ.Σ., η λοίμωξη, η υπαραχνοειδής αιμορραγία, η οσφυο-νωτιαία έγχυση ή παρακέντηση, ελαιώδεις σκιαγραφικοί παράγοντες μυελογραφίας, ερεθισμός από χημικά ή η ιδιοπάθεια. Η νόσος μπορεί να περιλάβει πάχυνση του αραχνοειδούς ιστού, επισκληρίδιες συμφύσεις, σχηματισμό ουλώδους ιστού και πιέσεις στις ρίζες των σπονδυλικών νεύρων. Η εξέλιξη της ασθένειας μπορεί να οδηγήσει σε οστεοποιού αραχνοειδίτιδα, σε διόγκωση του Ν.Μ. και συριγγομυελία. Από την αρχική της περιγραφή, το 1909, δεν έχουν καταγραφεί παραπάνω από χίλιες (1000) περιπτώσεις, πιθανότατα λόγω της δύσκολης διαφοροδιάγνωσης.

Η έναρξη των συμπτωμάτων ποικίλει. Συχνά τα συμπτώματα εμφανίζονται ως ήπια για να εξελιχθούν σε μια χρόνια επώδυνη και εξουθενωτική συλλογή. Εφόσον η νόσος εξελιχθεί, τα συμπτώματα περιλαμβάνουν έντονο πόνο στην Σ.Σ., υπαισθησία, παραισθησίες των άκρων, μυελοριζοπάθεια των κάτω άκρων, δυσλειτουργία της κύστης και του εντέρου, σεξουαλική δυσλειτουργία, δυσκολία στην παρατεταμένη καθιστή θέση και έλλειψη κινητικού ελέγχου στα άκρα. Λιγότερο συχνά συμπτώματα μπορεί να είναι η γενικευμένη αδυναμία, η αστάθεια βάδισης και η νευρογενής κύστη ή το νευρογενές έντερο και η παραπληγία [24].

2.2.7. Νευροσύφιλη

Η νευροσύφιλη είναι μια ασθένεια του εγκεφάλου ή/και του Ν.Μ. Διαφοροποιείται από την σύφιλη διότι η μεν νευροσύφιλη επηρεάζει το Ν.Σ. ενώ η σύφιλη είναι μια σεξουαλικά μεταδιδόμενη ασθένεια με διαφορετική συμπτωματολογία. Υπάρχουν 5 διαφορετικά είδη νευροσύφιλης: η ασυμπτωματική, η μηνιγγική, η μηνιγγο-αγγειακή, η γενικής πάρεσης και η Νωτιαία Φθίση [25]. Και τα δυο είδη σύφιλης προκαλούνται από το βακτήριο *ωχρά σπειροχαίτη*. Μέγιστος παράγοντας κινδύνου αποτελεί η σεξουαλική πράξη, ιδίως μεταξύ ανδρών (80% των περιπτώσεων).

Η ασυμπτωματική νευροσύφιλη είναι το πρώτο στάδιο της πάθησης όπου δεν γίνεται αντιληπτό από τον ασθενή ότι πάσχει μιας και δεν παρουσιάζει κάποια συμπτώματα.

Η μηνιγγική νευροσύφιλη προκαλείται από την φλεγμονώδη διάχυση στις μήνιγγες. Σε αυτή την έκφανση παρουσιάζονται συμπτώματα τυπικής μηνιγγίτιδας (κεφαλαλγία, ναυτία, εμετός, δυσκαμψία αυχένα, φωτοφοβία, ελλείμματα κρανιακών νεύρων και πιθανών επιληπτικές κρίσεις)

Η μηνιγγο-αγγειακή νευροσύφιλη έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την μηνιγγική και επιπροσθέτως της ενδοαρτηρίτιδος προκαλώντας θρομβώσεις και έμφρακτα. Προκαλεί αγγειακό-εγκεφαλικό σύνδρομο με τα συμπτώματα να διαφέρουν αναλόγως της περιοχής της θρόμβωσης και των λειτουργιών που επιτελεί.

Η νευροσύφιλη γενικής πάρεσης προκαλείται λόγω παρατεταμένης μηνιγγοεγκεφαλίτιδος και, κατά συνέπεια, εγκεφαλικής ατροφίας. Τα πρώιμα συμπτώματα περιλαμβάνουν οξυθυμία, αλλαγή προσωπικότητας και συνηθειών ύπνου καθώς και μερική βραχυπρόθεσμη αμνησία. Σε επόμενο στάδιο τα συμπτώματα περιλαμβάνουν ασταθή διάθεση, ανικανότητα μνήμης και κρίσης, σύγχυση, αυταπάτες και επιληπτικές κρίσεις. Ψυχιατρικά μπορούν να διαγνωσθούν οι εξής συνοδές παθήσεις: κατάθλιψη, ντελίριο, μανία και ψύχωση. Νευρολογικώς μπορεί να παρατηρηθούν ανωμαλίες στις κόρες των οφθαλμών, δυσαρθρία και τρόμος.

Η Νωτιαία Φθίση προέρχεται από τον εκφυλισμό του πρόσθιου μέρους και των ριζών των νεύρων του Ν.Μ. Οι ασθενείς πάσχουν από αταξία, οξύαιχμους πόνους, δυσλειτουργία της κύστης, παραισθησίες και αλλαγές στην όραση. Επιπροσθέτως, παρατηρούνται ανωμαλίες στις κόρες των οφθαλμών (κόρες οφθαλμών Argyll Robertson), οφθαλμική παράλυση, απόντα αντανάκλαστικά, έλλειψη αίσθησης δόνησης, κιναισθητικές αναπηρίες και νευροπαθητικές αρθροπάθειες [26].

2.3. Εμβολικές αιτίες βλάβης Ν.Μ.

Τα αγγειακά συμβάντα που αφορούν τον νωτιαίο μυελό, σε αντίθεση με τον εγκέφαλο, είναι εξαιρετικά σπάνια. Η βλάβη στον νωτιαίο μυελό από επαληθευμένα έμβολα εμφανίζεται με ακόμη μεγαλύτερη σπανιότητα [27].

2.3.1. Ινοχόνδρινες εμβολές

Οι ινοχόνδρινες εμβολές στα αγγεία του νωτιαίου μυελού είναι μια φαινομενικά σπάνια αιτία βλάβης του νωτιαίου μυελού μιας που έχουν αναφερθεί λίγες περιπτώσεις και όλες μετά το 1961. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η προέλευση των ινοχόνδρινων εμβόλων είναι οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι, με την υπόθεση αυτή να βασίζεται στην ιστοχημική ομοιότητα των εμβόλων με τον ινοχόνδρο των μεσοσπονδύλιων δίσκων. Κύριο επακόλουθο αποτελεί η ισχαιμική μυελοπάθεια, η οποία προκαλείται από τη μετανάστευση των συστατικών του πολφικού ινοχόνδρινου πυρήνα μέσω ανάδρομου εμβολισμού στη σπονδυλική αρτηρία. Ο πολφικός πυρήνας αποτελείται από μια ημιζελατινώδη μάζα κολλαγόνου και βλεννοπολυσακχαριτών (κυρίως θειική χονδροϊτίνη), ενώ ο περιβάλλοντας ινώδης δακτύλιος αποτελείται από μια σειρά ομόκεντρων ελασμάτων ινοχόνδρου [28]. Τα συμπτώματα συνήθως ξεκινούν με πόνο στην πλάτη ή στον αυχένα και στη συνέχεια περιλαμβάνουν ταχέως προοδευτική μορφή πληγίας, παραισθησία και δυσλειτουργία της ουροδόχου κύστης ή του εντέρου. Ο χρόνος μέχρι το μέγιστο νευρολογικό έλλειμμα (συνήθως παραπληγία ή τετραπληγία) κυμαίνεται από μερικά λεπτά έως 24 με 48 ώρες. [29]. Η εξακρίβωση του μηχανισμού της εμβολής, από τον μεσοσπονδύλιο δίσκο έως τις αρτηρίες και τις φλέβες μέσα και γύρω από τη σπονδυλική στήλη, είναι δύσκολη. Είναι πολύ πιθανό, όπως έχει καταγραφεί και σε αρκετές περιπτώσεις να μην υπάρχουν ενδείξεις σημαντικού τραυματισμού το οποίο υποδηλώνει

ότι κάποιο μικρό τραύμα σε έναν ήδη εκφυλισμένο δίσκο μπορεί να είναι αρκετό για να προκαλέσει την εμβολή [28].

2.3.2. Εμβολή από διααρτηριακό χημειοεμβολισμό (TACE)

Ο διααρτηριακός χημειοεμβολισμός (TACE) είναι μια αποτελεσματική θεραπεία για το ανεγχείρητο ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα (HCC). Θεωρείται σχετικά ασφαλές, ωστόσο, μπορεί να εμφανιστούν θανατηφόρες επιπλοκές με μια εκ των οποίων, το έμφραγμα της σπονδυλικής στήλης λόγω τοπικής εμβολής του κεντρικού νευρικού συστήματος μετά από TACE. Είναι μια πολύ σπάνια, αλλά θανατηφόρα επιπλοκή. Ο ασθενής εμφανίζει κάποια μορφή πληγίας από το προσβεβλημένο επίπεδο της σπονδυλικής στήλης και κάτω, ταυτόχρονα με απώλεια αισθητικότητας και ιδιοδεκτικότητας [30].

2.3.3. Αθηρωματική εμβολή

Η συγκεκριμένη εμβολή προκαλείται από εμβολικό υλικό προερχόμενο από σοβαρό διαβρωτικό αθήρωμα της αορτής. Τα συγκεκριμένα έμβολα, στις περιπτώσεις που έχουν μελετηθεί, αποτελούνταν κυρίως από υλικό που περιείχε αυξημένα ποσοστά χοληστερόλης. Από το σημείο στο οποίο εντοπίζεται η εμβολή και ουριαίως συνήθως εμφανίζεται παράλυση (ελαφριάς ή βαριάς μορφής) και απώλεια αισθητηριακών ερεθισμάτων (στο τσίμπημα, τη θερμοκρασία και το άγγιγμα). Επιπλέον συμπτώματα είναι η κατακράτηση ούρων και η αύξηση της αρτηριακής πίεσης σε υψηλά επίπεδα. Η αθηρωματική εμβολή σε όσες περιπτώσεις έχει συναντηθεί προκαλεί το θάνατο του ασθενή σε σύντομο χρονικό διάστημα [27].

2.3.4. Δευτερογενές έμφραγμα νωτιαίου μυελού σε καρδιακό έμφραγμα από πνευμονική εμβολή

Η πνευμονική εμβολή είναι μια σχετικά συχνή αγγειακή εμβολική νόσος που ευθύνεται κυρίως σε καρδιολογικά αίτια. Το έμφραγμα του νωτιαίου μυελού είναι μια σπάνια επιπλοκή σε σύγκριση με το εμβολικό έμφραγμα του εγκεφάλου, αν και παρουσιάζουν παρόμοια παθοφυσιολογική εικόνα. Από το επίπεδο της σπονδυλικής στήλης που εμβολίζεται και ουριαίως ο ασθενής εμφανίζει μέσα σε λίγες ώρες έντονα συμπτώματα όπως μυϊκή αδυναμία των δύο κάτω άκρων (έως βαθμού 0 στην κλίμακα της Οξφόρδης) και απώλεια αίσθησης πόνου και θερμοκρασίας. Η νευρολογική κατάσταση επιδεινώνεται συνεχώς και επέρχεται απώλεια ελέγχου του εντέρου και της ουροδόχου κύστης [31].

2.3.5. Συμπίεση νωτιαίου μυελού από ανευρυσματική οστική κύστη

Η ανευρυσματική οστική κύστη έχει περιγράψει ως μια επεκτεινόμενη βλάβη που αποτελείται από χώρους γεμάτους με αίμα ποικίλου μεγέθους που χωρίζονται από διαφράγματα συνδετικού ιστού με χαμηλό ποσοστό επίπτωσης, που κυμαίνεται από 0,14 έως 0,32 ανά 100.000 άτομα. Οι ανευρυσματικές κύστεις είναι καλοήγη νεοπλασμάτα που αποτελούνται από νεοπλασματικά ατρακτοειδή κύτταρα που φιλοξενούν διάφορους τύπους αντιδρώντων κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων οστεοβλαστών, μεγαλοκυττάρων που μοιάζουν με οστεοκλάστες, ενδοθηλιακών κυττάρων και μυοϊνοβλαστών. Αν και αυτές οι βλάβες των οστών είναι καλοήθειες, είναι τοπικά

επιθετικές και καταστροφικές και συνεχίζουν να επεκτείνονται μέχρι να αντιμετωπιστούν. Οι τρέχουσες θεραπευτικές επιλογές περιλαμβάνουν απόξεση, πλήρη ευρεία εκτομή (με ή χωρίς οστικό μόσχευμα) με σταθεροποίηση της σπονδυλικής στήλης. Αρχικά ένας ασθενής μπορεί να μην εμφανίζει καθόλου συμπτώματα. Συνήθως τα συμπτώματα εμφανίζονται μετά από μικρό τραυματισμούς. Ως πρώτα συμπτώματα μπορούν να παρουσιαστούν η αδυναμία κινητοποίησης των άκρων που νευρώνονται κάτω από το επίπεδο της συμπίεσης, η απώλεια ελέγχου του σφικτήρα και η δυσκολία κένωσης της ουροδόχου κύστης [32–34].

2.4. Γενετικές/Μεταβολικών Συνδρόμων/Αυτοάνοσες αιτίες Βλάβης Ν.Μ.

2.4.1. Ρευματοειδής αρθρίτιδα της σπονδυλικής στήλης

Η ρευματοειδής αρθρίτιδα (ΡΑ) είναι μια αυτοάνοση φλεγμονώδης νόσος άγνωστης αιτιολογίας που προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ γενετικών, περιβαλλοντικών και ανοσολογικών παραγόντων. Είναι μια προοδευτική αυτοάνοση φλεγμονώδης νόσος που επηρεάζει το 1% του πληθυσμού με αναλογία 3:1 γυναίκες προς άνδρες αντίστοιχα. Το 86% των ασθενών που πάσχουν από ΡΑ έχουν προσβολή της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Η αρθρική φλεγμονή στην αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης προκαλεί αστάθεια και τραυματισμούς, συμπεριλαμβανομένου του ατλαντοαξονικού υπεξαρθρήματος, της καθίζησης του κρανίου και του υποαξονικού υπεξαρθρήματος. Ενώ πολλοί ασθενείς με προσβολή της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης είναι ασυμπτωματικοί, οι συμπτωματικοί ασθενείς συχνά παρουσιάζουν μη ειδικά συμπτώματα που προκύπτουν από φλεγμονή και πρόσθετα δευτερεύοντα συμπτώματα που οφείλονται σε συμπίεση του εγκεφαλικού στελέχους, των κρανιακών νεύρων, της σπονδυλικής αρτηρίας και του νωτιαίου μυελού. Η φλεγμονή της ατλαντοαξονικής άρθρωσης, των πρόσθιων αρθρώσεων, των ακάλυπτων αρθρώσεων, του οπισθοδοντίου θύλακα, του μεσοσπονδυλίου συνδέσμου, των συνδέσμων γύρω από τον άτλαντα προκαλούν μια διαβρωτική κατάσταση που προκαλεί οδοντική διάβρωση και χαλαρότητα των συνδέσμων [35, 36].

Οι ασθενείς μπορεί να εμφανίσουν ημικρανίες ή πόνο στον αυχένα, στο στήθος, στο αυτί ή στο πρόσωπο λόγω συμπίεσης του Θ₂ νωτιαίου νεύρου. Οι ασθενείς με ατλαντοαξονική αστάθεια μπορεί να αναφέρουν κριγμό ή καυσalgία που συνοδεύεται με την αίσθηση της πτώσης της κεφαλής κοιλιακώς κατά την κάμψη. Η συμπίεση του εγκεφαλικού στελέχους και η συμπίεση της σπονδυλικής αρτηρίας μπορεί να οδηγήσει σε εμβοές, ίλιγγο, οπτική διαταραχή, διπλωπία και δυσφαγία. Η συμπίεση του κρανιακού νεύρου μπορεί να παρουσιαστεί με πολλά συμπτώματα: συμπίεση των πνευμονογαστρικών και γλωσσοφαρυγγικών νεύρων που οδηγεί σε δυσφαγία, του υπογλώσσου νεύρου που προκαλεί δυσαρθρία και του πυρήνα του νωτιαίου τριδύμου που οδηγεί σε απώλεια της αίσθησης του προσώπου ή πόνο στο πρόσωπο. Η συμπίεση του νωτιαίου μυελού οδηγεί σε μυελοπάθεια, που παρουσιάζεται με κάποιο συνδυασμό μυϊκής ατροφίας, αδυναμίας, διαταραχής βάδισης, εξασθένησης της επιδεξιότητας, παραισθησίας των άκρων, υπεραντανακλαστικότητα, αυξημένο αντανακλαστικό Hoffman, μη φυσιολογικό πελματιαίο αντανακλαστικό (Babinsky), μη φυσιολογικό κοιλιακό αντανακλαστικό, σπαστικότητα, διαταραχές της λειτουργίας του εντέρου και της ουροδόχου κύστης. Πιο

ακραίες περιπτώσεις μπορεί να παρουσιαστούν με παράλυση λόγω δευτεροπαθούς συριγγομυελίας, συνδρόμου locked-in ή ακόμη και θάνατο [36–40].

2.4.2. Αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα/σπονδυλοαρθρίτιδα

Η αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα είναι μια χρόνια φλεγμονώδης νόσος που προσβάλλει κυρίως τη σπονδυλική στήλη και τις ιερολαγόνιες αρθρώσεις. Αποτελεί μέλος της ομάδας ασθενειών που είναι γνωστές ως σπονδυλοαρθρίτιδες, οι οποίες είναι ρευματικές παθήσεις με κοινά κλινικά συμπτώματα. Η νόσος υπολογίζεται ότι επηρεάζει έως και το 1% του γενικού πληθυσμού. Ωστόσο, ο επιπολασμός ποικίλλει ανάλογα με τη φυλή, με το 0,04-0,06% των μη Καυκάσιων να προσβάλλονται από τη νόσο σε σύγκριση με το 0,1-1,4% των Καυκάσιων. Διακύμανση στον επιπολασμό πιστεύεται ότι συμβαίνει λόγω της παρουσίας του γονιδίου του ανθρώπινου αντιγόνου λευκοκυττάρου (HLA)-B27 σε διαφορετικούς πληθυσμούς. Το HLA-B27 είναι μια πρωτεΐνη στην επιφάνεια των λευκών αιμοσφαιρίων. Η επίδραση του γονιδίου είναι ασαφής, αλλά πάνω από το 90% των ατόμων με αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα έχουν το γονίδιο HLA-B27, αν και μόνο ένα στα 15 άτομα που το φέρουν θα αναπτύξει τη νόσο. Αυτό υποδηλώνει ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως το άγχος μπορεί επίσης να επηρεάσουν την ανάπτυξη της νόσου. Η αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα είναι πιο συχνή στους άνδρες παρά στις γυναίκες, αν και ο λόγος για αυτό είναι άγνωστος [41–44].

Η διάγνωση της αγκυλοποιητικής σπονδυλίτιδας γίνεται τυπικά μεταξύ των 30 με 50 ετών, αν και μπορεί να εμφανιστεί και νωρίτερα. Όπως όλες οι φλεγμονώδεις ασθένειες, υπάρχουν περίοδοι έξαρσης και ύφεσης (λήθαργος). Η αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα προκαλεί πόνο και δυσκαμψία στην πλάτη, καταλήγοντας τελικά σε βλάβη των αρθρώσεων, κυρίως των ιερολαγόνιων αρθρώσεων (συνοστέωση του ιερού με τα λαγόνια οστά) και αγκυλοποίηση των σπονδύλων που οδηγεί σε μια κλασική σπονδυλική στήλη μορφής «μπαμπού». Μπορεί να επηρεαστεί ο και ο υπόλοιπος αξονικός σκελετός (ώμοι και ισχία), οδηγώντας σε μειωμένο εύρος κίνησης και πόνο. Μερικά άτομα αναπτύσσουν μεγάλες φθορές των ισχιακών αρθρώσεων με αποτέλεσμα να οδηγηθούν σε αρθροπλαστική επέμβαση.

Τα συμπτώματα που παρουσιάζει η αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα είναι:

Πρωινή δυσκαμψία, η οποία μπορεί να μειωθεί μετά από κάποια λεπτά έως ώρες ώστε να μπορέσει ο ασθενής να ξεκινήσει τη μέρα του και τις δραστηριότητες του.

Πόνος, ο οποίος τείνει να αναπτύσσεται σταδιακά σε βάθος χρόνου εβδομάδων ή μηνών (και όχι ημερών) και εντοπίζεται κυρίως στη σπονδυλική στήλη. Η φύση του είναι φλεγμονώδης καθώς είναι χειρότερος σε κατάσταση ηρεμίας και μειώνεται με την φυσική δραστηριότητα.

Ενθεσίτιδα ή ενθεσοπάθεια: Οξεία ή χρόνια επώδυνη φλεγμονώδης διεργασία όπου οι σύνδεσμοι και οι τένοντες συμφύονται στα οστά.

Κόπωση, συνεχής εξάντληση που δεν ανακουφίζεται από τον ύπνο.

Πυρετός ή/και νυχτερινές εφιδρώσεις. Είναι κοινά αναφερόμενα συμπτώματα σε άτομα με αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα. Ωστόσο, αυτά τα συμπτώματα σχετίζονται επίσης με άλλες φλεγμονώδεις και αυτοάνοσες διαταραχές και υπάρχει έλλειψη στοιχείων σχετικά με την αιτία του πυρετού ή των νυχτερινών εφιδρώσεων.

Δύσπνοια: Καθώς η νόσος εξελίσσεται μπορεί να προκαλέσει συνοστέωση των θωρακικών σπονδύλων αλλά και των αντίστοιχων πλευρών, περιορίζοντας την έκπτυξη του θώρακος [44].

2.4.3. Πολλαπλή σκλήρυνση - σκλήρυνση κατά πλάκας

Η Πολλαπλή Σκλήρυνση (ΠΣ) ή Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (ΣΚΠ) είναι μια χρόνια αυτοάνοση εκφυλιστική φλεγμονώδης διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) που επηρεάζει κυρίως ασθενείς ηλικίας από 20 έως 40 ετών. Χαρακτηρίζεται από απομυελίνωση και επακόλουθο νευροεκφυλισμό που οδηγεί σε νευρωνική βλάβη και απώλεια νευραξόνων. Τα ποσοστά επίπτωσης και επιπολασμού συνεχίζουν να αυξάνονται παγκοσμίως. Η ασθένεια φαίνεται να είναι πιο συχνή στο Βόρειο ημισφαίριο και υπάρχει κάποια γενετική ευαισθησία επίσης σε άτομα σκανδιναβικής ή βορειοευρωπαϊκής καταγωγής όπως επίσης και στη Βόρεια Αμερική. Αν και η ακριβής αιτιολογία παραμένει άγνωστη, η τρέχουσα κατανόησή μας για τη φυσική ιστορία της ΣΚΠ και την ανοσοπαθογένεσή της οδηγεί σε μια ανοσολογική απορρύθμιση που προκύπτει από μια αλληλεπίδραση μεταξύ γενετικών, περιβαλλοντικών και άλλων παραγόντων που πυροδοτούν μια ανώμαλη αυτοάνοση επίθεση που οδηγεί σε βλάβη στη μυελίνη και στους άξονες [45–47].

Η παθογένεση της ΣΚΠ περιλαμβάνει την ανοσολογική επίθεση κατά των αντιγόνων του ΚΝΣ με τη μεσολάβηση ενεργοποιημένων CD4+ μυελινοδραστικών Τ-κυττάρων με πιθανή συνεισφορά των Β-κυττάρων. Τα Τ-λεμφοκύτταρα που ενεργοποιούνται οδηγούν στην απελευθέρωση αυτοαντιγόνων λόγω κυτταρικής βλάβης, με διασταυρούμενη αντιδραστικότητα μεταξύ μιας ενδογενούς πρωτεΐνης (π.χ. βασική πρωτεΐνη μυελίνης) και μιας παθογόνου εξωγενούς πρωτεΐνης (ιικό ή βακτηριακό αντιγόνο).

Η ανοσολογική επίθεση καθοδηγείται από την περιφερειακή ενεργοποίηση αυτοαντιδραστικών Τ-κυττάρων μετά από παραβίαση της αυτοανοχής προς τη μυελίνη και άλλα αντιγόνα του ΚΝΣ. Η ενεργοποίηση μπορεί να είναι ένα περιβαλλοντικό αντιγόνο (π.χ. ένας ιός) που έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση των Τ-κυττάρων από παρευσκόμενους ή μια διασταυρούμενη αντιδραστικότητα μεταξύ μιας ενδογενούς πρωτεΐνης (π.χ. βασική πρωτεΐνη μυελίνης) και μιας παθογόνου εξωγενούς πρωτεΐνης (π.χ. ιικού αντιγόνου), μιας διαδικασίας γνωστής ως μοριακής μίμησης. Αντιδραστικά στη μυελίνη Τ κύτταρα μπορούν να μεταναστεύσουν κατά μήκος του αιματοεγκεφαλικού φραγμού μαζί με δένδριτικά κύτταρα, μακροφάγα και Β κύτταρα, πυροδοτώντας έναν φλεγμονώδη αντίδραση που οδηγεί στην απελευθέρωση κυτοκινών και χημειοκινών, στρατολόγηση πρόσθετων φλεγμονωδών κυττάρων συμπεριλαμβανομένων των Τ-λεμφοκυττάρων, των μονοκυττάρων και των Β κυττάρων, και επίμονη ενεργοποίηση των μακροφάγων με αποτέλεσμα την απώλεια ολιγοδενδροκυττάρων και τη βλάβη της μυελίνης. Εκτός από την απομυελίνωση, ο νευραξονικός τραυματισμός μπορεί να συμβεί είτε κατά τα πρώιμα φλεγμονώδη στάδια είτε όταν εξαντλούνται οι μηχανισμοί αποκατάστασης από επίμονη ενεργοποίηση μικρογλοίων/μακροφάγων [37, 45–47].

Τα κλινικά συμπτώματα και σημεία της ΣΚΠ είναι ποικίλα και μπορεί να προκύψουν από τη συμμετοχή αισθητηριακών, κινητικών, οπτικών και εγκεφαλικών οδών και περιλαμβάνουν κόπωση, σπαστικότητα, αστάθεια στη βάδιση, σημάδι Lhermitte, φαινόμενο Uhthoff, κατακράτηση ούρων/ακράτεια ή γνωστική έκπτωση. Η πλειονότητα των ασθενών παρουσιάζεται αρχικά με υποτροπιάζοντα επεισόδια (διαλείπουσα μορφή ΣΚΠ). Το πρώτο κλινικό συμβάν σε αυτούς τους ασθενείς, που ονομάζεται κλινικά

απομονωμένο σύνδρομο, μπορεί να είναι η οπτική νευρίτιδα, η ατελής μυελίτιδα ή το σύνδρομο εγκεφαλικού στελέχους. Η ΣΚΠ έχει τέσσερα στάδια τα οποία είναι τα: Υποτροπιάζουσα/Διαλείπουσα (RRMS), Δευτερεύουσα προοδευτική (SPMS), Κύρια προοδευτική (PPMS) και Προοδευτική υποτροπιάζουσα (PRMS). Η Υποτροπιάζουσα/Διαλείπουσα ΣΚΠ είναι ο πιο κοινός φαινότυπος, καθώς το 85% των ασθενών παρουσιάζουν υποτροπές που διαχωρίζονται από περιόδους σταθερότητας. Ως «υποτροπή» ορίζονται τα νέα ή επαναλαμβανόμενα νευρολογικά συμπτώματα που δεν σχετίζονται με πυρετό ή λοίμωξη που διαρκούν τουλάχιστον 24 ώρες και συνοδεύονται από νέα νευρολογικά σημεία που επιβεβαιώνονται από τον εξετάζοντα νευρολόγο [47].

2.4.4. Σύνδρομο Sjögren

Το Σύνδρομο Sjögren (SS) είναι μια χρόνια αυτοάνοση νόσος που χαρακτηρίζεται από λεμφοκυτταρικές διηθήσεις σε εκκριτικούς αδένες και εξωαδενικές νευρολογικές εκδηλώσεις. Χαρακτηρίζεται από μονοπύρηνη διήθηση και καταστροφή των σιελογόνων και των δακρυϊκών αδένων, προκαλώντας ξηροφθαλμία και ξηροστομία. Το σύνδρομο Sjögren σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο λεμφοειδούς κακοήθειας. Είναι υποαναγνωρισμένο και τα συμπτώματα μπορεί να είναι εξουθενωτικά για τους ασθενείς. Το σύνδρομο Sjögren ταξινομείται είτε ως πρωτοπαθές, είτε ως δευτεροπαθές σύνδρομο Sjögren, το οποίο εμφανίζεται παράλληλα με μια άλλη συστηματική αυτοάνοση νόσο, συνήθως τη ρευματοειδή αρθρίτιδα, τον συστηματικό ερυθηματώδη λύκο ή το σκληρόδερμα [48]. Η προσβολή του περιφερικού νευρικού συστήματος είναι πιο συχνή από την προσβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) [49]. Η προσβολή του νωτιαίου μυελού (μυελοπάθεια) αναφέρεται σε ποσοστό 20-34% όλων των καταγραφών με SS, και περιστασιακά είναι η αρχική εκδήλωση της νόσου αυτής [50]. Οι φλεγμονώδεις βλάβες του νωτιαίου μυελού είναι δύσκολο να διαγνωστούν και να αντιμετωπιστούν [49].

Το σύνδρομο Sjögren (SS) συσχετίζεται περιστασιακά με χρόνια αισθητηριακή αταξική και αυτόνομη νευροπάθεια, η κύρια παθολογία της οποίας είναι η γαγγλιονίτιδα των ραχιαίων ριζών, με διήθηση των Τ-κυττάρων, και πιθανή συμπαθητική και βλεφαριδική γαγγλιίτιδα. Πέρα από τη ξηροστομία και τη ξηροφθαλμία, που είναι εμφανείς, έχουν καταγραφεί συμπτώματα που αρχικά χαρακτηρίζονται ως υπαισθησία στα άνω άκρα και στο πρόσωπο του ασθενή και σταδιακά, την προσβολή και των κάτω άκρων [51].

2.4.5. Συστηματικός Ερυθηματώδης Λύκος

Ο Συστηματικός Ερυθηματώδης Λύκος (ΣΕΛ) είναι μια συστηματική αυτοάνοση νόσος που χαρακτηρίζεται από πολλαπλές ανοσολογικές ανωμαλίες και έχει τη δυνατότητα να προσβάλει το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ). Η συχνότητα εμφάνισης της νόσου έχει μια εντυπωσιακή επικράτηση γυναικών 9:1 και κορυφώνεται κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής ηλικίας. Ο επιπολασμός του ΣΕΛ φαίνεται να αυξάνεται, πιθανώς λόγω της πρώιμης διάγνωσης και της αύξησης του ορίου ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά επιπολασμού είναι 1:2.000 και πιο συχνός σε συγκεκριμένες εθνότητες ή φυλετικές ομάδες, όπως οι Ασιάτες και οι ΑφροΚαραϊβικοί [52]. Η θνησιμότητα σχετίζεται με παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με τη νόσο, όπως η δραστηριότητα της νόσου, η ηλικία και η βλάβη οργάνων [53]. Παρά το γεγονός ότι η αιτιολογία της νόσου δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως, μια πολυπαραγοντική παθογένεση είναι σε μεγάλο βαθμό αποδεκτή με γενετικούς, περιβαλλοντικούς και ορμονικούς παράγοντες να συμβάλλουν

στην ανάπτυξή της. Η παραγωγή αρκετών αυτοαντισωμάτων, που σχετίζονται με διαφορετικούς κλινικούς φαινοτύπους, θα μπορούσε να θεωρηθεί χαρακτηριστικό της νόσου. Η πορεία του ΣΕΛ είναι μεταβλητή, χαρακτηρίζεται κυρίως από περιόδους ύφεσης και υποτροπής [54]. Οι ασθενείς θα μπορούσαν να βιώσουν μια ευρεία ετερογένεια όσον αφορά τις κλινικές εκδηλώσεις που οδηγούν σε διαφορετικούς βαθμούς σοβαρότητας και απαιτούν εξατομικευμένη διαχείριση και θεραπείες. Οι νεφρικές και νευροψυχιατρικές εκδηλώσεις συνδέονται γενικά με χειρότερη πρόγνωση [52, 54].

Αν και η αρθρίτιδα και οι δερματικές παθήσεις είναι οι πιο συχνές εκδηλώσεις του ΣΕΛ, η προσβολή του σπλαχνικού είναι πιο σοβαρή. Ειδικότερα, η εμπλοκή των πνευμόνων, των νεφρών και του κεντρικού νευρικού συστήματος ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος της νοσηρότητας και της θνησιμότητας που αποδίδεται στον ΣΕΛ. Τα νευροψυχιατρικά συμβάντα που αποδίδονται στον ΣΕΛ είναι πρωταρχικές εκδηλώσεις της νόσου, αντί για επιπλοκές της νόσου (για παράδειγμα, υπέρταση) ή της θεραπείας της (για παράδειγμα, λοίμωξη). Ο νευροψυχιατρικός ΣΕΛ, ο οποίος προκαλείται από εμπλοκή του ΚΝΣ που σχετίζεται με τον ΣΕΛ, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα νευρολογικών και ψυχιατρικών εκδηλώσεων με ποικίλη βαρύτητα, γεγονός που μπορεί να κάνει αυτή τη νόσο να μην διακρίνεται από άλλες καταστάσεις που δεν σχετίζονται με τον ΣΕΛ.

Νευροψυχιατρικά σύνδρομα που μπορούν να σχετιστούν με τον ΣΕΛ:

Κεντρικό νευρικό σύστημα

Άσηπτη μηνιγγίτιδα

Εγκεφαλοαγγειακή νόσος

Απομυελινωτικό σύνδρομο

Κεφαλαλγία

Κινητική διαταραχή

Μυελοπάθεια

Επιληπτικές διαταραχές

Οξεία κατάσταση σύγχυσης

Αγχώδης διαταραχή

Γνωστική δυσλειτουργία

Διαταραχή της διάθεσης

Ψύχωση

Περιφερικό νευρικό σύστημα

Οξεία φλεγμονώδης απομυελινωτική πολυριζονευροπάθεια (σύνδρομο Guillain-Barré)

Αυτόνομη νευροπάθεια

Μονονευροπάθεια

Βαρεία μυασθένεια

Κρανιακή νευροπάθεια

Πλεξοπάθεια

Πολυνευροπάθεια [52]

2.4.6. Νόσος του Scheuermann

Κατά τη διάρκεια της ανθρώπινης ανάπτυξης είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν διαταραχές στο σκελετό. Η πιο κοινή διαταραχή είναι η νόσος του Scheuermann (NS) ή Κύφωση Scheuermann (KS), γνωστή και ιατρικά σήμερα ως Νεανική οστεοχονδρίτιδα της σπονδυλικής στήλης ή παραμορφωτική οστεοχονδρίτιδα /νεανική ράχη [55]. Το 1920 ο Scheuermann περιέγραψε μια άκαμπτη κύφωση της θωρακικής ή θωρακοοσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης που εμφανιζόταν σε εφήβους. Το 1964, ο Sorensen ήταν ο πρώτος που όρισε τη KS ακτινογραφικά με την παρουσία τουλάχιστον τριών γειτονικών σπονδύλων με συνοστέωση. Η ασθένεια, που χαρακτηρίζεται από μια άκαμπτη κύφωση της σπονδυλικής στήλης, η αιτία της οποίας παραμένει άγνωστη, εξακολουθεί να είναι η πιο κοινή αιτία κύφωσης στην εφηβεία σήμερα [56].

Ο επιπολασμός της νόσου πιστεύεται ότι είναι μεταξύ 0,4% και 10%, επηρεάζοντας εξίσου άνδρες και γυναίκες. Η αιτιολογία της KS παραμένει ασαφής. Ωστόσο, έχουν προταθεί πολλές θεωρίες. Ο Scheuermann πίστευε ότι η οστεονέκρωση της απόφυσης του σπονδυλικού δακτυλίου είχε ως αποτέλεσμα τη διαμήκη διακοπή της ανάπτυξης του πρόσθιου σπονδυλικού σώματος, προκαλώντας έτσι μια σφηνοειδή παραμόρφωση των σπονδυλικών σωμάτων [57].

Η KS μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο διακριτές ομάδες: τυπικό και άτυπο. Στο πιο κοινό τυπικό KS, η κορυφή της παραμόρφωσης είναι συνήθως στη μέση της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Θ₇-Θ₉) και ικανοποιείται η συνθήκη του Sorensen. Στην άτυπη KS, η κορυφή της παραμόρφωσης είναι συχνά στη θωρακοοσφυϊκή ή οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Τα κλασικά ακτινογραφικά ευρήματα όπως η στένωση του χώρου στο δίσκο, οι αλλαγές της τελικής πλάκας και οι κόμβοι του Schmorl εξακολουθούν να υπάρχουν, αλλά τα κριτήρια του Sorensen δεν πληρούνται πάντα [57]. Αν και σπάνια, έχουν αναφερθεί περιστατικά όπου η νόσος του Scheuermann μπορεί να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου δημιουργίας κήλης μεσοσπονδυλίου δίσκου με αποτέλεσμα την πίεση στον νωτιαίο μυελό και την δημιουργία νευρολογικών συμπτωμάτων όπως πόνο, σπαστικότητα και δυσλειτουργία της ουροδόχου κύστης [58].

3. Αποτελέσματα Βλαβών Νωτιαίου Μυελού

Οι βλάβες του νωτιαίου μυελού (N.M.) μπορούν να επιφέρουν μια ποικιλία άμεσων συμπτωμάτων που οφείλονται στην ανατομική διαμόρφωση της βλαβθείσας περιοχής αλλά και έμμεσα συμπτώματα ή βλάβες σε άλλους ιστούς και συστήματα του οργανισμού εξαιτίας της αλλαγής της κινητικής ή αισθητηριακής ικανότητας.

3.1. Άμεσα αποτελέσματα/ελλείματα βλάβης N.M.

Μια βλάβη του N.M. μπορεί να επιφέρει την κατάργηση, την μείωση ικανότητας ή την διαφοροποίηση της μεταφοράς των ηλεκτρικών ώσεων από ή προς τον εγκέφαλο. Επειδή όλα τα σπονδυλικά νεύρα είναι μεικτά (κινητικά και αισθητηριακά) η βλάβη του N.M. μπορεί να επιφέρει μια μεικτή διαταραχή στην κινητική και στην αισθητηριακή ικανότητα του ασθενούς σε ποσοστά ανάλογα της βλάβης, συνήθως από το επίπεδο της βλάβης, και των πέριξ αυτής επηρεαζόμενων από τις φλεγμονώδεις διεργασίες επιπέδων, και ουραία. Επιπλέον, πάλι ανάλογα της βλάβης, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι αμφοτερόπλευρα (συνήθως διαφοροποιημένα μεταξύ των πλευρών) ή μονόπλευρα.

3.1.1. Κινητικά Ελλείματα

Προέρχονται, κυρίως, από την διαταραχή λειτουργίας των κινητικών νευραξόνων των σπονδυλικών νεύρων που αντιστοιχούν στο επίπεδο της βλάβης και μπορούν να επηρεάσουν την λειτουργία όλων των μυών που νευρώνονται από τα περιφερικά νεύρα στα οποία τα σπονδυλικά νεύρα συμμετέχουν. Σπανίως υφίστανται μόνο τους, αλλά συνήθως συνοδεύονται από αισθητηριακά ελλείματα.

3.1.1.1. Αδυναμία μυϊκή

Η έλλειψη δύναμης κατά την προσπάθεια σύσπασης ενός μυ. Σύμφωνα με την κλίμακα της Οξφόρδης οποιαδήποτε μέτρηση κάτω της μέγιστης (5/5) μπορεί να χαρακτηριστεί ως αδυναμία μυός. Ο όρος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει την ανικανότητα εκτέλεσης μιας πιο σύνθετης κίνησης. Η μέτρηση γίνεται με δυναμόμετρο, λειτουργικά ή με αντίσταση σε ισομετρικές συσπάσεις [59]. Πρωτογενώς, η μυϊκή αδυναμία προέρχεται από την έλλειψη φυσιολογικής μεταφοράς των νευρικών ώσεων αλλά μεταγενέστερα αυτή μπορεί να ενισχυθεί και από έμμεσα αποτελέσματα της βλάβης N.M. όπως η αμυοτροφία.

3.1.1.2. Αμυοτροφία (Μυϊκή ατροφία-Σαρκοπενία)

Η προοδευτική απώλεια μυϊκού όγκου που είναι πιθανό να συνοδεύεται με μυϊκό πόνο. Συνήθως συναντάται σε μεσήλικες άνδρες με διαβήτη τύπου 2 και σε παθήσεις του κινητικού νευρώνα. Σε ασθενείς με πλήρη βλάβη N.M. εξαιτίας της ακινησίας και των μεταβολικών διαταραχών βρέθηκε ότι σε περίοδο 6 μηνών, η μυϊκή απώλεια κυμαίνεται σε ποσοστό 45%-80% σε σύγκριση με τον υγιή πληθυσμό [60].

3.1.1.3. Αστάθεια

Είναι η γενική έλλειψη σταθερότητας ή μη φυσιολογική τάση μιας άρθρωσης με αποτέλεσμα να υποχωρεί ή να εκτοπίζεται σε μη φυσιολογικές ή λειτουργικές θέσεις.

3.1.1.4. Ασυνεργία μυϊκή

Η απουσία ενεργοποίησης ή η λανθασμένη ενεργοποίηση μιας ομάδας μυών στην προσπάθεια εκτέλεσης μιας συγκεκριμένης κίνησης, με αποτέλεσμα τον μειωμένο τμηματικό ή συνολικό έλεγχο της από αυτούς [61].

3.1.1.5. Δυσκαμψία

Η δυσκολία στην κάμψη μιας άρθρωσης. Στην περίπτωση που η δυσκαμψία εκφράζεται στην Σ.Σ. μπορεί να οφείλετε στην διαταραχή της ανατομικής ακεραιότητας των αρθρικών επιφανειών των σπονδύλων. Στην περίπτωση που εμφανίζεται σε κάποιο άκρο μπορεί να οφείλετε στην έντονη σπαστικότητα και βράχυνση των ανταγωνιστών (εκτεινόντων) μυών.

3.1.1.6. Δυστονία

Οι ακούσιες συσπαστικές στροφικές κινήσεις, που αρχικά μπορούν να συμβαίνουν κατά τη διάρκεια εκούσιων κινήσεων. Συνήθως είναι συχνά επαναλαμβανόμενες και μερικές φορές οδηγούν σε ανώμαλες και παράδοξες στάσεις. Παθοφυσιολογικά, οι αγωνιστές και ανταγωνιστές μύες συσπώνται ταυτόχρονα προκαλώντας αυτές τις δυστονικές κινήσεις [62, 63].

3.1.1.7. Ημιπάρεση – Ημιπληγία – Σύνδρομο Brown-Séquard

Είναι η απώλεια δύναμης στο χέρι, το πόδι και μερικές φορές το πρόσωπο, στη μία πλευρά του σώματος. Η ημιπληγία αναφέρεται σε σοβαρή ή πλήρη απώλεια δύναμης, ενώ η ημιπάρεση αναφέρεται σε σχετικά ήπια απώλεια δύναμης. Στην περίπτωση που η βλάβη βρίσκεται σε επίπεδο άνω του χιασμού των πυραμίδων, η απώλεια της δύναμης γίνεται στην αντίθετη πλευρά της βλάβης. Συνήθως οφείλεται σε βλάβη του ανώτερου κεντρικού Ν.Σ. αλλά μπορεί να οφείλεται και σε βλάβη του νωτιαίου μυελού (σύνδρομο Brown-Séquard (Brown-Séquard's syndrome (BSS))) [64].

3.1.1.8. Μονοπάρεση – Μονοπληγία

Είναι η απώλεια δύναμης σε ένα άκρο. Ομοίως με παραπάνω η μονοπληγία αναφέρεται σε σοβαρή ή πλήρη απώλεια δύναμης, ενώ η μονοπάρεση αναφέρεται σε σχετικά ήπια απώλεια δύναμης. Συναντάται στην εγκεφαλική παράλυση, στην σκλήρυνση κατά πλάκας αλλά και σε άλλες βλάβες νωτιαίου μυελού όπως οι όγκοι νωτιαίου μυελού. Μπορεί να είναι μέρος άλλων συμπτωματολογιών όπως το σημείο του Lhermitte ή αλλιώς φαινόμενο της καρέκλας του μπαρμπέρη (barber chair phenomenon)[65].

3.1.1.9. Παραπληγία

Το έλλειμμα ή η έκπτωση της κινητικής, της αισθητικής ή/και της αυτονομικής λειτουργίας στη θωρακική, την οσφυϊκή ή την ιερή μοίρα του νωτιαίου μυελού. Η λειτουργία των άνω άκρων είναι ανέπαφη [66, 67].

3.1.1.10. Πάρεση – Παράλυση

Πλήρης έκπτωση της μυϊκής λειτουργίας μιας ή περισσότερων μυϊκών ομάδων . Συχνά συμπεριλαμβάνεται η έκπτωση της αισθητικότητας στην προσβεβλημένη περιοχή. Οφείλεται σε βλάβη του κεντρικού (εγκέφαλος ή νωτιαίος μυελός) ή του περιφερικού (νευρικά κύτταρα ή ίνες) Ν.Σ.. Στην περίπτωση που η παράλυση προέρχεται από βλάβη στον Ν.Μ. αυτή μπορεί να είναι αυτόματη ή ετεροχρονισμένη εξαιτίας της αιμορραγίας και του οιδήματος [68].

3.1.1.11. Τετραπάρεση – Τετραπληγία

Είναι η απώλεια δύναμης σε ένα άκρο. Ομοίως με παραπάνω η τετραπληγία αναφέρεται σε σοβαρή ή πλήρη απώλεια δύναμης, ενώ η τετραπάρεση αναφέρεται σε σχετικά ήπια απώλεια δύναμης [69].

3.1.1.12. Χορεία

Μια σύντομη, τυχαία, ακούσια κίνηση που μπορεί να επηρεάσει οποιαδήποτε μυϊκή ομάδα και πραγματοποιείται με απρόβλεπτο τρόπο από το ένα μέρος του σώματος στο άλλο. Οι κινήσεις χορείας αυξάνονται με κινήσεις που αποσπούν την προσοχή, μπορούν να κατασταλούν μερικώς και συχνά εξαφανίζονται κατά τη διάρκεια του ύπνου. Η διαφορική διάγνωση των χορικών συνδρόμων είναι πολύ μεγάλη σε εύρος και περιλαμβάνει τόσο γενετικές όσο και επίκτητες αιτίες όπως η μυελοπάθεια [70].

3.1.2. Αισθητηριακά Ελλείματα

Προέρχονται, κυρίως, από την διαταραχή λειτουργίας των αισθητηριακών νευραξόνων των σπονδυλικών νεύρων που αντιστοιχούν στο επίπεδο της βλάβης και μπορούν να επηρεάσουν την λειτουργία όλων των δερμοτομιών που νευρώνονται από τα περιφερικά νεύρα στα οποία τα σπονδυλικά νεύρα συμμετέχουν. Σπανίως υφίστανται μόνο τους, αλλά συνήθως συνοδεύονται από κινητικά ελλείματα.

3.1.2.1. Αιμωδία (Pins and Needles)

Η διαταραχή της απτικής αίσθησης που οφείλεται σε περιορισμό ή διακοπή της κυκλοφορίας του αίματος στο σημείο εμφάνισης της παραισθησίας είναι μια συχνή μορφή χρόνιου πόνου που εμφανίζεται σε ασθενείς με βλάβη Ν.Μ [71].

3.1.2.2. Αλλοδυνία - Υπεραλγησία

Η αλλοδυνία (πόνος που οφείλεται σε ένα ερέθισμα που συνήθως δεν προκαλεί πόνο) και η υπεραλγησία (αυξημένος πόνος από ένα ερέθισμα που συνήθως προκαλεί πόνο) είναι εμφανή συμπτώματα σε ασθενείς με νευροπαθητικό πόνο. Και τα δύο παρατηρούνται σε διάφορες περιφερικές νευροπάθειες και διαταραχές του κεντρικού πόνου και επηρεάζουν το 15-50% των ασθενών με νευροπαθητικό πόνο. Η αλλοδυνία και η υπεραλγησία ταξινομούνται ανάλογα με την αισθητηριακή μέθοδο (αφή, πίεση, τσίμπημα, κρύο και θερμότητα) που χρησιμοποιείται για την πρόκληση της αίσθησης. Η περιφερική ευαισθητοποίηση και οι δυσπροσαρμοστικές κεντρικές αλλαγές συμβάλλουν στη δημιουργία και τη διατήρηση αυτών των αντιδράσεων, με ξεχωριστούς μηχανισμούς σε διαφορετικούς υποτύπους αλλοδυνίας και υπεραλγησίας [72].

3.1.2.3. Καυσαλγία

Η καυσαλγία, επίσημα γνωστή ως σύνδρομο σύνθετου περιφερειακού πόνου τύπου II. Αποτελεί έναν πολύ χαρακτηριστικό και καυστικό πόνο που αρχίζει στην κατανομή ενός τραυματισμένου περιφερικού νεύρου και στη συνέχεια εξαπλώνεται πέρα από αυτό. Αποτελεί ένα σύνδρομο πόνου που χαρακτηρίζεται από καυστικό πόνο, κινητική και αισθητική δυσλειτουργία και αλλαγές στο χρώμα του δέρματος και στην αίσθηση της θερμοκρασίας απομακρυσμένα από ένα τραυματισμένο περιφερικό νεύρο. Το σύνδρομο πόνου τείνει κυρίως να προσβάλλει στρατιώτες μάχης αφού υποστούν τραυματισμούς σε καιρό πολέμου από εκρήξεις και πυροβολισμούς [73, 74].

3.1.2.4. Νευραλγία

Νευραλγία είναι ένας νευροπαθητικός πόνος, ο οποίος αναφέρεται στον πόνο που προκαλείται από βλάβη ή ασθένεια του σωματοαισθητικού συστήματος, αντιπροσωπεύει μια ευρεία κατηγορία συνδρόμων πόνου που περιλαμβάνει μια μεγάλη ποικιλία περιφερικών ή κεντρικών διαταραχών. Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι ο επιπολασμός τους στο γενικό πληθυσμό μπορεί να ανέρχεται στο 7 έως 8%.

3.1.2.5. Πόνος

Ως πόνος ορίζεται μια δυσάρεστη αισθητηριακή και συναισθηματική εμπειρία που σχετίζεται ή μοιάζει με αυτήν που σχετίζεται με, πραγματική ή πιθανή βλάβη ιστού [75] Ο πόνος που δημιουργείται σε ασθενείς με βλάβες N.M. κατηγοριοποιείται σε γενικές γραμμές ως ο από βλάβη (πόνος που προέρχεται από τις ελεύθερες νευρικές απολήξεις, εξειδικευμένες για την μεταφορά βλαπτικών ερεθισμάτων) ή νευροπαθητικός (πόνος που προέρχεται από κάποιο είδος παθολογίας του N.Σ.). Ο από βλάβη πόνος περιλαμβάνει τον μυοσκελετικό πόνο που εμφανίζεται σε περιοχές με διατηρημένη αισθητική νευρώση και μπορεί να είναι συνέπεια της υπερβολικής χρήσης των χεριών και της πλάτης λόγω της χρήσης αναπηρικού αμαξιδίου. Αυτός ο τύπος πόνου ανταποκρίνεται στη θεραπεία με μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη (ΜΣΑΦ) ή οπιούχα. Ο σπλαχνικός πόνος που προκύπτει στην κοιλιά ή το θώρακα κατηγοριοποιείται επίσης ως από βλάβη πόνος, καθώς μπορεί να προκληθεί από την πρόσληψη τροφής ή από λειτουργίες των εσωτερικών οργάνων, όπως η αφόδευση [76].

Ο νευροπαθητικός πόνος, ο οποίος αναπτύσσεται στο 53% των ασθενών με βλάβη Ν.Μ. [77] είναι κλινικά δύσκολο να αντιμετωπιστεί, εν μέρει επειδή οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην ανάπτυξή του παραμένουν ασαφείς. Τα συμπτώματα μπορεί να αναπτυχθούν είτε στο επίπεδο του τραυματισμού είτε κάτω από αυτό. Ο πόνος στο επίπεδο βλάβης ορίζεται από την παρουσία του οπουδήποτε μέσα σε μια περιοχή που εκτείνεται από ένα δερμοτόμιο άνω και τρία δερμοτόμια κάτω από το νευρολογικό επίπεδο τραυματισμού, ενώ ο πόνος κάτω από το επίπεδο εμφανίζεται κάτω από τρία δερμοτόμια από το νευρολογικό επίπεδο τραυματισμού [76]. Το νευρολογικό επίπεδο τραυματισμού είναι το πιο ουραίο δερματικό σημείο στο οποίο διατηρούνται οι φυσιολογικές αισθητηριακές και κινητικές λειτουργίες και στις δύο πλευρές του σώματος-ως αποτέλεσμα, η σχέση του με το επίκεντρο της βλάβης είναι ατελής, ιδιαίτερα σε ασύμμετρες βλάβες [78]. Επειδή ο πόνος στο επίπεδο βλάβης προκύπτει σε περιοχές που είναι πιθανότερο να διατηρούν μερική αισθητηριακή λειτουργία, αυτός ο τύπος πόνου συχνά περιλαμβάνει αλλοδυνία (πόνος σε απόκριση μη επώδυνων ερεθισμάτων, όπως το ελαφρύ άγγιγμα, δες κεφάλαιο «Αλλοδυλία – Υπεραλγησία»), καθώς και αυτόματο και συνεχή πόνο [79]. Σε ασθενείς με ατελή βλάβη Ν.Μ., ο πόνος κάτω από το επίπεδο μπορεί επίσης να έχει αλλοδυνική συμμετοχή, αλλά ένα σημαντικό ποσοστό ασθενών με πόνο κάτω από το επίπεδο έχει πλήρη βλάβη της Ν.Μ. και καμία αισθητηριακή λειτουργία στην επώδυνη περιοχή [80].

3.2. Έμμεσα αποτελέσματα/ελλείματα – Προκύπτουσες παθολογίες

Η έλλειψη της κινητικής και της αισθητηριακής ικανότητας μπορεί να επιφέρει μια μεγάλη ποικιλία παθολογίας στα περισσότερα συστήματα του οργανισμού. Παρακάτω θα αναφέρουμε, ενδεικτικά, μερικά από τα συμπτώματα, τις παθολογίες και τα σύνδρομα που μπορούν να εμφανιστούν μετά από μια βλάβη Ν.Μ. Πολλές από αυτές, δημιουργούνται από την παθοφυσιολογία περισσότερων συστημάτων του οργανισμού από αυτές στις οποίες κατατάσσονται:

3.2.1. Μεταβολικά Σύνδρομα – Ενδοκρινικό Σύστημα

3.2.1.1. Δισλιπιδαιμία

Η δυσλιπιδαιμία είναι η ανισορροπία των λιπιδίων, όπως η χοληστερόλη, η χοληστερόλη λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL-C), τα τριγλυκερίδια και η λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας (HDL). Η κατάσταση αυτή μπορεί να προκύψει από κακής ποιότητας διατροφή, το κάπνισμα ή γενετικά και μπορεί να οδηγήσει σε καρδιαγγειακή νόσο με σοβαρές επιπλοκές [81]. Ορισμένες από τις αλλαγές στα επίπεδα των λιπιδίων που παρατηρούνται στα άτομα με SCI πιθανώς σχετίζονται με τις ανατομικές και μεταβολικές αλλαγές και τις δραστικές μειώσεις της σωματικής δραστηριότητας που συμβαίνουν τα χρόνια μετά τον τραυματισμό [82]. Η μειωμένη κινητικότητα σχετίζεται με χαμηλότερη HDL-C, γεγονός που υποδηλώνει μια άμεση σχέση μεταξύ της HDL-C και των μειούμενων επιπέδων δραστηριότητας που παρατηρούνται με υψηλότερο επίπεδο τραυματισμού [83].

3.2.1.2. Παχυσαρκία

Η παχυσαρκία μπορεί να οριστεί ως η προοδευτική μη φυσιολογική ή περιττή συσσώρευση λίπους που μπορεί να είναι επιζήμια για την υγεία [84]. Η υποκείμενη αιτία είναι η ενεργειακή ανισορροπία μεταξύ των θερμίδων που καταναλώνονται και των θερμίδων που καταναλώνονται [85]. Αποτελεί μείζον θέμα υγείας στις Ηνωμένες Πολιτείες, τόσο στους αρτιμελείς όσο και στους ανάπηρους πληθυσμούς, και ο επιπολασμός της συνεχίζει να αυξάνεται [86]. Ο επιπολασμός της παχυσαρκίας έχει περιγραφεί ότι ξεπερνά το 75% στα άτομα με SCI [87]. Αυτός ο υψηλός επιπολασμός στον πληθυσμό με βλάβη Ν.Μ. μπορεί τουλάχιστον εν μέρει να αποδοθεί στη σημαντική αύξηση του σωματικού βάρους κατά περίπου 7 κιλά κατά την οξεία περίοδο της βλάβης [88]. Τα άτομα με βλάβη Ν.Μ. διατρέχουν υψηλό κίνδυνο ανάπτυξης νευρογενούς παχυσαρκίας λόγω της μυϊκής παράλυσης και της επακόλουθης σαρκοπενίας, της άμβλυσης του συμπαθητικού Ν.Σ., του μειωμένου μεταβολισμού και της αμβλυμένης αίσθησης κορεσμού [89].

3.2.1.3. Διαβήτης τύπου 2

Ο διαβήτης τύπου 2 χαρακτηρίζεται από σχετική ανεπάρκεια ινσουλίνης που προκαλείται από δυσλειτουργία των β-κυττάρων του παγκρέατος και αντίσταση στην ινσουλίνη στα όργανα-στόχους [90]. Η αντίσταση στην ινσουλίνη είναι η κατάσταση κατά την οποία τα μυϊκά, τα λιπώδη και τα ηπατικά κύτταρα έχουν μειωμένη απόκριση στην ενδογενή και προσλαμβανόμενη ινσουλίνη, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες ινσουλίνης που εκκρίνονται από τα β-κύτταρα στα νησίδια Langerhans του παγκρέατος για την επαρκή πρόσληψη της γλυκόζης στα κύτταρα [91]. Αυτή η κατακράτηση γλυκόζης στο αίμα οδηγεί σε υπεργλυκαιμία και, με την πάροδο του χρόνου, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές συστηματικές βλάβες, συμπεριλαμβανομένων των βλαβών στην καρδιά, στους νεφρούς, στα αιμοφόρα αγγεία και στα μάτια [92]. Η βλάβη Ν.Μ. συνδέεται ανεξάρτητα των συνοδών παραγόντων προδιάθεσης (παχυσαρκία, δισλιπιδαιμία, σαρκοπενία κ.α.) με 2 φορές αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 [93].

3.2.2. Ερειστικό Σύστημα

3.2.2.1. Μείωση οστικής πυκνότητας (Οστεοπενία και Οστεοπόρωση)

Ο τύπος της οστεοπόρωσης που αναπτύσσεται μετά από έναν τραυματισμό στην Σ.Σ. έχει αναφερθεί ότι προκαλείται από ένα συνδυασμό παραγόντων. Ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας θεωρείται ότι προέρχεται από την μηχανική αποφόρτιση, που έχει επίσης παρατηρηθεί από την αναφερόμενη οστική απώλεια μετά από διαστημικές πτήσεις και παρατεταμένη κατάκλιση. Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι νευρωνικές και ορμονικές μεταβολές συμβάλλουν στην δημιουργία αυτής της παθογένειας [94].

3.2.2.3. Κατάγματα

Η συνέπεια της οστεοπόρωσης στα άτομα με βλάβη Ν.Μ. είναι τα κατάγματα λόγω της ευθραυστότητας των οστών. Κατάγματα μπορεί να εμφανιστούν στο 25-46% αυτών των ατόμων κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Τα κατάγματα σχετίζονται κυρίως με στρεπτικές

δυνάμεις κατά τη μεταφορά, την παθητική κινητοποίηση, τις συμπιεστικές δυνάμεις και τις πτώσεις. Τα άτομα με τετραπληγία έχουν μεγαλύτερη οστεοπόρωση από τα άτομα με παραπληγία, ωστόσο τα άτομα με παραπληγία έχουν μεγαλύτερη συχνότητα καταγμάτων λόγω της έκθεσής τους σε πτώσεις [95].

3.2.3. Αναπνευστικό Σύστημα

3.2.3.1. Αναπνευστικά προβλήματα

Αμέσως μετά από μια βλάβη Ν.Μ., υπάρχει μια περίοδος καταπληξίας που οδηγεί σε χαλαρή παράλυση των μυών κάτω από το επίπεδο της βλάβης, η οποία διαρκεί για περίοδο εβδομάδων έως μηνών [96]. Η χαλαρή παράλυση των μεσοπλεύριων μυών δημιουργεί ένα ασταθές θωρακικό τοίχωμα, έτσι ώστε κατά την εισπνοή, η αρνητική ενδοθωρακική πίεση να προκαλεί μια προς τα έσω κίνηση των πλευρών [97]. Αυτή η μηχανική ανισορροπία έχει ως αποτέλεσμα έναν λιγότερο αποτελεσματικό αερισμό, ένα αυξημένο έργο αναπνοής και μια τάση για κατάρρευση του άπω αεραγωγού και μικροατελεκτασίες [98]. Οι εκκρίσεις των αεραγωγών μπορεί να συσσωρεύονται στους πνεύμονες είτε λόγω αυξημένης παραγωγής είτε λόγω μειωμένης απομάκρυνσής του λόγω μειωμένου βήχα [99]. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι πολύ πιθανή η διασωλήνωση και η υποστήριξη αερισμού της αναπνοής [100].

3.2.3.2. Πνευμονία

Η πνευμονία ορίζεται ως φλεγμονή του πνευμονικού ιστού και συνήθως προκαλείται από λοίμωξη [101]. Η πνευμονία μπορεί να προκληθεί από ιούς, βακτήρια και μύκητες. Συνήθεις αιτίες ιογενούς πνευμονίας είναι οι ιοί της γρίπης, ο αναπνευστικός συγκυτιακός ιός και ο ιός SARS-CoV-2. Συνήθης αιτία βακτηριακής πνευμονίας είναι ο στρεπτόκοκκος [102]. Τα αναπνευστικά προβλήματα που δημιουργούνται μετά από βλάβη στον Ν.Μ. (βλέπε παράγραφο «Αναπνευστικά προβλήματα») είναι η αιτία που οι ασθενείς αυτοί βρίσκονται σε ομάδα κινδύνου για την ανάπτυξη πνευμονίας. Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο βλάβης Ν.Μ. τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αναπνευστικών επιπλοκών [103]. Περίπου το 30% όλων των θανάτων μετά από βλάβη Ν.Μ. οφείλεται σε αναπνευστικά αίτια, με την πνευμονία να αποτελεί την πιο συχνή αναπνευστική αιτία [104].

3.2.4. Καρδιαγγειακό / Κυκλοφορικό Σύστημα

3.2.4.1. Καρδιαγγειακές παθήσεις (Οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου και στεφανιαία νόσος)

Οι καρδιαγγειακές παθήσεις έχουν αναδειχθεί ως η κύρια αιτία θνησιμότητας στα άτομα με χρόνια βλάβη Ν.Μ [105]. Η νοσηρότητα από καρδιαγγειακά αίτια, ιδιαίτερα η στεφανιαία νόσος (Σ.Ν.), είναι υψηλή σε σχέση με τα περιπατητικά άτομα ενώ τείνει να εμφανίζεται νωρίτερα σε μη περιπατητικούς ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. σε σχέση με τους περιπατητικούς πληθυσμούς [106]. Ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στον αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων σε ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. είναι το γεγονός ότι οι παράγοντες κινδύνου, συμπεριλαμβανομένης της υπερλιπιδαιμίας, της

παχυσαρκίας και του διαβήτη, έχει αποδειχθεί ότι είναι σε αυτούς συγκριτικά υψηλοί [107].

3.2.4.2. Αυτόνομη Δυσαντακλαστικότητα (Δυσρεφλέξια)

Η Αυτόνομη Δυσαντακλαστικότητα ή Δυσρεφλέξια (ΑΔ) ορίζεται κλινικά ως οξεία υπέρταση που δημιουργείται από μη ρυθμισμένα συμπαθητικά αντανακλαστικά κάτω από το επίπεδο του τραυματισμού η οποία συχνά συνοδεύεται από βραδυκαρδία μετά τη μεσολάβηση των βαροϋποδοχέων, η οποία παρέχει βραχυπρόθεσμο έλεγχο της αρτηριακής πίεσης [108]. Σε απόκριση στην υπέρταση, το σύστημα βαρο-αντακλαστικού μειώνει την αρτηριακή πίεση με τη μείωση του καρδιακού ρυθμού και τη μείωση της δραστηριότητας των αγγειοσυσπαστικών συμπαθητικών προγαγγλιακών νευρώνων που βρίσκονται σε όλο το θωρακοσφυϊκό νωτιαίο μυελό και ρυθμίζουν την περιφερική αγγειακή αντίσταση. Ωστόσο, ενώ η κολπική παρασυμπαθητική νεύρωση της καρδιάς παραμένει άθικτη μετά από την βλάβη N.M., η διακοπή των κατιούσων αγγειοκινητικών οδών προς τους συμπαθητικούς προγαγγλιακούς νευρώνες προκαλεί ατελή αντισταθμιστική μείωση της περιφερικής αγγειακής αντίστασης κι έτσι η υπέρταση επιμένει μέχρις ότου απομακρυνθεί το εκλυτικό ερέθισμα [109].

3.2.4.3. Έλκη Κατάκλισης (Κατακλίσεις)

Ορίζεται ως το έλκος πίεσης, άλλως ως τοπική βλάβη στο δέρμα και στους υποκείμενους μαλακούς ιστούς συνήθως πάνω από μια οστική προεξοχή ή σχετιζόμενη με μια ιατρική ή άλλη συσκευή ως αποτέλεσμα της έντονης ή/και παρατεταμένης πίεσης ή πίεσης σε συνδυασμό με διάτμηση [110]. Οι συχνότερες θέσεις στους ενήλικες είναι πάνω από τις οστικές προεξοχές της ιεράς περιοχής και του ισχίου, αν και τα κάτω άκρα επηρεάζονται σε ποσοστό $\leq 25\%$ των περιπτώσεων [111]. Οι ασθενείς με βλάβη N.M. έχουν υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης κατακλίσεων ως αποτέλεσμα της ακινησίας, της υπαισθησίας και των διαφόρων βαθμών ακράτειας. Κατά τη διάρκεια της αρχικής οξείας ιατρικής νοσηλείας και της αποκατάστασης, το 27%-40% των ατόμων με βλάβη N.M. θα εμφανίσουν κατακλίσεις [112].

3.2.5. Αναπαραγωγικό Σύστημα

3.2.5.1. Σεξουαλική Δυσλειτουργικότητα – Στειρότητα

Χωρίς τη χρήση φαρμάκων ή υποστηρικτικών συσκευών, η φυσική στυτική ικανότητα των ανδρών με βλάβη N.M., είτε από ψυχογενείς είτε από αντανακλαστικές πηγές, εξαρτάται από το επίπεδο και την έκταση της βλάβης. Αν και η στυτική ικανότητα έχει αναφερθεί ότι είναι 62-75%, περίπου τα δύο τρίτα των ανδρών με βλάβη N.M. βρίσκουν τη στύση τους αναξιόπιστη ή μικρής διάρκειας, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη χρήση κάποιας μορφής ενίσχυσης της στύσης στο 60% αυτών [113]. Η συντριπτική πλειοψηφία των ανδρών και των γυναικών με βλάβη N.M. δυσκολεύεται να διεγερθεί σωματικά, ενώ περισσότερες γυναίκες (74,7%) από ό,τι άνδρες (48,7%) δυσκολεύονται να διεγερθούν ψυχολογικά. Οι αισθήσεις μυρμηγκιάσματος (35,3%) και οι σπασμοί (35%) ήταν οι πιο συχνά αναφερόμενες σωματικές αισθήσεις που παρατηρήθηκαν από άνδρες και γυναίκες με

βλάβη N.M.[114]. Από τις γυναίκες με βλάβη N.M. ($n = 87$), το 58,6% μπορούσε να αισθανθεί τη συσσώρευση σεξουαλικής έντασης σωματικώς κατά τη διάρκεια της σεξουαλικής διέγερσης (αυτό συσχετίστηκε θετικά με την παρουσία αισθητικότητας των γεννητικών οργάνων) και το 64,4% δήλωσε ότι μπορούσε να αισθανθεί αυτή τη συσσώρευση εγκεφαλικώς [115]. Από τους άνδρες ($n = 199$), περίπου οι μισοί δεν ανέφεραν δυσκολία στην νοητική διέγερση (48,7%), αλλά η συντριπτική πλειοψηφία (84,9%) ανέφερε δυσκολία στη σωματική διέγερση. Μόνο οι μισοί περίπου άνδρες μπορούσαν να αισθανθούν συσσώρευση τόσο ψυχολογικής όσο και σωματικής σεξουαλικής έντασης και το 61,8% ήταν σε θέση να επιτύχουν στύση χωρίς φάρμακα ή βοήθεια (αν και όχι αξιόπιστη και μικρής διάρκειας) [113].

Ενώ η δυνατότητα εκσπερμάτισης εξαρτάται, όπως και η στύση, από το επίπεδο και την πληρότητα της βλάβης, η εκσπερμάτιση είναι πιο πιθανή στους άνδρες που διατηρούν τον έλεγχο της ουροδόχου κύστης και του εντέρου, τη σπαστικότητα, την ικανότητα επίτευξης ψυχογενούς στύσης, την ικανότητα διατήρησης της στύσης και τον άμεσο χειρισμό του πέους έναντι της κολπικής επαφής [116]. Η εκσπερμάτιση είναι πιο προβλέψιμη όταν υπάρχει σημαντική αύξηση της αρτηριακής πίεσης με τη σεξουαλική διέγερση. Μόνο με αυνανισμό χωρίς υποβοήθηση, μόνο το 10-15% των ανδρών με βλάβη N.M. μπορεί να εκσπερματώσει. Με τη χρήση της δονητικής διέγερσης του πέους, ο αριθμός αυτός αυξάνεται, ειδικά εάν ο τραυματισμός είναι στο ή πέριξ του επιπέδου Θ_{10} . Η ύπαρξη ενός άθικτου ραχιαίου πείκου νεύρου όταν ο τραυματισμός είναι πέριξ του Θ_{10} (υποδεικνύοντας ένα άθικτο εκσπερματιστικό αντανακλαστικό) είναι προγνωστικό της εκσπερματιστικής ικανότητας σε δονητική διέγερση, όπως και το επίπεδο της βλάβης (η εκσπερματιστική ικανότητα είναι 86% όταν ο τραυματισμός είναι στο Θ_{10} ή πέριξ, και είναι 15% όταν ο τραυματισμός είναι στο Θ_{11} ή ουραίος)[117].

Πολλοί άνδρες με βλάβη N.M. δεν μπορούν να επιτύχουν εκσπερμάτιση κατά τη διάρκεια της συνουσίας ή με αυνανισμό χωρίς βοήθεια. Η έκκριση του σπέρματος ελέγχεται από συμπαθητικά νευρικά τμήματα από το Θ_{10} έως το O_3 . Ένας τραυματισμός πάνω από το σπονδυλικό επίπεδο Θ_{6-7} μπορεί να παρεμποδίσει τη διαδικασία της εκσπερμάτισης και το κλείσιμο του αυχένα της ουροδόχου κύστης. Η προώθηση του σπέρματος μπορεί επίσης να επηρεαστεί από την απώλεια του συντονισμού των βολβοσπογγιδίων/βολβοσπηλαιοδίων μυών, καθώς και των μυών του πυελικού εδάφους. Οι νευρώσεις αυτών των μυϊκών ομάδων εξαρτώνται από τα σωματικά τμήματα I_2 , I_3 και I_4 , τα οποία διακινούνται μέσω του αιδοϊκού νεύρου [118]. Επιπλέον, οι άνδρες με βλάβη N.M. μπορεί να εμφανίσουν ανικανότητα εκσπερμάτισης λόγω δυσλειτουργίας μεταξύ του εξωτερικού σφιγκτήρα και της ουροδόχου κύστης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της προώθησης του σπέρματος [119].

Μελέτες ανάλυσης σπέρματος έχουν επίσης καταδείξει χαμηλή ποιότητα σπέρματος μεταξύ ανδρών με τραυματισμό του νωτιαίου μυελού [120]. Σε γενικές γραμμές, ο αριθμός των σπερματοζωαρίων είναι φυσιολογικός, αλλά η κινητικότητα του σπέρματος μειώνεται μετά την βλάβη N.M.. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε φλεγμονώδεις αλλαγές στο σπερματικό υγρό. Το σπερματικό πλάσμα σε ασθενείς με βλάβη N.M. εμφανίζει μεγάλο αριθμό ενεργοποιημένων T κυττάρων που εκκρίνουν κυτοκίνες όπως η ιντερλευκίνη-1, η ιντερλευκίνη-6 και ο παράγοντας νέκρωσης όγκων-άλφα, τα οποία οι ερευνητές έχουν συνδέσει με τη μειωμένη κινητικότητα του σπέρματος [121]. Επιπλέον, έχει επίσης αποδειχθεί ότι η εξουδετέρωση αυτών των παραγόντων έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της κινητικότητας των σπερματοζωαρίων [122].

3.2.6. Γαστρεντερικό / Πεπτικό και Ουροποιητικό Σύστημα

3.2.6.1 Νευρογενής Δυσλειτουργία Εντέρου (ΝΔΕ) και Ουροδόχου Κύστης (ΝΔΟΚ)

Μεταξύ των ασθενών με βλάβη Ν.Μ., έως και το 95% αναφέρουν δυσκοιλιότητα [123] και το 75% έχουν βιώσει επεισόδια ακράτειας κοπράνων [124]. Τα συμπτώματα της ΝΔΕ έχουν σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής, την κοινωνική ένταξη και την προσωπική αυτονομία [125]. Μόνο το 6% των ασθενών με βλάβη Ν.Μ. δεν χρειάζονται καμία παρέμβαση για την υποστήριξη της λειτουργίας του εντέρου τους [126]. Το 65% χρειάζεται να χρησιμοποιήσει παρεμβατικές επιλογές, όπως η ηλεκτρική διέγερση ή η εκκένωση του ορθού [124] και το ένα τρίτο χρειάζεται βοήθεια για τη φροντίδα του εντέρου [126]. Στο 22% των ατόμων με βλάβη Ν.Μ., η διαχείριση του εντέρου διαρκεί έως και μία ώρα σε κάθε περίπτωση και στο 14% διαρκεί πάνω από 60 λεπτά [124]. Οι συνέπειες όλων αυτών είναι η απώλεια ανεξαρτησίας και αξιοπρέπειας, η αμηχανία, το άγχος, η κατάθλιψη, η κοινωνική απομόνωση και η απώλεια σεξουαλικών σχέσεων [127]. Στην πραγματικότητα, η επιβάρυνση από τη ΝΔΕ είναι τόσο μεγάλη που οι ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. αναφέρουν ότι η δυσλειτουργία του εντέρου είναι πιο προβληματική από οποιαδήποτε από τις δυσλειτουργίες της ουροδόχου κύστης, τη σεξουαλική δυσλειτουργία, τον πόνο, την κόπωση ή την αντίληψη της εικόνας του σώματος [123].

Η νευρογενής δυσλειτουργία της ουροδόχου κύστης (ΝΔΟΚ) είναι συχνή μετά από βλάβη Ν.Μ., καθώς εμφανίζεται στο 70% έως 84% των περιπτώσεων [128]. Η απώλεια του φυσιολογικού νευρικού ελέγχου της λειτουργίας της ουροδόχου κύστης μετά από βλάβη Ν.Μ. μπορεί να εκδηλωθεί με υπερδραστηριότητα ή υποδραστηριότητα των μυών του εξωστήρα, κακή ανταπόκριση της ουροδόχου κύστης και δυσλειτουργία του σφιγκτήρα, ανάλογα με το επίπεδο της βλάβης και την πληρότητα της νωτιαίας βλάβης. Μετά από οξεία τραυματική βλάβη Ν.Μ. κατά τη φάση του σπονδυλικού σοκ, η ουροδόχος κύστη και ο σφιγκτήρας είναι υποτονικοί και εμφανίζεται κατακράτηση ούρων και ακράτεια υπερχειλίσης. Το σπονδυλικό σοκ μπορεί να υποχωρήσει μετά από δύο εβδομάδες, με μέσο όρο τους δύο μήνες και μπορεί να διαρκέσει έως και ένα έτος [129]. Κατά τη διαχείριση σε αυτή τη φάση, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η πλήρης παροχέτευση της ουροδόχου κύστης, συνήθως μέσω μόνιμου ουρηθρικού καθετήρα ή διαλείποντος καθετηριασμού [130]. Όταν ο ασθενής είναι ιατρικά σταθερός και έτοιμος για αποκατάσταση, διεξάγεται μια δοκιμή αυτόματης κένωσης μαζί με μέτρηση του υπολείμματος μετά την εκκένωση ή καθαρός διαλείπων καθετηριασμός κατά τη διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης [131].

3.2.7. Νευρικό Σύστημα

3.2.7.1. Νευροψυχολογικές ανωμαλίες και εγκεφαλικές παθολογίες

Ο σημερινός μεγάλος όγκος κλινικών στοιχείων υποδεικνύει σημαντική γνωστική εξασθένιση σε άτομα με βλάβη Ν.Μ. χωρίς συσχέτιση με το επίπεδο του τραυματισμού [132]. Οι ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. μπορεί να παρουσιάσουν μείωση της προσοχής, της συγκέντρωσης, της λειτουργίας της μνήμης και της μάθησης που υποδηλώνουν ένα ευρύ φάσμα γνωστικών αναπηριών [133]. Αυτές οι αναφερόμενες αλλαγές στην ψυχολογική κατάσταση μπορεί να μην εκπλήσσουν, δεδομένου του περιορισμένου εύρους

κινητικότητα που υποβαθμίζει την ενεργό συμμετοχή σε κοινωνικές, επαγγελματικές, σωματικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Μια πανεθνική προοπτική μελέτη στον πληθυσμό της Ταϊβάν διαπίστωσε ότι οι ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. έχουν σημαντικά υψηλότερο κίνδυνο να αναπτύξουν άνοια, παρέχοντας επιδημιολογικά στοιχεία ότι η βλάβη Ν.Μ. μπορεί να συμβάλει στη γνωστική παρακμή [134]. Συνολικά, οι ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. έχουν 13 φορές περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξουν γνωστικές διαταραχές [135]. Επιπλέον, υπάρχει υψηλός επιπολασμός της μείζονος κατάθλιψης τόσο σε τραυματικές όσο και σε μη τραυματικές βλάβες Ν.Μ., γεγονός που υποδηλώνει ότι η κατάθλιψη αντανakλά αλλαγή στην φυσιολογία του εγκεφάλου [136].

Οι διαταραχές της διάθεσης είναι επίσης συχνές στους ασθενείς με βλάβη Ν.Μ.. Αν και τα στατιστικά στοιχεία διαφέρουν μεταξύ των μελετών, ο επιπολασμός της κατάθλιψης, του άγχους και της διαταραχής μετατραυματικού στρες (PTSD) είναι σταθερά αυξημένος σε ασθενείς με χρόνια βλάβη Ν.Μ. [137]. Σε μια μελέτη ασθενών με χρόνιο SCI στην Αυστραλία, το 46% ανέφερε συμπτώματα ενδεικτικά διαταραχής της διάθεσης [138]. Μια άλλη μελέτη διαπίστωσε ότι το 63% των ασθενών με βλάβη Ν.Μ. παρουσίασαν κατάθλιψη εντός 3 μηνών από τον τραυματισμό [139].

Μακροχρόνιες προοπτικές μελέτες λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας ανέφεραν ότι η βλάβη Ν.Μ. μπορεί να προκαλέσει προοδευτική μείωση του όγκου της φαιάς ουσίας όχι μόνο στον αισθητικοκινητικό φλοιό αλλά και στις περιοχές που δεν συνδέονται άμεσα με το σημείο του τραυματισμού. Στις τελευταίες περιλαμβάνονται ο παρεγκεφαλιδικός φλοιός, ο διάμεσος προμετωπιαίος φλοιός και οι πρόσθιες περιοχές του φλοιού του προσαγωγίου που είναι κρίσιμες για την επεξεργασία των σχετικών με τα συναισθήματα πληροφοριών ή τη διαμόρφωση των καταστάσεων συγκέντρωσης [140, 141].

4. Φυσικοθεραπευτικά Μέσα & Τεχνικές Αποκατάστασης

Οι βλάβες Ν.Μ έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής, στο προσδόκιμο ζωής και στην οικονομική επιβάρυνση, με σημαντικό κόστος που σχετίζεται με την πρωτοβάθμια περίθαλψη και την απώλεια εισοδήματος. Ενώ η πιο προφανής συνέπεια της βλάβης του Ν.Μ. είναι η παράλυση, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, υπάρχουν πολύ ευρύτερες συνέπειες για πολλές συστήματα του οργανισμού, όπως το ουροποιητικό, το γαστρεντερικό, το αναπνευστικό, το καρδιαγγειακό και το αναπαραγωγικό, καθώς και κοινωνικές, οικονομικές και ψυχολογικές επιπτώσεις [142].

Ένα ευρύ φάσμα θεραπευτικών παρεμβάσεων χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση των τραυματισμών του νωτιαίου μυελού. Οι φυσικοθεραπευτές αντιμετωπίζουν μια σειρά από διαφορετικά προβλήματα που σχετίζονται με την κάκωση του νωτιαίου μυελού και αυτά αφορούν πολλά συστήματα του σώματος, παρόλο που η υποκείμενη παθολογία είναι νευρολογικής φύσης. Αυτή η ενότητα παρέχει μια σύντομη επισκόπηση ορισμένων θεραπευτικών προσεγγίσεων και των αρχών της φυσικοθεραπευτικής αποκατάστασης για άτομα με βλάβη του Ν.Μ. και των δεδομένων που στηρίζουν την αποτελεσματικότητα των συνήθως χρησιμοποιούμενων φυσικοθεραπευτικών παρεμβάσεων.

4.1. Τοποθέτηση-Αλλαγή θέσης

Οι ασθενείς θα πρέπει να λαμβάνουν εξατομικευμένα σχέδια διαχείρισης της τοποθέτησης και της πρώιμης κινητοποίησης το συντομότερο δυνατό μετά από μια βλάβη Ν.Μ., ώστε να προλαμβάνονται οι επιπλοκές και να προάγεται η λειτουργικότητα. Στόχος είναι η μείωση των επιδράσεων της βαρύτητας στον άλφα κινητικό νευρώνα και κατά συνέπεια στην αναστολή του μυϊκού τόνου αλλά και στην αποφυγή παρατεταμένων και ανισοκατανεμημένων πιέσεων προς αποφυγή κατακλίσεων. Η χαλάρωση που επιτυγχάνεται με αυτή την τεχνική δεν είναι μόνιμη και, εκτός αν πραγματοποιηθεί κινητική μάθηση ή προσαρμογή του κεντρικού Ν.Σ., είναι αναστρέψιμη. Ο μυϊκός τόνος μπορεί να επηρεαστεί από την αυτογενή αναστολή, την αμφίπλευρη νεύρωση, τις λαβυρινθικές ή σωματοαισθητηριακές επιδράσεις και την παρεγκεφαλιδική λειτουργία. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι απαιτείται η ενεργός συμμετοχή του ασθενούς για να συμβούν οι αλλαγές στο ΚΝΣ και να λάβει χώρα η κινητική μάθηση. Η τοποθέτηση χρησιμοποιείται ευρέως για την πρόληψη της ανάπτυξης σύσπασης και την αποθάρρυνση της ανεπιθύμητης αντανakλαστικής δραστηριότητας. Μετά από μια βλάβη του Ν.Μ., οι μύες μπορεί να επηρεαστούν με διάφορους τρόπους, προκαλώντας πόνο, σπαστικότητα και προβλήματα με την ταχύτητα και το εύρος της κίνησης. Ένας τρόπος για να ελαχιστοποιηθούν αυτές οι επιπτώσεις είναι η σωστή στήριξη, τοποθέτηση και ευθυγράμμιση του σώματος. Η σωστή τοποθέτηση μπορεί να είναι χρήσιμη για την ελαχιστοποίηση ή την πρόληψη του πόνου και της δυσκαμψίας που συνήθως παρουσιάζονται μετά την αναπηρία. Μπορεί επίσης να ανακτήσει την κίνηση που είχε χαθεί ή να περιορίσει μελλοντικά προβλήματα με την κίνηση. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η σωστή τοποθέτηση αυξάνει την επίγνωση και την εξασφάλιση της ασθενέστερης πλευράς του σώματος.

Αν και δεν υπάρχει σαφής βέλτιστη θέση ή συχνότητα στροφής στο κρεβάτι, τα στοιχεία δείχνουν ότι πρέπει να αποφεύγεται η πλάγια θέση 90° λόγω των υψηλών πιέσεων και του κινδύνου κατακλίσεων πάνω από τους τροχαντήρες. Κατά την καθιστή θέση, οι πιέσεις

αναδιανέμονται γραμμικά από την περιοχή του καθίσματος κατά την ανάκλιση και την κλίση ολόκληρου του σώματος, ωστόσο, η ανάκλιση ενέχει αυξημένο κίνδυνο διατμητικών δυνάμεων στο δέρμα. Τα δεδομένα δεν υποστηρίζουν οριστικές κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τις τεχνικές τοποθέτησης ή επανατοποθέτησης για την πρόληψη των κατακλίσεων στο κρεβάτι ή κατά την καθιστή θέση. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος κατακλίσεων είναι ιδιαίτερα εξατομικευμένος, με τους ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. να διατρέχει υψηλότερο κίνδυνο, γεγονός που απαιτεί ευέλικτες στρατηγικές πρόληψης των κατακλίσεων για την τοποθέτηση στο κρεβάτι/κάθισμα και τεχνικές ανακούφισης από την πίεση [143].

4.2. Διατάσεις

Οι διατάσεις διακρίνονται, αναλόγως της συμμετοχής του ασθενούς, σε παθητικές και ενεργητικές

4.2.1. Παθητικές Διατάσεις

Οι παθητικές διατάσεις μπορεί να είναι γρήγορες/σύντομες με στόχο την ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανταστικού του αδύναμου μυ καθώς και την χαλάρωση του βραχυμένου μυ ή αργές/παρατεταμένες με στόχο την αύξηση του μήκους και την μείωση του τόνου του βραχυμένου/υπερτονικού/σπαστικού μυ. Παρατεταμένες διατάσεις μπορούν να επιτευχθούν και με νάρθηκες ή κηδεμόνες [144].

Όταν εξετάζουμε τη χρήση της διάτασης για την ομαλοποίηση του τόνου και τη διατήρηση του μήκους των μαλακών μορίων, συνήθως χρησιμοποιούμε μια αργή/παρατεταμένη διάταση για να διατηρήσουμε ή να αποτρέψουμε την απώλεια του εύρους κίνησης. Αν και τα αποτελέσματα δεν είναι απολύτως σαφή, η παρατεταμένη διάταση προκαλεί αναστολή των μυϊκών συσπάσεων που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του αυξημένου τόνου [145].

4.2.2. Ενεργητικές Διατάσεις

Οι ενεργητικές διατάσεις χωρίς την χρήση μηχανισμών μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: Στατικές, δυναμικές και προ-συσπαστικές διατάσεις. Ο παραδοσιακός και πιο συνηθισμένος τύπος είναι οι στατικές διατάσεις, όπου μια συγκεκριμένη θέση διατηρείται με τον μυ σε τάση μέχρι ενός σημείου αίσθησης διάτασης και επαναλαμβάνεται. Αυτό μπορεί να εκτελεστεί με την βοήθεια ενός συνεργάτη ή ενεργητικά από τον ασθενή. Υπάρχουν 2 τύποι δυναμικών διατάσεων: ενεργητικές και βαλλιστικές διατάσεις. Η ενεργητική διάταση περιλαμβάνει γενικά την κίνηση ενός άκρου σε όλο το εύρος της κίνησής του μέχρι τα τελικά εύρη και την επανάληψη αρκετές φορές. Η βαλλιστική διάταση περιλαμβάνει γρήγορες, εναλλασσόμενες κινήσεις ή "αναπήδηση" στο τελικό εύρος της κίνησης- ωστόσο, λόγω του αυξημένου κινδύνου τραυματισμού, η βαλλιστική διάταση δεν συνιστάται πλέον [146]. Η προ-συσπαστική διάταση περιλαμβάνει μια σύσπαση του μυός που τεντώνεται ή του ανταγωνιστή του πριν από τη διάταση. Ο πιο συνηθισμένος τύπος διάτασης πριν από τη σύσπαση είναι η διάταση ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (PNF). Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι διάτασης PNF, όπως η "σύσπαση-χαλάρωση", η "παραμονή-χαλάρωση" και η "σύσπαση-χαλάρωση αγωνιστή". Αυτές εκτελούνται γενικά με το να έχει ο ασθενής τη σύσπαση του μυός που

χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της τεχνικής στο 75 έως 100% της μέγιστης σύσπασης, να την κρατάει για 10 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια να χαλαρώνει. Η αντίσταση μπορεί να παρέχεται από έναν θεραπευτή ή με μια ελαστική ζώνη ή ιμάντα. Άλλοι δυο τύποι προ-συσπαστικής διάτασης είναι η "μετα-ισομετρική χαλάρωση" που χρησιμοποιεί ένα πολύ μικρότερο ποσό μυϊκής συστολής (25%) που ακολουθείται από μια διάταση και η "διάταση μετά τη σύσπαση" που είναι μια τεχνική που αναπτύχθηκε από τον Dr. Vladimir Janda και περιλαμβάνει μια μέγιστη συστολή του μυός στο μέσο της διαδρομής με μια γρήγορη κίνηση στο μέγιστο μήκος που ακολουθείται από μια στατική διάταση 15 δευτερολέπτων [147].

4.2.3. Ορθοστάτιση (παθητική)

Επιτυγχάνεται με κρεβάτι ανάκλισης ή με κηδεμόνες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μείωση της σπαστικότητας των κάτω άκρων λόγω της φόρτισης, για διάταση (παρατεταμένη) των μυών των κάτω άκρων που σχετίζονται με παθολογικά καμπτικά πρότυπα, για φλεβική, μυϊκή επανεκπαίδευση στην όρθια θέση και μείωση της απώλειας της οστικής πυκνότητας [148].

4.2.4. Ναρθηκοποίηση

Οι νάρθηκες και τα εκμαγεία είναι εξωτερικές συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για να εφαρμόζουν, να διανέμουν ή να αφαιρούν δυνάμεις στο σώμα ή από το σώμα με ελεγχόμενο τρόπο, ώστε να επιτελούν τις βασικές λειτουργίες του ελέγχου της κίνησης του σώματος και της μεταβολής ή της πρόληψης αλλαγής της μορφής των ιστών του σώματος. Οι νάρθηκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ήπιας, μεγάλης διάρκειας διάτασης, αν και δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να υποστηρίζουν τα οφέλη αυτής της πρακτικής. Ένα ευρύ φάσμα ναρθήκων έχει χρησιμοποιηθεί για να επηρεάσει το οίδημα, τη στάση ηρεμίας, τη σπαστικότητα, το ενεργητικό και το παθητικό εύρος κίνησης [149, 150].

4.3. Δόνηση

Η μυϊκή δόνηση έχει χρησιμοποιηθεί ως τεχνική για τη μείωση του μυϊκού τόνου και της σπαστικότητας σε άτομα με νευρολογικές παθήσεις. Οι δονήσεις του μυός πιστεύεται ότι αυξάνουν τη διεγερσιμότητα του φλοιού του εγκεφάλου καθώς και την ανασταλτική νευρωνική δραστηριότητα στον ανταγωνιστικό μυ. Έχουν εντοπιστεί τρία κινητικά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται μέσω της μυϊκής δόνησης:

Διαρκής σύσπαση του δονούμενου μυός μέσω τονικού αντανakλαστικού δόνησης

Καταστολή των κινητικών νευρώνων που νευρώνουν τους ανταγωνιστικούς μύες μέσω αμοιβαίας αναστολής ή ανταγωνιστικής αναστολής

Καταστολή των μονοσυναπτικών αντανakλαστικών διάτασης του δονούμενου μυός κατά τη διάρκεια της δόνησης.

Το κατά πόσον η δόνηση έχει κάποια διαρκή επίδραση στον μυ βρίσκεται υπό διερεύνηση. Η μυϊκή δόνηση εφαρμόζεται, γενικά, απευθείας στον επιλεγμένο μυ ή τένοντα και μπορεί να εφαρμοστεί με δύο τρόπους:

4.3.1. Δόνηση υψηλής συχνότητας

Η δόνηση υψηλής συχνότητας οδηγείται από δονητή που λειτουργεί ιδανικά σε συχνότητα 100 - 200 Hz και σε ένταση ρεύματος 1 - 2 mA. Αυτός ο τύπος δόνησης παράγει διευκόλυνση της μυϊκής συστολής μέσω του λεγόμενου τονικού αντανάκλαστικού δόνησης. Αυτό το διευκολυντικό αποτέλεσμα διατηρείται για σύντομο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή. Ως εκ τούτου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διέγερση μυών των οποίων η κύρια λειτουργία είναι αυτή της τονικής συγκράτησης [151]. Έχει αναφερθεί σημαντική μείωση της σπαστικότητας μετά από δονητική διέγερση του πέους στα 100 Hz σε ασθενείς με βλάβη N.M. Παρατηρήθηκε βελτίωση της σπαστικότητας στα κάτω άκρα έως και 3 ώρες [152]. Επιπλέον, αναφέρθηκε μείωση της συχνότητας του κλώνου και του σπασμού των κάτω άκρων, εκτός από τη βελτίωση της σπαστικότητας, σε ασθενείς με βλάβη N.M. μετά από δονητική διέγερση πέους [153].

4.3.2. Δόνηση χαμηλής συχνότητας

Η διέγερση χαμηλής συχνότητας που λαμβάνει χώρα μεταξύ 5 -50 Hz έχει ανασταλτικό αποτέλεσμα στον μυ μέσω της ενεργοποίησης των δευτερευουσών απολήξεων της ατράκτου και των τενόντιων οργάνων Golgi [151]. Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της σπαστικότητας σε ασθενείς με βλάβη N.M. με δονητική διέγερση στα 50Hz που εφαρμόστηκε στον τετρακέφαλο μυ επί 10 λεπτά, επιπλέον της μείωσης του πλάτους H_{max} (αναλογία H_{max}/M_{max}) του πελματιαίου μυός και του αντανάκλαστικού του αχίλλειου τένοντα [154]. Η εφαρμογή δόνησης στον αχίλλειο τένοντα, αναφέρθηκε ότι προάγει τη μείωση της ακούσιας δραστηριότητας στους μύες πελματιαίο, πρόσθιο κνημιαίο και γαστροκνήμιο που προκαλείται από ηλεκτρική διέγερση χωρίς καμία αλλαγή στο αντανάκλαστικό των οπίσθιων μηριαίων σε ασθενείς με βλάβη N.M. Η καταστολή του ηλεκτρομυογραφήματος (ΗΜΓ) σε αυτούς τους μύες αποδόθηκε στις δονητικές επιδράσεις στις καμπτικές αντανάκλαστικές οδούς μέσω ανασταλτικών ενδονευρώνων στο ραχιαίο κέρα, περισσότερο από τις Ia νευρικές ίνες [155]. Επιπλέον, παρατηρήθηκε, σε τετραπληγικούς ασθενείς, αύξηση των μέγιστων ισομετρικών συστολών στον τρικέφαλο βραχιόνιο, ενώ στον ίδιο μυ εφαρμόστηκαν δονητικά ερεθίσματα στα 80Hz [156].

4.4. Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία

Η αναπνευστική φυσικοθεραπεία ξεκινάει στον ασθενή με βλάβη N.M. από την Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (Μ.Ε.Θ.) και συνεχίζει και στο στάδιο της αποκατάστασης. Τελευταία, εφαρμόζεται όλο και περισσότερο ο βηματοδότης διαφράγματος ο οποίος αποτρέπει την αμυοτροφία του συγκεκριμένου μυ και βελτιώνει τις πιθανότητες αφαίρεσης της αναπνευστικής υποστήριξης από μηχανήματα. Κρίνεται συνήθως απαραίτητος σε ασθενείς με επίπεδα βλάβης στην Α.Μ.Σ.Σ. αλλά και σε κατώτερα επίπεδα εάν δεν επιτευχθεί αυτόνομη αναπνοή. Παράλληλα, στο στάδιο της αποκατάστασης γίνεται προπόνηση αναπνευστικής δύναμης, υποβοηθούμενος βήχας, παροχέτευση και

κατάλληλη τοποθέτηση καθώς και ειδική προπόνηση ενδυνάμωσης των επικουρικών εισπνευστικών μυών. Ταυτόχρονα με την αναπνευστική επανεκπαίδευση, γίνεται επαναξιολόγηση και ρύθμιση του βηματοδότη διαφράγματος [157].

4.5. Καρδιαγγειακή Φυσικοθεραπεία

Η καρδιαγγειακή Φυσικοθεραπεία αφορά την βελτίωση της χρήσης οξυγόνου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων των μυών του σώματος κατά τη διάρκεια της άσκησης και των καθημερινών λειτουργικών δραστηριοτήτων ενός ασθενή με βλάβη Ν.Μ.. Συνδέεται με άσκηση μεγαλύτερης διάρκειας κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης προπονητικής περιόδου, συχνά με σταθερό ρυθμό. Η τακτική καρδιαγγειακή προπόνηση έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την καρδιαγγειακή λειτουργία, την αερόβια ικανότητα και την ανοχή στην άσκηση σε άτομα με τραυματισμό του νωτιαίου μυελού, με αποτέλεσμα συχνά τη βελτίωση της ανεξαρτησίας στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Η καρδιαγγειακή ικανότητα ορίζεται ως "η ικανότητα της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων να παρέχουν θρεπτικά συστατικά και οξυγόνο στους ιστούς, συμπεριλαμβανομένων των μυών, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης"[158].

4.5.1. Αξιολόγηση της Καρδιαγγειακής Ικανότητας

Η αξιολόγηση της καρδιαγγειακής ικανότητας είναι απαραίτητη για τον άμεσο προσδιορισμό των εντάσεων προπόνησης ή φυσικής κατάστασης που απαιτούνται για την επίτευξη βελτιώσεων στην καρδιαγγειακή και καρδιομεταβολική υγεία ενός εκπαιδευμένου ατόμου. Η εργαστηριακή αξιολόγηση με βάση τις προδιαγραφές (π.χ. με εργόμετρο, στροφαλοφόρο βραχίονα, διάδρομο αναπηρικού αμαξιδίου) γίνεται όλο και πιο συνηθισμένη, ιδίως στον πρωταθλητισμό. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών από μόνα τους δεν παρέχουν μια πλήρη εικόνα. Είναι υψίστης σημασίας να αξιολογηθεί πρώτα η καρδιαγγειακή ικανότητα υπό αναπαραγώγιμες συνθήκες δοκιμών, συμπεριλαμβανομένης της τυποποίησης του εξοπλισμού, των περιορισμών που χρησιμοποιούνται και της θέσης για τη δοκιμή. Επειδή η έντονη άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε καρδιαγγειακό επεισόδιο, οι φυσιοθεραπευτές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τις προφυλάξεις κατά τη διενέργεια μιας αξιολόγησης.

Πριν από την ολοκλήρωση οποιασδήποτε δοκιμασίας μέγιστης άσκησης, ο φυσιοθεραπευτής θα πρέπει να λάβει λεπτομερές ιατρικό και χειρουργικό ιστορικό για να εντοπίσει τις ενδείξεις για μια δοκιμασία άσκησης και να προσδιορίσει τυχόν υποκείμενες καταστάσεις. Αυτές περιλαμβάνουν: καρδιαγγειακή, πνευμονική, μυοσκελετική ή νευρολογική δυσλειτουργία, παρουσία διαβήτη, υπέρτασης, καρδιακής ανακοπής που απαιτεί βηματοδότη, αναιμία, δυσλειτουργία του θυρεοειδούς, παχυσαρκία, παραμόρφωση, ίλιγγο ή μειωμένη γνωστική λειτουργία. Είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζει κανείς κάθε φαρμακευτική αγωγή που μπορεί να επηρεάσει τις διαδικασίες της εξέτασης και την ανταπόκριση στην άσκηση [159, 160].

4.5.1.1. Δοκιμή μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου/ Peak Oxygen Consumption (VO₂ Peak)

Η δοκιμασία μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO₂ Peak), ισοδύναμη με τη δοκιμασία VO₂ Max σε άτομα χωρίς αναπηρία, μετρά τη μέγιστη ικανότητα του σώματος να παρέχει

οξυγόνο από τους πνεύμονες στα μιτοχόνδρια των μυών που ασκούνται, μέσω της συλλογής εκπνεόμενων αερίων. Είναι ο πιο ακριβής τρόπος αξιολόγησης της καρδιαγγειακής ικανότητας σε βλάβες N.M. [161]. Ο ορισμός αυτός αντικατοπτρίζει έναν χαμηλότερο μέγιστο ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου κατά τη διάρκεια ασκήσεων με τα άνω άκρα σε σύγκριση με τις ασκήσεις των κάτω άκρων. Οφείλεται στη χαμηλότερη πρόσληψη οξυγόνου από μικρότερες μυϊκές ομάδες και στην κυκλοφορική συμβολή της άσκησης των άνω άκρων [162].

Η δοκιμή μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου πραγματοποιείται με τη χρήση εργομετρικού ποδηλάτου, χειροκίνητης προώθησης αναπηρικό αμαξίδιο και χειροκίνητο ποδηλάτο σε εργομετρικό ή ηλεκτροκίνητο διάδρομο. Οι εντάσεις της άσκησης αυξάνονται σταδιακά έως την εξάντληση. Τα σημεία εκκίνησης για το εργομετρικό άνω άκρων ποικίλλουν ανάλογα με το επίπεδο της βλάβης του N.M. και το επίπεδο της φυσικής κατάστασης. Η απόδοση ισχύος μπορεί να ρυθμιστεί με την αλλαγή της ταχύτητας στροφάλου και/ή της εξωτερικά εφαρμοζόμενης αντίστασης.

Ενώ η μέτρηση της VO₂ Peak είναι η ενδεδειγμένη μέθοδος για την αξιολόγηση της ανταπόκρισης στην άσκηση για ένα άτομο με βλάβη N.M., χρησιμοποιείται σπάνια σε μονάδες μονάδες αποκατάστασης βλαβών N.M. λόγω της πολύπλοκης φύσης της δοκιμασίας.

4.5.1.2. Δοκιμές υπομέγιστης άσκησης

Οι δοκιμασίες υπομέγιστης άσκησης χρησιμοποιούνται συχνά για τη μέτρηση της ανταπόκρισης σε τυποποιημένες καθημερινές φυσικές δραστηριότητες σε άτομα με τραυματισμό του νωτιαίου μυελού. Αξιολογούν την προσαρμογή του συστήματος μεταφοράς οξυγόνου στην άσκηση κάτω από τη μέγιστη ένταση, έτσι ώστε το κύριο σύστημα ενέργειας που χρησιμοποιείται να είναι το αερόβιο [158].

Οι δοκιμασίες υπομέγιστης άσκησης γίνονται είτε με φορητά συστήματα ανάλυσης εκπνεόμενων αερίων που χρησιμοποιούνται στον παραολυμπιακό αθλητισμό υψηλών επιδόσεων είτε με μέτρηση του καρδιακού ρυθμού που χρησιμοποιείται σε μονάδες αποκατάστασης βλαβών N.M.

Η χρήση μετρήσεων καρδιακού ρυθμού δεν επιτρέπει, ωστόσο, στον αξιολογητή να εκτιμήσει τη VO₂ Peak. Βοηθά στην παρακολούθηση της ανταπόκρισης των ατόμων με βλάβη του N.M. στην προπόνηση. Οι βελτιώσεις στην καρδιαγγειακή ικανότητα υποδεικνύονται από τη μείωση του καρδιακού ρυθμού στην ίδιας έντασης προπόνηση ή από τη βελτίωση της αντίληψης του ασθενούς για την άσκηση όπως καταγράφεται στην κλίμακα Borg Exertion Scale [160, 162].

Υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα υπομέγιστης άσκησης, πολλά από τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες ατόμων με διάφορους λειτουργικούς περιορισμούς και βλάβες, συμπεριλαμβανομένου της βλάβης N.M.. Ένα τυπικό πρωτόκολλο για ασθενείς με βλάβη N.M. περιλαμβάνει 3 x 7 λεπτά άσκησης με ασκήσεις στο 40%, 60% και 80% της προβλεπόμενης μέγιστης ικανότητας άσκησης [162]. Η ικανότητα μετράται με τη διεξαγωγή ενός συνεχούς, διαβαθμισμένου πρωτοκόλλου στροφάλου βραχίονα. Τα προτεινόμενα πρωτόκολλα για άτομα με παραπληγία και τετραπληγία με υψηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης έχουν ως εξής:

Άτομα με παραπληγία με υψηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης: 7 λεπτά στα 40 Watt, 7 λεπτά στα 60 Watt και 7 λεπτά στα 80 Watt.

Άτομα με τετραπληγία: 7 λεπτά στα 20 Watts, 7 λεπτά στα 30 Watts και 7 λεπτά στα 40 Watts.

Ο στόχος της δοκιμασίας υπομέγιστης άσκησης είναι να καθοριστεί ένα επίπεδο δραστηριότητας που δεν παρέχει φυσιολογική ή εμβιομηχανική καταπόνηση σε ένα προπονημένο άτομο. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή της κατάλληλης δοκιμασίας περιλαμβάνουν τις πρωτογενείς και δευτερογενείς παθολογίες και πώς επηρεάζουν σωματικά την καθημερινή ζωή του ατόμου, την νοητική ικανότητα, την ηλικία, το βάρος, την διατροφική κατάσταση, την κινητικότητα, την χρήση βοηθημάτων βάδισης, την χρήση ορθωτικών εξαρτημάτων ή προθέσεων, το επίπεδο ανεξαρτησίας, την εργασία του ασθενούς, της συνθήκες που επικρατούν στην οικία του και τις προσωπικές ανάγκες και επιθυμίες.

Η δοκιμασία υπομέγιστης άσκησης ξεπερνά πολλούς από τους περιορισμούς της δοκιμασίας μέγιστης άσκησης. Φαίνεται ότι έχουν μεγαλύτερη εφαρμογή στους φυσιοθεραπευτές στο ρόλο τους ως ειδικοί στην κλινική άσκηση και είναι πολύ πιο εύκολο να εφαρμοστούν σε μια μονάδα βλάβης N.M. και σε ένα περιβάλλον αποκατάστασης [160].

Νέα στοιχεία δείχνουν επίσης ότι σε άτομα με υψηλό επίπεδο βλάβης N.M., η μέγιστη καρδιακή συχνότητα και η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα που επιτεύχθηκαν κατά τη διάρκεια της μέγιστης κλιμακούμενης εργαστηριακής άσκησης σε αναπηρικό αμαξίδιο σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο ήταν χαμηλότερες από εκείνες που επιτεύχθηκαν κατά τη διάρκεια της μέγιστης άσκησης στο πεδίο σε εξαιρετικά προπονημένους αθλητές αμερικανικού ποδοσφαίρου σε αναπηρικό αμαξίδιο. Αυτό υποδηλώνει ότι η δοκιμασία κλιμακούμενης άσκησης στο εργαστήριο δεν προκαλεί τις πραγματικές μέγιστες καρδιομεταβολικές αποκρίσεις σε αθλητές αμερικανικού ποδοσφαίρου σε αναπηρικό αμαξίδιο υψηλής προπόνησης με υψηλό επίπεδο βλάβης N.M.. Οι δοκιμασίες άσκησης στο πεδίο μπορεί να δίνουν καλύτερη ένδειξη της μέγιστης απόδοσης [163].

4.5.1.3. Δοκιμές άσκησης επί του πεδίου

Οι δοκιμασίες άσκησης επί του πεδίου μετρούν τη φυσιολογική λειτουργία που παράγεται ενώ ένας αθλητής εκτελεί μια προσομοιωμένη αθλητική κατάσταση. Συχνά θεωρείται ότι δεν είναι τόσο αξιόπιστες όσο οι εργαστηριακές δοκιμασίες, αλλά έχουν μεγαλύτερη εγκυρότητα λόγω μεγαλύτερης εξειδίκευσης. Οι δοκιμές πεδίου μπορούν να γίνουν είτε με βάση το χρόνο- μετρήσεις της διανυόμενης απόστασης σε καθορισμένο χρονικό διάστημα, π.χ. τυποποιημένη δοκιμασία ώθησης 12 λεπτών, είτε με μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για τη συμπλήρωση μιας συγκεκριμένης απόστασης, π.χ. χρόνος για 1 χλμ.

4.5.1.4. Επιπτώσεις στην αποκατάσταση

Η χρήση τακτικών δοκιμών της καρδιαγγειακής ικανότητας κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης της βλάβης του N.M. επιτρέπει στον φυσιοθεραπευτή να παρακολουθεί τον αντίκτυπο των παρεμβάσεων αποκατάστασης σε ατομικό επίπεδο. Η κλιμακούμενη εργομετρική δοκιμασία του άνω άκρου με μικρές αυξήσεις ανά φάση αποκατάστασης είναι το καλύτερο μέσο αξιολόγησης της μέγιστης καρδιαγγειακής ικανότητας για άτομα με

βλάβη N.M.. Μια υπομέγιστη εργομετρική δοκιμασία σε αναπηρικό αμαξίδιο είναι το μέσο επιλογής για την αξιολόγηση της λειτουργικότητας της καθημερινής ζωής. Η συστηματική αναφορά από τους ερευνητές σχετικά με τον τερματισμό της δοκιμασίας, τα κριτήρια μέγιστων αποτελεσμάτων και τα ανεπιθύμητα συμβάντα είναι σημαντικά για την ενίσχυση της συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων [159]

4.5.2. Ανταπόκριση στην καρδιαγγειακή φυσικοθεραπεία/ προπόνηση

Η ανταπόκριση στην προπόνηση καρδιαγγειακής φυσικής κατάστασης επηρεάζεται από το επίπεδο βλάβης του N.M., την πληρότητά του και την έκταση της βλάβης. Τα άτομα με ατελή βλάβη, ιδίως εκείνα που μπορούν να βαδίζουν και έχουν κάποια χρήση των κάτω άκρων κατά τη διάρκεια της άσκησης, ανταποκρίνονται στην άσκηση με παρόμοιο τρόπο με τα άτομα χωρίς βλάβη. Τα άτομα με πλήρη βλάβη στην ΑΜΣΣ ή τραυματισμό σε ανώτερο επίπεδο της ΘΜΣΣ έχουν σημαντικά διαφορετική ανταπόκριση λόγω της εξάρτησης από τη δραστηριότητα των άνω άκρων, της παράλυσης των κάτω άκρων και της απώλειας του υπερσπονδυλικού συμπαθητικού νευρικού ελέγχου. Το τελευταίο επηρεάζει αρνητικά την καρδιακή παροχή και το αρτηριοφλεβικό οξυγόνο που είναι οι δύο συνιστώσες της VO_2 Peak, βάση της αρχής του Fick που συνοψίζει τη σχέση μεταξύ της καρδιακής παροχής, της αρτηριοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου και της VO_2 Peak:

$VO_2 \text{ Peak} = \text{καρδιακή παροχή (Q)} \times (\text{διαφορά } a-vO_2)$ [162, 164].

4.5.2.1. Καρδιακή παροχή

Η καρδιακή παροχή (Q) ορίζεται ως η ποσότητα αίματος που αντλείται ανά λεπτό από την αριστερή κοιλία της καρδιάς. Εκφράζεται σε λίτρα/λεπτό:

Καρδιακή παροχή (Q) = Καρδιακή συχνότητα (HR) x όγκος παλμού (SV)

4.5.2.2. Συχνότητα καρδιακών παλμών/ Heart Rate (HR)

Ο καρδιακός ρυθμός καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ του συμπαθητικού ελέγχου της καρδιάς μέσω των νευρικών ριζών Θ1 - Θ4 που αυξάνουν τον καρδιακό ρυθμό και του παρασυμπαθητικού ελέγχου μέσω του πνευμονογαστρικού νεύρου που μειώνει τον καρδιακό ρυθμό. Η καρδιά χτυπάει με 70 - 80 παλμούς ανά λεπτό. Αυτός είναι ο εγγενής ρυθμός πυροδότησης του φλεβοκομβικού κόμβου στην καρδιά, χωρίς αυξημένη επίδραση είτε από το συμπαθητικό είτε από το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα.

Φυσιολογικά κατά τη διάρκεια της άσκησης σε άτομα χωρίς αναπηρία ο καρδιακός ρυθμός αυξάνεται ως αποτέλεσμα της μειωμένης δραστηριότητας των πνευμονογαστρικών νεύρων και της αυξημένης δραστηριότητας του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, με μέγιστους καρδιακούς ρυθμούς μεταξύ 200 - 220 χτύπων [162].

Σε βλάβες του N.M. μεταξύ Θ1 - Θ4 υπάρχει μερική απώλεια του υπερσπονδυλικού συμπαθητικού ελέγχου της καρδιάς, με αυξήσεις του καρδιακού ρυθμού να συμβαίνουν κυρίως ως αποτέλεσμα της απόσυρσης της διεγερτικής εισόδου από το κολπικό νεύρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερους μέγιστους καρδιακούς παλμούς μεταξύ 110 - 130 [162, 164].

Σε βλάβες του Ν.Μ. άνω του Θ1, υπάρχει πλήρης απώλεια του υπερσπονδυλικού συμπαθητικού ελέγχου της καρδιάς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του καρδιακού ρυθμού λόγω της απόσυρσης της διεγερτικής εισόδου από το κολπικό νεύρο. Στα άτομα με τετραπληγία, ο καρδιακός ρυθμός δεν μπορεί να αυξηθεί πέρα από τον φυσικό ρυθμό της καρδιάς. Ως αποτέλεσμα, ο καρδιακός ρυθμός δεν μπορεί να θεωρηθεί ο καλύτερος δείκτης της επίδρασης της προπόνησης σε άτομα με τετραπληγία [164].

4.5.2.3. Όγκος καρδιακού παλμού

Ο όγκος του καρδιακού παλμού είναι ο όγκος του αίματος που εκτοξεύεται σε κάθε κτύπημα της καρδιάς κατά τη διάρκεια της συστολής. Ο τυπικός όγκος καρδιακού παλμού σε άτομα χωρίς αναπηρία είναι 70 ml σε κατάσταση ηρεμίας, ο οποίος αυξάνεται στο μέγιστο των 120 ml κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης ως προσαρμογή στην καρδιαγγειακή προπόνηση.

Σε άτομα με βλάβη του Ν.Μ., ο μέγιστος όγκος καρδιακού παλμού και η καρδιακή παροχή μειώνονται λόγω της απώλειας του υπερσπονδυλικού συμπαθητικού ελέγχου κάτω από το επίπεδο του τραυματισμού και της χρήσης μόνο των άνω άκρων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτοί οι παράγοντες βλάπτουν τη φλεβική επιστροφή: τη φλεβική συγκέντρωση με τη μειωμένη επιστροφή οξυγόνου από τα κάτω άκρα και τις μειωμένες ενδοθωρακικές μυϊκές αντλίες και τη συσταλτικότητα, που σημαίνει ότι λιγότερο αίμα επιστρέφει στην καρδιά με κάθε χτύπο [162]

4.5.2.4. Αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου

Η αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου μετρά την ποσότητα οξυγόνου του αίματος που προσλαμβάνεται από τους ιστούς. Η καρδιακή παροχή και η αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου είναι οι καθοριστικοί παράγοντες της συνολικής πρόσληψης οξυγόνου. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η ροή του αίματος προς τους ιστούς αυξάνεται- η αιμοσφαιρίνη διαχωρίζεται ταχύτερα και εμφανίζεται υψηλότερη αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου. Στους προπονημένους αθλητές, η αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου αυξάνεται ως αποτέλεσμα του ότι οι ιστοί γίνονται πιο αποτελεσματικοί στην πρόσληψη οξυγόνου με την αερόβια προπόνηση [165]. Το μέγεθος της ασκούμενης μυϊκής μάζας είναι ο σημαντικότερος καθοριστικός παράγοντας της αρτηριοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε αθλητές χωρίς αναπηρία, όπου η VO_2 Max με την άσκηση των άνω άκρων είναι περίπου το 70% της VO_2 Max τους όταν ασκούνται με τα κάτω άκρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της μειωμένης ευκαιρίας, ανάγκης και ικανότητας εξαγωγής και αξιοποίησης του οξυγόνου με την άσκηση των άνω άκρων. Σε βλάβες του Ν.Μ., τα άτομα με τετραπληγία και μερική παράλυση στα άνω άκρα έχουν μικρότερη ενεργό μυϊκή μάζα από τα άτομα με παραπληγία. Ομοίως, τα άτομα με ατελή βλάβη έχουν μεγαλύτερη ενεργό μυϊκή μάζα από τα άτομα με πλήρη βλάβη στο ίδιο νευρολογικό επίπεδο. Η καρδιαγγειακή προπόνηση έχει την ικανότητα να αυξάνει την αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου μέσω της μυϊκής υπερτροφίας, με αποτέλεσμα την αύξηση της μυϊκής μάζας [162]. Η εξαγωγή οξυγόνου από τον ασκούμενο μυ είναι ο άλλος βασικός καθοριστικός παράγοντας της αρτηριοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου. Η εξαγωγή οξυγόνου καθορίζεται από παράγοντες όπως ο τύπος των μυϊκών ινών, η πυκνότητα των τριχοειδών αγγείων, η ρύθμιση της ροής του αίματος, το μέγεθος και ο αριθμός των μιτοχονδρίων και ο τύπος του μεταβολισμού. Αυτοί οι παράγοντες τείνουν να μην επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη βλάβη του

N.M., αν και η απώλεια του υπερσπονδυλικού συμπαθητικού ελέγχου μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα του οργανισμού να ανακατευθύνει το αίμα από μη απαραίτητα όργανα προς τους ασκούμενους μύες. Η αγγειοσύσπαση στα μη ουσιώδη όργανα εμφανίζεται ως αποτέλεσμα της συμπαθητικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης σε άτομα χωρίς αναπηρία, αυξάνοντας τη ροή του αίματος προς τους ασκούμενους μύες. Όταν αυτό δεν συμβαίνει επαρκώς σε άτομα με βλάβη του N.M., μπορεί να οδηγήσει σε υπόταση που προκαλείται από την άσκηση [162, 164].

Η αυξημένη ικανότητα των ασκούμενων μυών να εξαγάγουν οξυγόνο, και επομένως να διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην αύξηση της VO_2 Peak, είναι ένα από τα βασικά οφέλη της καρδιαγγειακής προπόνησης σε άτομα με βλάβη του N.M. (τόσο με τετραπληγία, όσο και με παραπληγία), καθώς καθυστερεί την έναρξη της μυϊκής κόπωσης και αυξάνει τη μέγιστη ικανότητα άσκησης [162].

4.5.3. Συνταγογράφηση Άσκησης

Διάφοροι εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί (π.χ. το Αμερικανικό Κολέγιο Αθλητιατρικής) παρέχουν στους γιατρούς και τους συναφείς επαγγελματίες υγείας κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τον τρόπο εξέτασης, αξιολόγησης και, κατά περίπτωση, συνταγογράφησης της άσκησης για διάφορες ομάδες πληθυσμού. Μια ομάδα με επικεφαλής την Dr. Kathleen Martin Ginis στο Πανεπιστήμιο της Βρετανικής Κολομβίας και την Dr. Victoria Goosey-Tolfrey στο Πανεπιστήμιο Loughborough του Ηνωμένου Βασιλείου ανέπτυξε πρόσφατα διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές για την άσκηση μετά από βλάβη του N.M., οι οποίες παρέχουν τα ελάχιστα όρια για τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και της μυϊκής δύναμης και για τη βελτίωση της καρδιομεταβολικής υγείας. Αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη συνταγογράφηση καρδιαγγειακής άσκησης για άτομα με βλάβη του N.M. [166].

Η ασφαλής και αποτελεσματική συνταγογράφηση άσκησης απαιτεί προσεκτική εξέταση της κατάστασης υγείας του ατόμου, της βασικής φυσικής κατάστασης, των στόχων και των προτιμήσεων άσκησης. Όταν εξετάζουν τη συνταγογράφηση άσκησης σε ένα άτομο με κάκωση του νωτιαίου μυελού, οι φυσικοθεραπευτές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το επίπεδο της νευρολογικής βλάβης λόγω των επιπτώσεών της στον τύπο της διαθέσιμης άσκησης και σε τυχόν τροποποιήσεις που απαιτούνται για την επιτυχή συμμετοχή στη θεραπεία. Τέτοιες τροποποιήσεις μπορεί να περιλαμβάνουν: σταθερότητα και ισορροπία του κορμού, χρήση βοηθημάτων πρόσδεσης και συγκράτησης και βοηθητικές συσκευές. Η αρχή SEXT (FITT) (Συχνότητα, Ένταση, Χρόνος και Τύπος (Frequency, Intensity, Time and Type) θα πρέπει να χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη, καθοδήγηση και παρακολούθηση της καρδιαγγειακής προπόνησης ώστε να διασφαλίζεται ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα άσκησης. Για όσους μόλις αρχίζουν να συμμετέχουν σε καρδιαγγειακή προπόνηση, θα πρέπει να ξεκινούν με μικρότερες δόσεις άσκησης και να αυξάνουν σταδιακά τη διάρκεια, τη συχνότητα και την ένταση [164].

4.5.3.1. Συχνότητα

Σύμφωνα με τις νέες Διεθνείς Οδηγίες για την άσκηση με βλάβη του N.M. του 2017 για τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας, οι ενήλικες με βλάβη του νωτιαίου μυελού θα πρέπει να κάνουν τουλάχιστον 2 συνεδρίες αερόβιας άσκησης την εβδομάδα

για αύξηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας ή 3 συνεδρίες αερόβιας άσκησης την εβδομάδα για βελτίωση της καρδιομεταβολικής υγείας.

Όσοι δεν ασκούνται ήδη, θα πρέπει να ξεκινήσουν με χαμηλότερη συχνότητα και να αυξήσουν σταδιακά τη συχνότητα ως πρόοδο προς την επίτευξη των κατευθυντήριων οδηγιών, αναγνωρίζοντας παράλληλα ότι η άσκηση κάτω από τα συνιστώμενα επίπεδα μπορεί να επιφέρει ή να μην επιφέρει μικρές αλλαγές στην καρδιοαναπνευστική ικανότητα [166].

4.5.3.2. Ένταση

Αυτή είναι μια εξαιρετικά σημαντική πτυχή της αρχής FITT και είναι ίσως ο πιο δύσκολος παράγοντας στην παρακολούθησή του, ιδιαίτερα σε άτομα με βλάβη του Ν.Μ.. Σε άτομα χωρίς αναπηρία, ο καρδιακός ρυθμός είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη μέτρηση της έντασης της καρδιοαναπνευστικής άσκησης, αλλά αυτό είναι λιγότερο αξιόπιστο για τα άτομα με βλάβη του Ν.Μ. που έχουν απώλεια του υπερσπονδυλικού συμπαθητικού ελέγχου [162, 164, 167].

Οι υποκειμενικές μετρήσεις της αερόβιας έντασης, όπως οι κλίμακες αξιολόγησης της αντιλαμβανόμενης άσκησης (Rating of Perceived Exertion Scales), προτείνονται ως η καταλληλότερη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κλινικό περιβάλλον για την παρακολούθηση της έντασης της προπόνησης. Ενώ επί του παρόντος δεν υπάρχουν μέτρια ή υψηλής ποιότητας στοιχεία για μια ισχυρή κλινική σύσταση για τη χρήση τους, υπάρχουν κάποια αναδυόμενα στοιχεία που προτείνουν τη χρήση της συνολικής κλίμακας RPE 6-20. Έτσι, οι τρέχουσες συστάσεις αναφέρουν ότι "η συνολική κλίμακα RPE 6-20 μπορεί προσωρινά να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και να αποτελέσει τη βάση για τη ρύθμιση της άσκησης του άνω μέρους του σώματος σε μέτρια έως έντονη ένταση σε ενήλικες με χρόνια βλάβη του Ν.Μ. που έχουν υψηλά επίπεδα φυσικής κατάστασης, έχουν εξοικειωθεί με το μέτρο και τους ζητείται η κλίμακα κατά τη διάρκεια της άσκησης" [167].

Σύμφωνα με τις νέες κατευθυντήριες οδηγίες άσκησης για ασθενείς με βλάβη του Ν.Μ., για τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας, οι ενήλικες με βλάβη του Ν.Μ. θα πρέπει να ασκούνται με μέτριας έως έντονης έντασης αερόβια άσκηση για την καρδιοαναπνευστική ικανότητα και την καρδιομεταβολική υγεία. Για όσους δεν γυμνάζονται ήδη, θα πρέπει να ξεκινούν με χαμηλότερη ένταση και να αυξάνουν σταδιακά την ένταση ως προοδευτική πορεία προς την επίτευξη των κατευθυντήριων οδηγιών, αναγνωρίζοντας ότι η άσκηση κάτω από τα συνιστώμενα επίπεδα μπορεί να επιφέρει ή να μην επιφέρει μικρές αλλαγές στην καρδιοαναπνευστική ικανότητα [166].

4.5.3.3. Τύπος

Αν και αρχικά μπορεί να φαίνεται περιοριστικό, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι άσκησης που είναι διαθέσιμοι για τα άτομα με βλάβη του Ν.Μ., όπως η πρόωση σε αναπηρικό αμαξίδιο (τυπικό αναπηρικό αμαξίδιο ή αγωνιστικό αναπηρικό αμαξίδιο), το χειροκίνητο ποδήλατο/εργόμετρο χειροκίνητου ποδηλάτου, το σκανδιναβικού σκι, η κωπηλασία, η κολύμβηση, η καθιστή αεροβική άσκηση και τα αθλήματα σε αναπηρικό αμαξίδιο, όπως η καλαθοσφαίριση σε αναπηρικό αμαξίδιο, το αμερικανικό ποδόσφαιρο σε αναπηρικό αμαξίδιο και η αντισφαίριση σε αναπηρικό αμαξίδιο. Ο κατάλληλος τύπος άσκησης θα εξαρτηθεί από τις ανάγκες του ατόμου και από το αν πρέπει να

παρακολουθείται η παραγωγή έργου. Τα εργομετρικά όργανα παρέχουν τα μέσα για την παρακολούθηση της άσκησης, τη βελτίωση της συνολικής καρδιαγγειακής κατάστασης και της ικανότητας άσκησης. Ωστόσο, τα οφέλη μπορεί να μην μπορούν να μεταφερθούν στην πρόωση με αναπηρικό αμαξίδιο, ιδίως κατά την πρώιμη αποκατάσταση μετά τη βλάβη, όπου το άτομο μπορεί να είναι σημαντικά αποδυναμωμένο. Τα ατομικά κίνητρα και η αφοσίωση σε ένα πρόγραμμα καρδιαγγειακής προπόνησης είναι σημαντικά και η ποικιλία στο πρόγραμμα προπόνησης μπορεί να είναι χρήσιμη για τη βελτίωση της αφοσίωσης. Τα προγράμματα καρδιαγγειακής προπόνησης πρέπει να εξισορροπούν τη συχνότητα, την ένταση και τη διάρκεια για μέγιστη αποτελεσματικότητα και ασφάλεια [162, 164].

4.5.4. Προπόνηση άνω άκρων

Η προπόνηση των άνω άκρων μπορεί να περιλαμβάνει μια ευρεία επιλογή δραστηριοτήτων άσκησης, όπως εργομετρικό με χειροκίνητο στρόφαλο, ποδήλατο με το χέρι, χιονοδρομία, κωπηλασία, κολύμβηση κ.ά., και μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του ατόμου. Μια ανασκόπηση του προγράμματος Spinal Cord Injury Research Evidence (SCIRE) περιέγραψε τα ακόλουθα σημαντικά στοιχεία που αποδεικνύουν ότι τα άτομα με βλάβη του Ν.Μ. μπορούν να βελτιώσουν την καρδιαγγειακή τους κατάσταση και τη φυσική τους ικανότητα εργασίας μέσω της αερόβιας προπόνησης των άνω άκρων [168].

Ποιο αναλυτικά η παραπάνω μελέτη έδειξε τα παρακάτω:

Η άσκηση έντονης έντασης (70% - 80% Συχνότητας Καρδιακών Παλμών Εφεδρείας (=Μέγιστη Συχνότητα Καρδιακών Παλμών - Συχνότητα Καρδιακών Παλμών Ανάπαυσης) (HR reserve (HR max - HR rest) οδηγεί σε μεγαλύτερη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας σε σχέση με την άσκηση μέτριας έντασης (50 - 60% HR reserve) [169].

Η μέτριας έντασης αερόβια προπόνηση άνω άκρων, που εκτελείται 20-60 λεπτά/ημέρα, τρεις ημέρες/εβδομάδα για τουλάχιστον 6-8 εβδομάδες, είναι αποτελεσματική στη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και της ανοχής στην άσκηση ατόμων με βλάβη του Ν.Μ. [170].

Η χειροκίνητη μανιβέλα έναντι φόρτου εργασίας που αντιστοιχεί στο 60% του επιτεύξιμου φόρτου εργασίας (W max), η οποία εκτελείται 3-5 ώρες/ημέρα για ένα έτος, αυξάνει το W max και τη VO₂ max [171].

Η άσκηση ποδηλασίας με το χέρι αυξάνει την απόδοση ισχύος, την κατανάλωση οξυγόνου και τη μυϊκή δύναμη σε άτομα με παραπληγία, αλλά όχι τετραπληγία, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης [172].

Η άσκηση ποδηλασίας με το χέρι αυξάνει την απόδοση ισχύος και την κατανάλωση οξυγόνου σε άτομα με τετραπληγία, αν και απαιτείται περαιτέρω έρευνα [173].

Το πρόγραμμα διαλειμματικής προπόνησης με άσκηση ποδηλασίας με το χέρι αυξάνει τη μέγιστη παραγωγή ισχύος και τη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου σε άτομα με παραπληγία και τετραπληγία [174].

Η ταχύτητα του αορτικού παλμικού κύματος είναι σημαντικά χαμηλότερη σε “ποδηλάτες” χειρός με βλάβη του Ν.Μ. σε σύγκριση με άτομα που κάνουν καθιστική ζωή με βλάβη του Ν.Μ. [175].

4.5.5. Προπόνηση Βάδισης σε Ηλεκτροκίνητο Διάδρομο

Η προπόνηση στον ηλεκτροκίνητο διάδρομο χρησιμοποιείται συχνότερα κατά τη φάση της αποκατάστασης μετά από βλάβη του Ν.Μ., σε άτομα με ατελή βλάβη του Ν.Μ. [176]. Στην ανασκόπηση SCIRE, παρουσιάζεται ο ακόλουθος αυξανόμενος κατάλογος αποδεικτικών στοιχείων για την προπόνηση στον ηλεκτροκίνητο διάδρομο με υποστήριξη σωματικού βάρους (BWSTT) για τη βελτίωση των δεικτών καρδιαγγειακής υγείας σε άτομα με πλήρη και ατελή βλάβη του Ν.Μ. [168]:

Η καρδιακή ρύθμιση από το αυτόνομο νευρικό σύστημα βελτιώνεται σε άτομα με τετραπληγία και παραπληγία με την BWSTT [177].

Οι ασκήσεις ορθοστάτησης και βάδισης με την BWSTT μπορούν να αυξήσουν τα επίπεδα της $VO_2 \max$ και της καρδιακής συχνότητας σε άτομα με βλάβη του Ν.Μ. [178].

Η προπόνηση βάδισης με νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση (FES) μπορεί να αυξήσει τις μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές αποδόσεις σε άτομα με πλήρη τετραπληγία [179].

Η αρτηριακή προσαρμοστικότητα βελτιώνεται με την BWSTT σε άτομα με κινητικά πλήρη βλάβη του Ν.Μ. [180].

Η καρδιακή συχνότητα κατά την άσκηση βάδισης μειώθηκε μετά από 8 εβδομάδες υποβρύχιας προπόνησης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο [181].

Η BWSTT αυξάνει τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και τον καρδιακό ρυθμό και μειώνει το δυναμικό κόστος οξυγόνου (δλδ. Την ποσότητα οξυγόνου που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την ίδια την αναπνοή) για άτομα με τραυματισμό του νωτιαίου μυελού [182, 183].

4.5.6. Λειτουργική Ηλεκτρική Διέγερση/ Functional Electrical Stimulation (F.E.S.)

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η χρήση της προπόνησης Λειτουργικής Ηλεκτρικής Διέγερσης (FES) μπορεί να βελτιώσει τη μυϊκή αντοχή, τον οξειδωτικό μεταβολισμό, την αντοχή στην άσκηση και την καρδιαγγειακή ικανότητα [167, 168]:

Η χειροκίνητη “ποδηλασία” έχει ευεργετικές επιδράσεις στους παράγοντες του μεταβολικού συνδρόμου, στη φλεγμονώδη κατάσταση και στη σπλαχνική παχυσαρκία [184].

Η άσκηση με μανιβέλα άνω άκρων, υποβοηθούμενη από FES αυξάνει τη μέγιστη παραγωγή ισχύος και μπορεί να αυξήσει την πρόσληψη οξυγόνου [185].

Μειωμένη συσσώρευση αιμοπεταλίων και πήξη του αίματος εμφανίζεται μετά από εργομετρική ποδηλασία με FES σε άτομα με βλάβη του Ν.Μ. [186].

Η καρδιακή λειτουργία κατά την άσκηση βελτιώνεται με την προπόνηση FES σε άτομα με βλάβη του Ν.Μ. [187–189].

Η προπόνηση FES τουλάχιστον τρεις ημέρες την εβδομάδα για δύο μήνες μπορεί να είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση της μυοσκελετικής ικανότητας, της οξειδωτικής ικανότητας των μυών, της αντοχής στην άσκηση και της καρδιαγγειακής ικανότητας [172, 190–196].

Ο μεταβολικός ρυθμός, ο καρδιακός ρυθμός και τα επίπεδα αερισμού είναι υψηλότερα κατά την υβριδική ποδηλασία από ό,τι κατά την “ποδηλασία” με το χέρι [197].

4.6. Κινητικότητα επί κλίνης & μεταφορές

Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο κινούνται τα άτομα με βλάβη του Ν.Μ. και η γνώση των βέλτιστων επιπέδων κινητικής λειτουργίας που τα άτομα μπορούν να αναμένουν να επιτύχουν είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική εκπαίδευση δεξιοτήτων. Η κύλιση, η μετακίνηση από ύπτια σε μακρά καθιστή θέση, το κάθισμα χωρίς υποστήριξη, η κατακόρυφη ανύψωση στο κρεβάτι ή στην όρθια θέση και η μεταφορά σε θέσεις στο κρεβάτι ή από το κρεβάτι στο αμαξίδιο είναι κάποιες από τις κινητικές δεξιότητες που τα άτομα με τετραπληγία και παραπληγία έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν. Αυτές οι δεξιότητες κατακτούνται ευκολότερα όταν κατακερματίζονται σε επιμέρους ασκήσεις, οι οποίες αποτελούν τα κρίσιμα βήματα για την εκτέλεση της κινητικής δεξιότητας. Μερικά άτομα με παραπληγία καταφέρνουν να μάθουν πιο δύσκολες μεταφορές, όπως οι κάθετες μεταφορές από το δάπεδο στο αναπηρικό αμαξίδιο. Οι κάθετες μεταφορές είναι χρήσιμες επειδή επιτρέπουν στους ανθρώπους να σηκωθούν από το πάτωμα μετά από πτώση και επιτρέπουν ευελιξία για δραστηριότητες αναψυχής και εργασίας.

4.7. Εκπαίδευση χρήσης αμαξιδίου

Η αποτελεσματική εκπαίδευση δεξιοτήτων σε αναπηρικό αμαξίδιο σε περιβάλλον αποκατάστασης και στην κοινότητα είναι το κλειδί για την αύξηση της συμμετοχής των ατόμων με βλάβη του Ν.Μ. και μπορεί επίσης να μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης πόνου και χρόνιων τραυματισμών από υπερβολική χρήση. Αν και τα οφέλη άσκησης με το αναπηρικό αμαξίδιο βρίσκονται υπό διερεύνηση, τα οφέλη προς τους χρήστες και τους φροντιστές τους περιλαμβάνουν τους λιγότερους οξείς τραυματισμούς και τραυματισμούς από υπέρχρηση, την βελτιωμένη αίσθηση ευημερίας (μέσω της αυτοεκτίμησης, της αυτενέργειας, της αυτοπεποίθησης και του προσωπικού ελέγχου, της αίσθησης ότι αποκτάς νέες δυνατότητες, ενδυνάμωσης και επίτευξης στόχων), βελτιωμένη ανάπτυξη (των παιδιών) και διασκέδαση [198]. Η κινητοποίηση με ηλεκτρικό ή χειροκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο απαιτεί δεξιότητα και εξάσκηση. Τα άτομα με βλάβη Ν.Μ. χρειάζονται στενή επίβλεψη/βοήθεια όταν μαθαίνουν αρχικά να κινητοποιούνται με αναπηρικό αμαξίδιο, να διδάσκονται να κινούν το αμαξίδιο με μεγάλες και αργές κινήσεις, πιάνοντας όσο το δυνατόν λιγότερο την χειρολαβή (εκτός αν επιβραδύνουν) και αφήνοντας το αμαξίδιο να γλιστράει- και να είναι ασφαλή και ικανά να κινητοποιούνται σε διαφορετικά εδάφη [150].

4.8. Προπόνηση Βάδισης

Η ικανότητα ανεξάρτητης βάδισης αποτελεί προϋπόθεση για τις περισσότερες καθημερινές δραστηριότητες. Η ικανότητα βάδισης εκτός της οικίας απαιτεί την ταχύτητα που επιτρέπει στο άτομο να διασχίζει το δρόμο μέσα στο χρόνο που προβλέπεται από τους φωτεινούς σηματοδότες, να μπαίνει και να βγαίνει σε κινούμενο διάδρομο, να μπαίνει και να βγαίνει από αυτόματες πόρτες, να περπατά γύρω από έπιπλα, κάτω και πάνω από αντικείμενα και να ξεπερνά τα κράσπεδα. Μια ταχύτητα βάδισης 1,1 - 1,5 m/s

θεωρείται αρκετά γρήγορη για έναν πεζό να λειτουργήσει σε διάφορα περιβαλλοντικά και κοινωνικά πλαίσια. Οι κύριες απαιτήσεις για την επιτυχή βάδιση περιλαμβάνουν την στήριξη της σωματικής μάζας από τα κάτω άκρα, την προώθηση του σώματος προς την επιθυμητή κατεύθυνση, την παραγωγή ενός ρυθμού βάδιση, τον έλεγχο της ισορροπίας του σώματος και την ευελιξία, δηλαδή την ικανότητα προσαρμογής της κίνησης στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές απαιτήσεις και στόχους. Η δυσλειτουργία της βάδισης είναι συχνή σε άτομα με ατελή βλάβη Ν.Μ., η οποία οφείλεται όχι μόνο στην βλάβη αλλά και στις δευτερογενείς καρδιαγγειακές και μυοσκελετικές συνέπειες της αχρησίας και της σωματικής αδράνειας. Η μυϊκή αδυναμία και παράλυση, ο κακός κινητικός έλεγχος και η βράχυνση των μαλακών μορίων συμβάλλουν σημαντικά στη δυσλειτουργία της βάδισης.

4.8.1. Βάδιση σε παράλληλους ζυγούς (μπάρες)

Σε βλάβες Ν.Μ. όπου η κινητικότητα των άνω άκρων καθώς και ο πλήρης ή μερικός έλεγχος του κορμού μπορεί να επιτευχθεί, η προπόνηση βάδισης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρήση παράλληλων ζυγών. Αναλόγως του επιπέδου αναπηρίας, η βάδιση μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση ναρθήκων ή εκπαιδευμένου προσωπικού (π.χ. φυσικοθεραπευτές, φροντιστές κ.α.) για την διατήρηση ή/και την κίνηση, αντίστοιχα, των μη ελεγχόμενων, λειτουργικά, αρθρώσεων, σε θέσεις που μπορούν να εξυπηρετήσουν τον κύκλο βάδισης.

4.8.2. Βάδιση με ορθωτικούς νάρθηκες (AFOs, KAFOs, HKAFOs, RGOs & ARGOS)

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, αναλόγως του επιπέδου και της έκτασης της βλάβης Ν.Μ. οι ασθενείς μπορεί να εμφανίσουν μυϊκή αδυναμία και/ή σπαστικότητα και/ή αδυναμία συνέργειας των μυών που δυσχεραίνει ή καθιστά αδύνατη την βάδιση. Σε απάντηση αυτών των μοναδικών για κάθε ασθενή προκλήσεων, μια απάντηση μπορεί να δοθεί και μέσω της επιστήμης της ορθωτικής. Μέσω της χρήσης των θερμοπλαστικών υλικών, οι ορθωτικοί μπορούν να κατασκευάσουν νάρθηκες που να εξυπηρετούν το είδος της αναπηρίας ή/και σωματότυπου κάθε ασθενούς. Οι νάρθηκες αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν μια (συνήθως την ποδοκνημική (ΠΔΚ), Ankle-Foot), δύο (συνήθως την ΠΔΚ και την κατά γόνα, Knee-Ankle-Foot) ή και τις τρεις (ΠΔΚ, κατά γόνα και ισχίου, Hip-Knee-Ankle-Foot) αρθρώσεις του ενός ή και των δύο κάτω άκρων, δημιουργώντας αντίστοιχα τους κνημοποδικούς (AFOs), μηρο-κνημοποδικούς (KAFOs) ή ισχιο-μηρο-κνημοποδικούς (HKAFOs) ορθωτικούς νάρθηκες. Οι νάρθηκες αυτοί μπορεί είναι και με άρθρωση/εις, επιτρέποντας την κίνηση [199, 200].

Εξελικτικά της παραπάνω τεχνολογίας και με την χρήση της μηχανικής δημιουργήθηκαν οι ορθοστάτες παλινδρομικής βάδισης (Reciprocating Gait Orthosis) οι οποίοι προάγουν την ενεργειακά οικονομική βάδιση μέσω συρματοσχοινών, ελασμάτων και ελατηρίων. Οι ορθοστάτες αυτοί εξελίχθηκαν κατά το πέρασμα των χρόνων από την πιο απλή μορφή τους [201] σε πιο σύνθετες [202] έως τις σύγχρονες μορφές που μπορεί να περιέχουν εξειδικευμένους μηχανισμούς ορθοστάτησης (από την καθιστή θέση) ή λειτουργική ηλεκτροδιέγερση (Functional Electrical Stimulation, FES) [200].

Η δουλειά του φυσιοθεραπευτή έγκειται στην εκπαίδευση του ασθενούς στην εργονομική και ασφαλή βάδιση με την χρήση αυτών των ναρθήκων, των ορθωτικών μηχανισμών και

όποιων άλλων βοηθημάτων βάδισης μπορεί αυτός να χρειάζεται και η χρήση αυτών για την αποδοτικότερη προπόνηση βάδισης.

4.8.3. Βάδιση με μηχανισμό υποστήριξης (άρσης) σωματικού βάρους στο έδαφος / Body Weight Supported Overground Training (BWSOT)

Η υποστήριξη (άρση) του σωματικού βάρους από ένα σταθερό σύστημα ανάρτησης το οποίο συνδέεται στον ασθενή με βλάβες Ν.Μ. με ιμάντες ή σχοινί μέσω ενός φορετού γιλέκου, ικανοποιεί τις ανάγκες μείωσης των ατυχημάτων, μείωσης του απαραίτητου εκπαιδευμένου προσωπικού, αύξησης του ελέγχου του πυρήνα μάζας σώματος, της κινητικότητας της λεκάνης και των κάτω άκρων, αύξησης της αίσθησης ασφαλείας του ασθενούς, αύξησης της ικανότητας του φυσικοθεραπευτή για πιο στοχευμένη παρέμβαση στον κύκλο βάδισης του ασθενούς και μείωση της κόπωσης με παράλληλη αύξηση του μέγιστου δυνατού χρόνου προπόνησης. Η άρση σωματικού βάρους υπολογίζεται σε ποσοστό επί του σωματικού βάρους και ρυθμίζεται αναλόγως της ικανότητας του ασθενή και των στόχων του φυσικοθεραπευτή. Συνήθως δεν υπερβαίνει το 40% του σωματικού βάρους ώστε να αποφευχθεί η αίσθηση αιώρησης του ασθενούς και η υπερβολική πίεση στον θωρακικό κλωβό που δυσχεραίνει την εισπνοή. Τα πλεονεκτήματα της βάδισης με μηχανισμό άρσης βάρους στο έδαφος σε σύγκριση με την βάδιση σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο είναι η ευχέρεια διακοπής της βάδισης και αλλαγής θέσης (από την όρθια στην καθιστή και/ή στην κατακεκλιμένη), η ευχέρεια επιβράδυνσης της βάδισης ή και της προπόνησης βάδισης σε κάποια συγκεκριμένη φάση του κύκλου της και η δυνατότητα χρήσης βοηθημάτων βάδισης ή/και εκπαίδευσης σε αυτά [203].

4.8.4. Βάδιση σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης (άρσης) σωματικού βάρους/ Body Weight Supported Treadmill Training (BWSTT)

Το κίνητρο για την παροχή ενός απαιτητικού περιβάλλοντος, στο οποίο υπάρχει η ευκαιρία να εξασκηθούν κατ' επανάληψη τα στοιχεία που λείπουν από τη βάδιση, αποτέλεσε τη βάση για μια άλλη ειδική δραστηριότητα. Πρόκειται για τη χρήση ενός διαδρόμου για την επανεκπαίδευση της βάδισης και επίσης για τη βελτίωση της καρδιαγγειακής λειτουργίας. Ένας ιμάντας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άτομα με σημαντικούς λειτουργικούς περιορισμούς, και αυτό προσφέρει επίσης την ευκαιρία να διαβαθμιστεί η ποσότητα της υποστήριξης του σωματικού βάρους που παρέχεται. Οι θεραπευτές βοηθούν στη διευκόλυνση του εναλλασσόμενου βηματισμού και της επιβάρυνσης και μπορεί να απαιτούνται έως και τρεις θεραπευτές για να βοηθήσουν να ολοκληρωθεί ένας κύκλος βάδισης. Έχει προταθεί ότι η προπόνηση στον διάδρομο μπορεί να υποστηρίξει την επανεκπαίδευση της βάδισης, καθώς επιτρέπει την πλήρη εξάσκηση του πλήρους κύκλου βάδισης, με δυνατότητα βελτίωσης της ταχύτητας και της αντοχής, η οποία βελτιστοποιεί την καρδιαγγειακή ικανότητα. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για την προπόνηση βάδισης τακτικά από το 1995 [204].

Η μερική διατήρηση των κατερχόμενων υπερσπονδυλικών οδών [205, 206] επιτρέπει ενδεχομένως την αποκατάσταση της αυτόνομης βάδισης [207, 208], μια διαδικασία όπου η νευροπλαστικότητα παίζει βασικό ρόλο [209]. Οι θεραπευτικές προσεγγίσεις για την προπόνηση βάδισης επικεντρώνονται στην ικανότητα του Κ.Ν.Σ. να τροποποιεί τις νευρικές οδούς και τις συνάψεις, γεγονός που οδηγεί σε παρεμβάσεις που βασίζονται στη συστηματική εκτέλεση προπονήσεων συγκεκριμένων καθηκόντων [210]. Η βάδιση σε

ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης βάρους μπορεί να συνδυαστεί και με λειτουργικό ηλεκτρικό ερεθισμό (Functional Electrical Stimulation, FES).

4.8.5. Αυτοματοποιημένη (ρομποτικά) υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης/ Robotic Assisted Gait Training (RAGT)

Τα προγράμματα προπόνησης βάδισης για άτομα με βλάβη Ν.Μ. έχουν εξελιχθεί τις τελευταίες δεκαετίες, από την προπόνηση βάδισης με χειροκίνητη υποβοήθηση ή BWSTT έως την προπόνηση βάδισης υποστηριζόμενη από αυτόματα (ρομπότ) (Robotic Assistive Gait Training, RAGT). Η χρήση ρομποτικών συσκευών κινητικής εξάσκησης στο πλαίσιο της αποκατάστασης θα μπορούσε ενδεχομένως να ενισχύσει την αποκατάσταση της βάδισης σε άτομα μετά από νευρολογικές βλάβες, αυξάνοντας τη συνολική διάρκεια της εξάσκησης και μειώνοντας την ένταση της εργασίας που παρέχουν οι φυσικοθεραπευτές. Παρόλο που η παθητική καθοδήγηση κατά την εξάσκηση μιας εκούσιας κινητικής εργασίας έχει αποδειχθεί λιγότερο αποτελεσματική στην ενίσχυση της κινητικής μάθησης σε σχέση με την ελεύθερη εξάσκηση, η χρήση παθητικής καθοδήγησης θα μπορούσε να είναι ευεργετική σε πρώιμο στάδιο κατά την απόκτηση κινητικών δεξιοτήτων. Μια βέλτιστη στρατηγική κινητικής αποκατάστασης θα μπορούσε θεωρητικά να επιτρέψει την εξάσκηση κινηματικά σωστών προτύπων βάδισης με τη χρήση ρομποτικά υποβοηθούμενης BWSTT όταν η ανάγκη για βοήθεια είναι εκτεταμένη και να επιτρέψει στον ασθενή να μεταβεί στην εξάσκηση βηματισμού με τη βοήθεια φυσιοθεραπευτή όταν ο εκούσιος κινητικός έλεγχος έχει βελτιωθεί.

4.8.6. Προπόνηση βάδισης με την χρήση εξωσκελετού

Οι ρομποτικές συσκευές υποβοήθησης της βάδισης λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό με την ανίχνευση της πρόθεσης κίνησης του χρήστη και, μέσω των μηχανοκίνητων μονάδων άρθρωσης, βοηθούν στην ολοκλήρωση της κίνησης. Γνωστές και ως εξωσκελετοί, οι συσκευές αυτές επιτρέπουν στο χρήστη να στέκεται, να κάθεται, να περπατά, να χρησιμοποιεί σκάλες και να περνάει εμπόδια με σχετικά φυσική στάση και βήμα. Έχουν διάφορα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά- ωστόσο, συνήθως περιλαμβάνουν έναν ιμάντα ή θώρακα περίδεσης στην περιοχή της μέσης ή/και του θώρακος, με μηχανικές αρθρώσεις που εκτείνονται μερικώς ή πλήρως κάτω από τα κάτω άκρα, μια μονάδα μπαταρίας και μια μονάδα ελέγχου υπολογιστή. Η συσκευή περιδένεται γύρω από τη μέση και οι μηχανικές αρθρώσεις περιδένονται γύρω από τα πόδια με ιμάντες. Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με την τυπική φυσιοθεραπεία (π.χ. διατάσεις, ασκήσεις ισορροπίας κ.α.) για σκοπούς αποκατάστασης ή εκτός κλινικού περιβάλλοντος για να επιτρέπουν στον χρήστη να μετακινείται κατά τη διάρκεια των καθημερινών του δραστηριοτήτων [211].

4.9. Ηλεκτρική Διέγερση

Η ηλεκτρική διέγερση μπορεί να αυξήσει ή να τροποποιήσει τη λειτουργικότητα των νευρώνων και μπορεί να έχει θεραπευτικά οφέλη για ορισμένες νευρολογικές παθήσεις [212–215]. Πράγματι, υπάρχουν ενδείξεις ότι η ενίσχυση της σπονδυλικής διέγερσης είτε με επισκληρίδιο είτε με διαδερμικό ερεθισμό μπορεί να αποκαταστήσει κάποια εκούσια κίνηση μετά από βλάβη του Ν.Μ. [216]. Για παράδειγμα, η οσφυοϊερή επισκληρίδιος

διέγερση (E.E.S.) βελτιώνει προσωρινά την κινητική και αυτόνομη λειτουργικότητα τόσο σε τρωκτικά όσο και σε ανθρώπους με βλάβη του Ν.Μ. [217]. Όταν συνδυάζεται με βάδιση, με μηχανισμό υποστήριξης (άρσης) σωματικού βάρους, στο έδαφος, η E.E.S. προάγει μια εκτεταμένη αναδιοργάνωση των εναπομεινάντων νευρικών οδών, η οποία βελτιώνει την κίνηση και μετά τη διακοπή της διέγερσης ή τη λήξη της θεραπείας διέγερσης [218–220]. Παρόλο που έχει δημιουργηθεί μια τεχνολογική πλατφόρμα για τη βελτιστοποίηση της νευροδιαμόρφωσης σε πραγματικό χρόνο ώστε να επιτυγχάνεται έλεγχος υψηλής πιστότητας της κινηματικής των άκρων κατά τη διάρκεια της κίνησης σε ζώα και ασθενείς [221, 222], οι παράμετροι της ηλεκτρικής διέγερσης για την προώθηση της αναδιαμόρφωσης των νευρικών κυκλωμάτων και της αναγέννησης των νευρικών αξόνων είναι ελάχιστα κατανοητές. Παραμένει ασαφές εάν η ηλεκτρική διέγερση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ακριβή ανασυγκρότηση των δομών του νευρικού κυκλώματος και την αποκατάσταση της λειτουργίας μετά από βλάβη του Ν.Μ.. Επιπλέον, ο ακριβής μηχανισμός που διέπει την αναδόμηση των νευρωνικών κυκλωμάτων του νωτιαίου μυελού με ηλεκτρική διέγερση παραμένει άγνωστος. Αυτές οι προκλήσεις έχουν περιορίσει σε μεγάλο βαθμό την εφαρμογή των τεχνικών ηλεκτρικής νευροδιαμόρφωσης για τη θεραπεία της βλάβης του Ν.Μ..

4.9.1. Επισκληρίδιος Ηλεκτρική Διέγερση/ Epidural Electrical Stimulation (E.E.S.)

Η επισκληρίδιος ηλεκτρική διέγερση (epidural electrical stimulation (E.E.S.)) περιλαμβάνει την άμεση εφαρμογή ηλεκτρικών ρευμάτων στον νωτιαίο μυελό, στοχεύοντας σε συγκεκριμένα κινητικούς νευράξονες για τη διευκόλυνση της εκούσιας κίνησης. Τα τελευταία 50 χρόνια, η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στην επιφάνεια της σκληράς μήνιγγας στη ραχιαία πλευρά του νωτιαίου μυελού, χρησιμοποιείται θεραπευτικά για την αντιμετώπιση συνδρόμων χρόνιου πόνου [223, 224] όπως το σύνδρομο αποτυχημένης χειρουργικής επέμβασης στην ΟΜΣΣ [225], η διαβητική νευροπάθεια [226] και η οξεία ισχαιμία των άκρων [227]. Παράλληλα με την ανάπτυξη της ως θεραπευτικής του πόνου, οι κλινικές έρευνες έχουν εμφανίσει στοιχεία που δείχνουν ότι η EES ενεργοποιεί τα αισθητικοκινητικά κυκλώματα της σπονδυλικής στήλης προάγοντας την τονικότητα και την ρυθμική κινητική δραστηριότητα σε ανθρώπους με παραπληγία λόγω σοβαρής βλάβης Ν.Μ. [217].

4.9.2. Διαδερμική Ηλεκτρική Νευρο-διέγερση/ Transcutaneous Electrical Neural Stimulation (T.E.N.S.)

Η διαδερμική ηλεκτρική νευροδιέγερση (Transcutaneous Electrical Neural Stimulation (T.E.N.S.)) χρησιμοποιεί επιφανειακά ηλεκτρόδια για την παροχή ηλεκτρικών παλμών, διεγείροντας τα περιφερικά νεύρα μειώνοντας τον νευροπαθητικό πόνο [228] και ενισχύοντας την κίνηση. Πρόσφατες έρευνες εξήγαγαν ελπιδοφόρα αποτελέσματα στη βελτίωση του ελέγχου της ουροδόχου κύστης [229], της δύναμης των άκρων, της σπαστικότητας και της κινητικότητας των ασθενών με βλάβη Ν.Μ. [230].

4.9.3. Λειτουργική Ηλεκτρική Διέγερση/ Functional Electrical Stimulation (F.E.S.)

Η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (Functional Electrical Stimulation (F.E.S.)) είναι μια διαδικασία που έχει χρησιμοποιηθεί εδώ και χρόνια για την νευρολογική αποκατάσταση.

Μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες θέσεις, συμπεριλαμβανομένων των νεύρων, των μυών και του δέρματος, και συχνά συνδυάζεται με συγκεκριμένες λειτουργικές κινήσεις, ως μέρος του προγράμματος αποκατάστασης. Η FES περιλαμβάνει τη συγχρονισμένη ενεργοποίηση των μυών για την παραγωγή λειτουργικών κινήσεων, μέσω της χρήσης εξωτερικών συσκευών [231].

4.9.4. Συνδυασμός E.E.S. και F.E.S./ Epidural Electrical and Muscle Stimulation (E.E.M.S.)

Τα τελευταία χρόνια αναδύονται προσπάθειες συνδυασμού των ηλεκτροθεραπευτικών τεχνικών. Σε μια πρόσφατη κλινική μελέτη [232] χρησιμοποιήθηκαν τα αισθητικοκινητικά κυκλώματα της σπονδυλικής στήλης που διέπουν τη σύσπαση ενός καμπτήρα των οπίσθιων άκρων, ήτοι του Πρόσθιου Κνημιαίου μυός, ως το επίκεντρο της μελέτης τους. Έχει αναφερθεί ότι η συνδυασμένη διέγερση του κινητικού φλοιού του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού στην Α.Μ.Σ.Σ. μπορεί να ενισχύσει τις κινητικές αποκρίσεις μέσω της σύγκλισής τους και να μεταβάλει τις συνδέσεις μεταξύ συγκεκριμένων νευρωνικών κυκλωμάτων [233–235]. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η αλληλεπίδραση της συχνότητας διέγερσης και του διαστήματος παλμού σε διαφορετικά σημεία του Ν.Μ. μπορεί να παράγει διάφορα κινητικά αποτελέσματα σε αρουραίους με βλάβη Ν.Μ. [236, 237]. Ως εκ τούτου, ένα διπλό σύστημα ηλεκτρικής διέγερσης που συνδυάζει επισκληρίδιο ηλεκτρικό και μυϊκό ερεθισμό (EEMS) δημιουργήθηκε στην έρευνά τους, χρησιμοποιώντας EES προώθησης δράσης [217, 238, 239] σε συνδυασμό με βιοανατροφοδότηση μετά από ηλεκτρική διέγερση του πρόσθιου κνημιαίου μυός [240, 241]. Το EEMS χρησιμοποιήθηκε για τη μίμηση της λειτουργίας των αισθητικοκινητικών νευρικών κυκλωμάτων μέσω ηλεκτρικής διέγερσης του Ν.Μ. για την προσομοίωση των κινητικών εντολών. Στη συνέχεια, ο μυς διεγέρθηκε για να προσομοιωθεί η αισθητηριακή ανατροφοδότηση. Για να αποφευχθεί η επικάλυψη των αποτελεσμάτων της διπλής διέγερσης, η μυϊκή διέγερση χορηγήθηκε μετά το τέλος της απόκρισης που προκλήθηκε από τη σπονδυλική στήλη. Ως εκ τούτου, η διάρκεια από την έναρξη του σπονδυλικού παλμού έως το τέλος της μυϊκής απόκρισης χρησιμοποιήθηκε ως διάστημα διέγερσης, προσομοιώνοντας την αγωγή νευρικών σημάτων κλειστού βρόγχου εντός ενός αισθητικοκινητικού νευρικού κυκλώματος. Ως τύπος διέγερσης δυναμικού πεδίου, η επισκληρίδιος ηλεκτρική διέγερση έχει ευρύ φάσμα ενεργοποίησης. Η ηλεκτρική διέγερση του πρόσθιου κνημιαίου μυός ενεργοποιεί τις οδούς αισθητηριακής ανατροφοδότησης που σχετίζονται με τον πρόσθιο κνημιαίο μυ. Με την EEMS στη σπονδυλική στήλη και τον μυ, μπόρεσαν να στοχεύσουν πιο συγκεκριμένα στο προς διαμόρφωση αισθητικοκινητικό κύκλωμα. Η πλήρης διατομή του νωτιαίου μυελού στο Θ9 επίπεδο οδηγεί σε πλήρη διακοπή της υπερσπονδυλικής εισόδου στο οσφυοϊερό νευρικό κύκλωμα, παρέχοντας ένα ιδανικό ερευνητικό μοντέλο για τη διερεύνηση της νευροπλαστικότητας αυτών των σπονδυλικών αισθητικοκινητικών κυκλωμάτων μετά από ηλεκτρική διέγερση. Εν ολίγοις, η μελέτη αυτή οδήγησε σε βαθύτερη κατανόηση του ρόλου της νευροδιαμόρφωσης στην ανασυγκρότηση των νευρικών κυκλωμάτων και πρότεινε ένα πιθανό πλαίσιο για κλινική εφαρμογή μετά από νευρική βλάβη.

4.10. Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα/ Surface electromyography (sEMG)

4.10.1. Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα ως μέσο Βιοανατροφοδότησης/ Biofeedback sEMG

Το sEMG έχει χρησιμοποιηθεί για την παροχή οπτικής ανατροφοδότησης στον συμμετέχοντα κατά τη διάρκεια της θεραπείας με στόχο τη βελτίωση της ενεργοποίησης του σωστού μυός τη σωστή στιγμή. Σε μελέτες σχετικά με τα αποτελέσματα της βιοανατροφοδότησης με sEMG, το sEMG χρησιμοποιείται τόσο για την παροχή ανατροφοδότησης κατά τη διάρκεια της νευροαποκατάστασης όσο και για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της θεραπείας. Το εύρος του sEMG και το μοτίβο της ενεργοποίησης του sEMG χρησιμοποιούνται συχνά για την απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος.

Η νευροαποκατάσταση με χρήση sEMG βιοανατροφοδότησης έχει θετικά αποτελέσματα σε άτομα που ζουν με βλάβη Ν.Μ. [242]. Για παράδειγμα, η αυξημένη απόκριση του sEMG είναι εμφανής μετά από θεραπεία με sEMG βιοανατροφοδότησης των μυών των κάτω άκρων [243], συμπεριλαμβανομένων των μεταβολών στις παραμέτρους βάρδισης σε ατελή βλάβη Ν.Μ. [244], και 2-5 φορές αυξήσεις του μέγιστου sEMG [245]. Άλλοι ερευνητές έδειξαν ότι 12 εβδομάδες θεραπείας αποκατάστασης με sEMG βιοανατροφοδότησης προκάλεσαν παρόμοια θετικά αποτελέσματα σε σύγκριση με ισάριθμες θεραπείες μόνο με κινησιοθεραπεία [246]. Οι ίδιοι ερευνητές επιβεβαίωσαν την αποτελεσματικότητα μικρού αριθμού συνεδριών με sEMG βιοανατροφοδότησης στην αύξηση των εκούσιων αποκρίσεων sEMG των άνω [242] και κάτω άκρων [243, 244]. Το sEMG βιοανατροφοδότησης, επομένως, μπορεί να συμπληρώσει την κινησιοθεραπεία μετά από βλάβη Ν.Μ. [245, 246].

4.10.2. Μαγνητική και Ηλεκτρική διέγερση εγκεφάλου (φλοιονωτιαίας οδού) σε συνδυασμό με το Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα

Σε μελέτες εγκεφαλικής διέγερσης, το ηθελημένο πλάτος του sEMG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθούν οι επιδράσεις στην αναστολή και τη διεγερσιμότητα του φλοιού του εγκεφάλου. Ομοίως, το πλάτος sEMG σε ηρεμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθεί εάν η εγκεφαλική διέγερση μπορεί να μειώσει την ακούσια μυϊκή δραστηριότητα.

Η ενεργοποίηση της φλοιονωτιαίας οδού (CorticoSpinal Tract ή CST) χρησιμοποιώντας επαναλαμβανόμενη διακρανιακή μαγνητική διέγερση (repetitive Transcranial Magnetic Stimulation ή rTMS) μπορεί να βελτιώσει τα κλινικά αποτελέσματα σε άτομα με ατελή βλάβη Ν.Μ.. Το sEMG έχει χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της επαγόμενης από την rTMS επίδρασης στη φλοιική διεγερσιμότητα ή για την ανίχνευση φλοιικών σιωπηλών περιόδων στο συνεχιζόμενο sEMG. Για παράδειγμα, το τελευταίο μπορεί να ληφθεί εκφράζοντας την περιοχή αναστολής ως ποσοστό μιας σταθερής περιοχής της προ-διέγερσης εκούσιας δραστηριότητας καταγραφόμενης στο sEMG για να προκύψει ένας δείκτης φλοιονωτιαίας αναστολής, η οποία μειώνεται μετά από θεραπεία με rTMS [247]. Τα αποτελέσματα της αυξημένης διεγερσιμότητας της CST παρουσιάστηκαν με τη χρήση σειράς συνεδριών rTMS, όπου ήταν εμφανές το μειωμένο εύρος καταγραφής από το

sEMG σε ηρεμία και το αυξημένο εύρος καταγραφής από το sEMG κατά τη διάρκεια της μέγιστης εκούσιας συστολής του απαγωγού του αντίχειρα μυός [248].

Ένας άλλος τρόπος μη επεμβατικής διέγερσης του εγκεφάλου είναι η διακρανιακή διέγερση με συνεχές ρεύμα (transcranial direct current stimulation ή tDCS), η οποία επηρεάζει τη διεγερσιμότητα του φλοιού του εγκεφάλου σε χρόνια βλάβη N.M.. Παρόλο που η tDCS ήταν σε θέση να αυξήσει την φλοιονωτιαία διεγερσιμότητα, εμφανής με την αύξηση του εύρους του κινητικά προκλητού δυναμικού, το εύρος του sEMG κατά τη διάρκεια της εκούσιας προσπάθειας δεν μεταβλήθηκε μετά από 3 συνεδρίες tDCS διάρκειας 20 λεπτών [249].

Ο υποφλοιικός έλεγχος των αποκρίσεων στάσης και της ακρίβειας της σύλληψης μελετήθηκε επίσης σε άτομα που ζουν με βλάβη N.M., χρησιμοποιώντας διέγερση στο επίπεδο του αυχενικού N.M.. Αυτές οι μελέτες χρησιμοποίησαν αποκρίσεις sEMG κανονικοποιημένες ως προς τον μέσο όρο που καταγράφηκε από το sEMG κατά τη διάρκεια μιας μέγιστης εκούσιας σύσπασης. Αποδείχθηκε ότι τα άτομα που ζουν με βλάβη N.M. έχουν μεγαλύτερη συνενεργοποίηση των μυών του χεριού κατά τη διάρκεια μιας σύλληψης ακριβείας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, και ότι η μαγνητική διέγερση στον N.M. της ΑΜΣΣ εμφάνιζε διαφορετική επίδραση στα άτομα με βλάβη N.M. ανάλογα με τη λήψη φαρμακευτικής αγωγής [250]. Η αιθουσαία ηλεκτρική διέγερση προκαλεί επίσης μειωμένη κλιμάκωση των αποκρίσεων, όπου οι αποκρίσεις συσχετίζονται με τη σταθερότητα της στάσης και αυξάνονται κατά τη στάση σε ανώμαλο έδαφος [251]. Αυτές οι μελέτες ανοίγουν νέους χώρους σχετικά με τη χρήση της υποφλοιώδους διέγερσης για την ενίσχυση της στάσης, της ισορροπίας και του ελέγχου της λαβής σε άτομα που ζουν με βλάβη N.M..

4.10.3. Προπόνηση βάδισης σε συνδυασμό με το Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα

Σε μελέτες προπόνησης βάδισης, το εύρος του sEMG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανόηση των επιδράσεων της στήριξης του σωματικού βάρους, της ταχύτητας, του φορτίου και της χρήσης των ρομποτικών εξαρτημάτων βάδισης ή εξωσκελετών. Αυτές οι μελέτες χρησιμοποιούν συχνά μια ανάλυση προτύπων του sEMG, η οποία εξετάζει το εύρος του sEMG καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου βάδισης. Σε αυτές τις μελέτες, το εύρος του sEMG συχνά κανονικοποιείται ως προς τον κύκλο βάδισης και το εύρος κατά τη διάρκεια του κύκλου, με το αλληλουχία ενεργοποίησης των μυών των κάτω άκρων να υποδεικνύει τη διαμόρφωση της κινητικής δραστηριότητας.

Οι αξιολογήσεις μέσω του sEMG με βάση το εύρος έδειξαν τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις της προπόνησης βάδισης μετά από βλάβη N.M.. Οι μύες των κάτω άκρων αυξάνουν το καταγεγραμμένο από το sEMG εύρος κατά τη διάρκεια της περιόδου προπόνησης και διατηρούν αυτό το μεγαλύτερο εύρος για μια περίοδο παρακολούθησης 3 ετών [252]. Η προπόνηση βάδισης μπορεί να αναδιοργανώσει τα νευρωνικά δίκτυα των επιπέδων του νωτιαίου μυελού, κεφαλικά και ουριαία της βλάβης, υποδεικνύοντας πιθανώς την ανακατανομή της δραστηριότητας για την ανάκτηση της κινηματικής των ποδιών με τη δημιουργία νέων μοτίβων μυϊκής δραστηριότητας [253]. Το εύρος του sEMG στους μύες των κάτω άκρων σχετίζεται επίσης με τις αλλαγές στην ταχύτητα βάδισης κατά τη διάρκεια της προπόνησης βάδισης [254, 255], συμπεριλαμβανομένων των ατόμων με μερική και μη ανιχνεύσιμη υπερσπονδυλική είσοδο αισθητηριακών δεδομένων - γεγονός που υποδηλώνει ότι ο N.M. μπορεί να ερμηνεύσει τις εξαρτώμενες από την ταχύτητα

προσερχόμενες πληροφορίες για τον έλεγχο του βηματισμού [254]. Το εύρος του sEMG μπορεί να αυξηθεί με αργές ταχύτητες του ηλεκτροκίνητου διαδρόμου της προπόνησης βάδισης με υποστήριξη του σωματικού βάρους [256], και μετατοπίσεις στην έναρξη/παύση του καταγεγραμμένου από το sEMG σήματος, μπορεί να εμφανιστούν με φυσική αποκατάσταση και αντίστοιχη μείωση της υποστήριξης του σωματικού βάρους [257]. Η προπόνηση βάδισης με υποστήριξη σωματικού βάρους είναι πιο αποτελεσματική στην αύξηση του εύρους του sEMG των κάτω άκρων εάν εκτελείται σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο, σε σύγκριση με την βάδιση στο έδαφος [258], και το εύρος του sEMG αυξάνεται εάν παρέχεται αντίσταση στο κάτω άκρο [259].

Σε ασθενείς με πλήρη βλάβη N.M., οι συντονισμένες κινήσεις βηματισμού προκαλούνται από την υποστήριξη βάρους και την ορθοστασία σε κινούμενο διάδρομο - με ένα μοτίβο της sEMG δραστηριότητας των κάτω άκρων παρόμοιο με αυτό των μη τραυματισμένων συμμετεχόντων (αν και με χαμηλότερο πλάτος). Με την καθημερινή προπόνηση βάδισης, το εύρος του sEMG και ο συντονισμός των μυών των κάτω άκρων αυξάνονται [260, 261]. Σε άτομα που ζουν με βλάβη N.M., η προπόνηση βάδισης μπορεί να διευκολύνει τη δημιουργία αποτελεσματικών νευρομυϊκών στρατηγικών για την υποστήριξη της κίνησης των ποδιών με τη χρήση συγκεκριμένων μοτίβων μυϊκής δραστηριότητας πάνω στη κεφαλοουριαία θέση των δεξαμενών κινητικών νευρώνων στο νωτιαίο μυελό [253].

Η προπόνηση βάδισης, εκτός από τη μυϊκή δραστηριότητα, βελτιώνει τον συντονισμό του κάτω άκρου και μεταξύ των κάτω άκρων [262] και μειώνει τη σπαστικότητα, όπως μετράται από τη μειωμένη διέγερση των πελματιαίων καμπτήρων, τον κλόνο της ποδοκνημικής άρθρωσης και την σπαστικότητα του τετρακέφαλου [263]. Επιπλέον, η υψηλής έντασης προπόνηση βάδισης αποδείχθηκε αποτελεσματική στην αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας, του συντονισμού και των νευρομυϊκών συνεργειών [264, 265]. Ορισμένες από τις προαναφερθείσες επιδράσεις της προπόνησης βάδισης μπορεί να σχετίζονται με τη μείωση της αντανakλαστικής διεγερσιμότητας με βελτιώσεις στη λειτουργία της βάδισης, κατά την οποία η μεγαλύτερη ταχύτητα και απόσταση βάδισης συσχετίζονται με τη μείωση του κλόνου στα κάτω άκρα [266]. Πράγματι, η λειτουργική προσαρμογή των αντανakλαστικών της σπονδυλικής στήλης μπορεί να αυξήσει το εύρος του sEMG στα κάτω άκρα κατά τη διάρκεια της βάδισης, κατά την οποία, μετά την καθοδική προσαρμογή του Η-αντανakλαστικού, η διαμόρφωση του sEMG κατά τον κύκλο του βήματος είναι μεγαλύτερη [267].

Η προπόνηση βάδισης μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει το εύρος του sEMG ανάλογα με τον μυ των κάτω άκρων, να αποκαταστήσει τη διφασική δραστηριότητα του sEMG και να αλλάξει την έναρξη της δραστηριότητας του sEMG κατά τη διάρκεια του κύκλου βάδισης (Calabrò κ.ά., 2021; Fenuta & Hicks, 2014; Knikou, 2013; Knikou & Mummidisetty, 2014; Lee κ.ά., 2020; Wernig & Müller, 1992; Wirz, 2001). Μπορεί επίσης να μετατοπίσει τη μέση συχνότητα του sEMG προς υψηλότερες συχνότητες, γεγονός που υποδηλώνει τη χρήση μεγαλύτερων τύπων ινών [268]. Παρ' όλα αυτά, η μέση συχνότητα του sEMG των μυών των κάτω άκρων βρέθηκε επίσης να είναι υψηλότερη σε άτομα με βλάβη N.M., σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, και η προπόνηση βάδισης μετατόπισε τη μέση συχνότητα του sEMG προς χαμηλότερες συχνότητες στην έσω γαστέρα του γαστροκνημίου και στον πρόσθιο κνημιαίο μυ [269].

Η αξιολόγηση της προπόνησης βάδισης, έγινε από ερευνητές που ανέπτυξαν έναν λόγο διακύμανσης για να εκφράσουν τη σύγκριση του μοτίβου sEMG μεταξύ των υγιών συμμετεχόντων και των συμμετεχόντων με βλάβη N.M. [270]. Παρόμοιες προσεγγίσεις

για τη μελέτη του εκούσιου ελέγχου των κάτω άκρων χρησιμοποίησαν έναν δείκτη ομοιότητας για τη δημιουργία του δείκτη εθελοντικής απόκρισης [271]. Αυτοί οι δείκτες συγκρίνουν τις ιδιότητες sEMG μεταξύ ατόμων με βλάβη N.M. και μη τραυματισμένων συμμετεχόντων ελέγχου, παρέχοντας ένα μέσο σύγκρισης της ανάκτησης της εκούσιας μυϊκής ενεργοποίησης σε επίπεδα ελέγχου.

Το εύρος του sEMG έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη μελέτη της αλλαγής στα πρότυπα ενεργοποίησης των μυών κατά τη χρήση εξωσκελετών για βάδιση στο έδαφος. Η επίγεια βάδιση με ρομποτικό εξωσκελετό προκαλεί μυϊκή δραστηριότητα του κορμού σε άτομα που ζουν με βλάβη N.M. και μπορεί να οδηγήσει σε ενισχυμένη ενεργοποίηση των μυών της στάσης [272]. Από την άλλη, ενδέχεται να υπάρχουν μειώσεις στην μυϊκή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με ρομποτική υποβοήθηση, σε σύγκριση με την βάδιση σε διάδρομο με τη βοήθεια θεραπευτή σε άτομα με βλάβη N.M.- ανάλογα με το επίπεδο συμμετοχής του ασθενούς με τη ρομποτική συσκευή [273].

Το εύρος του sEMG μπορεί να υποδεικνύει οξείες αλλαγές στη δραστηριότητα των μυών των κάτω άκρων με τη χρήση εξωσκελετών. Πρώτον, είναι δυνατόν να ανιχνευθεί ότι η χρήση εξωσκελετών προκαλεί μυϊκή ενεργοποίηση σε αρκετούς μύες των κάτω άκρων σε άτομα με βλάβη N.M. [274, 275]. Δεύτερον, διαφορετικές ρυθμίσεις του εξωσκελετού μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε διαφορετικά εύρη καταγραφής από το sEMG στους μύες: πρόσθιο κνημιαίο, ορθό μηριαίο, έσω πλατύ και δικέφαλο μηριαίο [276]. Επιπλέον, μεγαλύτερα εύρη sEMG των μυών των κάτω άκρων είναι εμφανή στο βηματισμό με εξωσκελετική υποβοήθηση σε σχέση με τον βηματισμό με ελλειπτικό και θεραπευτή [277]. Τέλος, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, το εύρος του sEMG έδειξε ότι στα άτομα που ζουν με βλάβη N.M., υπάρχει συνολικά λιγότερη ενεργοποίηση των μυών των κάτω άκρων και μεγαλύτερη των μυών των άνω άκρων για τη στήριξη του βάρους κατά τη βάδιση φορώντας έναν εξωσκελετό [278].

4.10.4. Επανεκπαίδευση Κίνησης Άνω Άκρου σε συνδυασμό με το Επιδερμικό Ηλεκτρομυογράφημα

Σε αντίθεση με την προπόνηση βάδισης, το μοτίβο της δραστηριότητας του sEMG κατά τη διάρκεια των εργασιών των άνω άκρων είναι λιγότερο κανονικό. Η έμφαση της κινητικής εκπαίδευσης έχει δοθεί στην βάδιση, αλλά η εκπαίδευση των άνω άκρων είναι πιο ποικίλη, από το παιχνίδι βιντεοπαιχνιδιών μέχρι την χρήση άμμου και εργομετρικών βραχιόνων. Παρ' όλα αυτά, η αξιολόγηση των μοτίβων ενεργοποίησης των μυών των άνω άκρων με τη χρήση μιας τυποποιημένης δοκιμασίας δεξιοτήτων άνω άκρου και χεριού έδειξε την απουσία επιλεκτικότητας στην ενεργοποίηση των μυών, η οποία είναι παρόμοια με αυτό της βάδισης [279].

Το εύρος του sEMG προσθέτει υποκλινικές λεπτομέρειες για την κατανόηση της σοβαρότητας της βλάβης και της εξέλιξης κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης των χεριών, συμπεριλαμβανομένης της έντασης της μυϊκής ενεργοποίησης και της ικανότητας ενεργοποίησης των αγωνιστών μυών χωρίς ακούσια δραστηριότητα στους άλλους μύες [280]. Παρομοίως, η εξάσκηση στο άνοιγμα του χεριού σε συνδυασμό με διαλείπουσα υποξία είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της καταγεγραμμένης από το sEMG συνέργειας των μυών του χεριού [281].

Η προπόνηση των άνω άκρων μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω της λειτουργικής ρύθμισης των μυοστατικών αντανεκλαστικών του δικέφαλου βραχιόνιου μύος, με αξιοσημείωτη μείωση του εύρους του sEMG σε σύγκριση με την αρχική τιμή [282].

Το κανονικοποιημένο εύρος του sEMG χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της ενεργοποίησης των διαφόρων μυών των άνω άκρων κατά τη διάρκεια της προπόνησης με βιντεοπαιχνίδια διαφόρων αθλημάτων, υποδεικνύοντας ποιοι μύες είναι πιο ενεργοί σε κάθε λειτουργία [283]. Το sEMG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας διαφόρων ασκήσεων δύναμης για χρήστες αναπηρικού αμαξιδίου, υποστηρίζοντας τις ασκήσεις κωπηλατικής και τις τυποποιημένες ασκήσεις ανάσπασης της ωμοπλάτης ως αποτελεσματικές θεραπείες αποκατάστασης [284]. Ομοίως, η αμφίπλευρη λείανση, μια δραστηριότητα που χρησιμοποιείται από τους εργοθεραπευτές στον τομέα των σωματικών αναπηριών, αναλύθηκε με τη χρήση κανονικοποιημένου εύρους sEMG - υποδεικνύοντας την κύρια συμβολή των δελτοειδών και των τρικέφαλων βραχιόνων μυών [285]. Επιπλέον, το sEMG χρησιμοποιήθηκε για τον χαρακτηρισμό της μυϊκής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της εργομετρίας με στρόφαλο βραχίονα, υποδεικνύοντας ότι αυτός ο τρόπος προπόνησης μπορεί να προκαλέσει σημαντική ενεργοποίηση των μυών του κορμού, ακόμη και σε πλήρη βλάβη Ν.Μ. [286].

Ομοίως με τις μελέτες προπόνησης βάδισης με υποστήριξη σωματικού βάρους, μια μελέτη διερεύνησε τις επιδράσεις της αντιστάθμισης της βαρύτητας κατά τη διάρκεια εργασιών προσέγγισης, υποδεικνύοντας ότι η αντιστάθμιση της βαρύτητας δεν επηρέασε τον χρόνο αλλά το εύρος του sEMG, το οποίο μειώθηκε ιδιαίτερα στους μύες που εργάζονταν ενάντια στην βαρύτητα [287]. Επίσης, παρόμοια με τη ρομποτική προπόνηση βάδισης, η προπόνηση των άνω άκρων με εξωσκελετούς αποκατάστασης διερευνήθηκε πρόσφατα με τη χρήση ενός λογισμικού μυοηλεκτρικού ελέγχου που χρησιμοποιεί τυποποιημένα χαρακτηριστικά του sEMG συγκεκριμένες χρονικές φάσεις της κίνησης [288].

Συνολικά, η χρήση του sEMG για την κατανόηση των προτύπων ενεργοποίησης των μυών κατά τη διάρκεια διαφόρων τρόπων προπόνησης των άνω άκρων υστερεί σε σχέση με την πιο ολοκληρωμένη κατανόηση της προπόνησης βάδισης.

Ειδικό Μέρος

1. Σκοπός της Διατριβής

1.1. Εισαγωγή

1.1.1. Μελέτες σε τετράποδα

Πριν από έναν αιώνα, ο Sir Charles Sherrington ανέφερε ότι αν ο νωτιαίος μυελός (N.M.) διατέμνονταν χειρουργικά σε χαμηλό θωρακικό επίπεδο, οι σκύλοι ήταν ικανοί να κάνουν "σπονδυλικά βήματα", δηλαδή τα οπίσθια άκρα τους εκτελούσαν ρυθμικές εναλλασσόμενες κινήσεις [289]. Μια φορά στο τόσο, αν τα οπίσθια άκρα ήταν τοποθετημένα σωστά, τα ζώα με σπονδυλική στήλη έκαναν μερικά βήματα πριν πέσουν. Χρόνια αργότερα, ωστόσο, ήταν ο Sten Grillner, σε μελέτες σε γατάκια με βλάβη του N.M., που συνειδητοποίησε ότι η χρήση ενός διαδρόμου διευκόλυνε τη διαδικασία της βάδισης. Η ομάδα του Grillner ανέφερε ότι τα γατάκια που σπονδυλοτομήθηκαν 1-2 εβδομάδες μετά τη γέννησή τους ήταν ικανά να εκτελούν βηματισμό με το βάρος των οπίσθιων άκρων στο διάδρομο [290]. Ίσως ο Grillner και οι συνάδελφοί του να μην το γνώριζαν τότε, αλλά οι τεχνικές τους για την ενεργοποίηση της βάδισης στο διάδρομο θα γίνονταν μέρος της καθιερωμένης πρακτικής για την BWSTT στα σπονδυλοτομημένα ζώα για τα επόμενα χρόνια. Συγκεκριμένα, ανάρτησαν τις γάτες πάνω από έναν διάδρομο με τα μπροστινά άκρα να στηρίζονται σε μια πλατφόρμα. Μόνο τα οπίσθια άκρα πατούσαν στο διάδρομο. Επειδή η πλευρική σταθερότητα του κορμού ήταν ανεπαρκής, οι ουρές των γατών κρατούνταν για να αποτρέψουν την πτώση των οπίσθιων άκρων προς μια πλευρά. Οι ουρές χρησιμοποιήθηκαν επίσης για να διεγείρουν το περπάτημα. Με τη συμπίεση της βάσης της ουράς μεταξύ των δακτύλων και του αντίχειρα, διευκολυνόταν το βάδισμα [291].

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι σπονδυλοτομημένες γάτες περπατούσαν με το βάρος των πίσω άκρων που, με βάση τις κινηματικές και ηλεκτρομυογραφικές αναλύσεις, έμοιαζαν με τα πρότυπα περπατήματος σε φυσιολογικές γάτες. Οι σπονδυλοτομημένες γάτες προσαρμόζαν τα πρότυπα περπατήματος σε διαφορετικές κινητικές συνθήκες και διαταραχές. Όταν η ταχύτητα του διαδρόμου αυξανόταν, το πρότυπο περπατήματος άλλαζε από εναλλασσόμενο περπάτημα σε "καλπασμό των οπίσθιων άκρων". Όταν οι σπονδυλοτομημένες γάτες προκλήθηκαν να περπατήσουν σε περπάτημα με ζώνη διαδρόμου με διαιρεμένο διάδρομο, προσαρμόσαν επιτυχώς τα πρότυπα συντονισμού των οπίσθιων άκρων τους εκτελώντας γρήγορο περπάτημα στο ένα οπίσθιο άκρο και αργό περπάτημα στο άλλο [292]. Τα ευρήματα αυτά κατέδειξαν την αξιοσημείωτη ικανότητα των σπονδυλοτομημένων γατών να παράγουν κίνηση. Εδώ ήταν η απόδειξη ότι ο N.M. από μόνος του ήταν ικανός να παράγει βάδισμα. Ο Grillner πρότεινε την ύπαρξη μιας "σπονδυλικής γεννήτριας" για το περπάτημα [290]. Αυτά τα δίκτυα νευρώνων ήταν υπεύθυνα για το βάδισμα των οπίσθιων άκρων που παρατηρήθηκε στις σπονδυλοτομημένες γάτες. Τα ευρήματα αυτών των μελετών σε ζώα ήταν τόσο συναρπαστικά όσο και ελπιδοφόρα για τους ανθρώπους με βλάβες του N.M. που

λαχταρούσαν να περπατήσουν ξανά, επειδή έδειχναν ότι ακόμη και χωρίς σύνδεση με τον εγκέφαλο, το περπάτημα ήταν δυνατό.

Ενώ οι προηγούμενες μελέτες ήταν σημαντικές για την αποκάλυψη των δυνατοτήτων του N.M., ο ρόλος της προπόνησης δεν είχε ακόμη εκτιμηθεί μέχρι που ο Hughes Barbeau και ο Serge Rossignol παρουσίασαν τις ιδέες τους για τη διαδραστική προπόνηση στον διάδρομο [293, 294]. Χρησιμοποιώντας μια παρόμοια διάταξη προπόνησης στον διάδρομο που είχε αναπτύξει ο Grillner, η διαδραστική προπόνηση των Barbeau και Rossignol έδωσε έμφαση στην προσαρμογή της ποσότητας της φόρτισης των οπίσθιων άκρων, ώστε να είναι δυνατό το περπάτημα. Το αποτέλεσμα ήταν ότι οι σπονδυλοτομημένες γάτες ανέκτησαν το περπάτημα με βάρος σε διάστημα μόλις τεσσάρων εβδομάδων μετά τη σπονδυλοτομή. Αυτό οδήγησε τους Barbeau και Rossignol στο συμπέρασμα ότι όχι μόνο η προπόνηση ήταν σημαντική, αλλά και ότι η μέθοδος προπόνησης (δηλαδή η προοδευτική αύξηση της επιβάρυνσης με βάρος) ήταν επίσης κρίσιμος παράγοντας.

Την ίδια στιγμή, παράλληλες μελέτες διεξάγονταν από τον Lovely και τους συνεργάτες του στο εργαστήριο του V. Reggie Edgerton. Και πάλι, η στήριξη του βάρους κατά τη διάρκεια της προπόνησης ρυθμίστηκε με στόχο τη μεγιστοποίηση του ποσού της φόρτισης των οπίσθιων άκρων. Διαπίστωσαν ότι οι σπονδυλοτομημένες γάτες που λάμβαναν τακτική προπόνηση σε διάδρομο εκτελούσαν σημαντικά καλύτερο περπάτημα των οπίσθιων άκρων από ό,τι οι μη προπονημένες σπονδυλοτομημένες γάτες [295]. Μια σημαντική αλλά συχνά παραγνωρισμένη λεπτομέρεια αυτών των μελετών ήταν η χρήση ενήλικων γατών και όχι σπονδυλοτομημένων μικρών γατών. Υπήρχε κάποια αμφιβολία ως προς το κατά πόσον οι ενήλικες γάτες με βλάβη N.M. θα μπορούσαν να έχουν τόσο καλές επιδόσεις όσο τα αντίστοιχα γατάκια. Οι Robinson και Goldberger απέδειξαν ότι η αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας των οπίσθιων άκρων ήταν ανώτερη σε γάτες που είχαν σπονδυλοτομηθεί ως νεογέννητα σε σχέση με γάτες που είχαν σπονδυλοτομηθεί ως ενήλικες [296]. Ένα "φαινόμενο βρεφικής βλάβης" εμφανίστηκε στα γατάκια επειδή η ανάπτυξη των κατερχόμενων ανασταλτικών οδών διακόπηκε από τη σπονδυλοτομή [296, 297]. Οι εργασίες των Barbeau και Rossignol και επίσης του Edgerton και των συνεργατών του έδειξαν ότι, στην πραγματικότητα, οι ενήλικες γάτες με βλάβες N.M. ήταν ικανές να κάνουν βήματα με το βάρος των οπίσθιων άκρων, αλλά η εκπαίδευση ήταν απαραίτητη.

Χαρακτηριστικό αυτών των πρώτων μελετών για τις γάτες με βλάβη N.M. ήταν η εξάρτηση από τη διέγερση της ουράς. Ο Grillner πίστευε ότι η παροχή "μη ειδικών ερεθισμάτων", όπως η συμπίεση της ουράς, αύξανε το επίπεδο διέγερσης στο N.M., διευκολύνοντας έτσι το περπάτημα. Ο πρώτος συγγραφέας είχε την ευκαιρία να εργαστεί με σπονδυλοτομημένες γάτες ως μεταπτυχιακός φοιτητής στο εργαστήριο Edgerton στο UCLA. Την πρώτη φορά που είδε μια σπονδυλοτομημένη γάτα να περπατάει σε διάδρομο γοητεύτηκε, αλλά πίστευε ότι η συμπίεση της ουράς θα μπορούσε να αποφευχθεί. Ήταν πιο λογικό να χρησιμοποιηθεί η αισθητηριακή ανατροφοδότηση από τα οπίσθια άκρα προκειμένου να οδηγηθούν οι κινήσεις τους. Η εκπαίδευση των σπονδυλοτομημένων γατών, λοιπόν, έγινε μια ομαδική προσπάθεια. Ένας εκπαιδευτής σήκωνε την ουρά για τη στήριξη του βάρους και τη σταθεροποίηση του κορμού, ενώ ένας ή μερικές φορές δύο εκπαιδευτές σε κάθε πλευρά της γάτας κινούσαν τα δεξιά και αριστερά οπίσθια άκρα σε ένα πρότυπο περπατήματος προς τα εμπρός. Η ομάδα έμαθε γρήγορα τεχνάσματα για την πρόκληση του περπατήματος. Για παράδειγμα, η έκταση του ισχίου πυροδοτούσε την προς τα εμπρός ταλάντωση, όπως περιγράφεται από τους Grillner και Rossignol [298] ,

αλλά η κίνηση των ταλαντούμενων άκρων ήταν συχνά αδύναμη και ανεπαρκής για να σηκώσει τις πατούσες. Διαπίστωσαν ότι το γαργαλητό στον αστράγαλο τη στιγμή που το ισχίο έφτανε στην κρίσιμη έκταση ήταν αποτελεσματικό για την ενίσχυση της ανύψωσης και το άνοιγμα των δακτύλων των άκρων για την πελματιαία τοποθέτηση. Ο συντονισμός μεταξύ των δύο οπίσθιων άκρων ήταν επίσης κρίσιμος. Ήταν σημαντικό ο εκπαιδευτής να τοποθετήσει το αντίθετο οπίσθιο άκρο σε θέση που να φέρει βάρος πριν το ισχίο φτάσει στην κρίσιμη έκταση. Στην ουσία, μετατόπιζαν το βάρος στο ένα οπίσθιο άκρο, ενώ τέντωναν το ισχίο και βοηθούσαν την κίνηση στο αντίθετο οπίσθιο άκρο. Αυτά και άλλα τεχνάσματα αναφέρθηκαν αργότερα ως " σπονδυλικοί κανόνες της κίνησης" [299]. Οι σπονδυλοτομημένες γάτες που εκπαιδεύτηκαν με αυτόν τον τρόπο ανέκτησαν την ικανότητα να περπατούν χωρίς καμία εξωτερική διέγερση από τον εκπαιδευτή (συμπεριλαμβανομένης της διέγερσης της ουράς) σε 4-5 εβδομάδες μετά τη σπονδυλοτομή. Οι μη εκπαιδευμένες σπονδυλοτομημένες γάτες δεν ανέκτησαν το ίδιο επίπεδο περπατήματος των οπίσθιων άκρων με αυτές που εκπαιδεύτηκαν. Συνεπώς, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο N.M. έμαθε να περπατάει [300].

Στο σημείο αυτό, οι βασικές τεχνικές της βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης βάρους (αγγλιστί: Body Weight Supported Treadmill Training/BWSTT) είχαν διαμορφωθεί. Ο διάδρομος ήταν απαραίτητος για την τόνωση της κίνησης των οπίσθιων άκρων, όπως και ο έλεγχος της στήριξης του βάρους. Η χειροκίνητη υποβοήθηση των κινήσεων των οπίσθιων άκρων ήταν επίσης σημαντική, αλλά η υποβοήθηση γενικά θα έπρεπε να μειώνεται καθώς ανακτώνται οι ανεξάρτητα παραγόμενες κινήσεις. Δεδομένης της επιτυχίας των μελετών σε σπονδυλοτομημένες γάτες, ήταν θέμα χρόνου να εφαρμοστούν οι τεχνικές αυτές στην αποκατάσταση του ανθρώπου. Ο Barbeau και οι συνεργάτες του περιέγραψαν για πρώτη φορά ένα σύστημα αποκατάστασης της βάδισης που περιλάμβανε ένα διάδρομο και μια συσκευή στήριξης του σωματικού βάρους [301]. Παρόμοια συστήματα στήριξης του σωματικού βάρους και διάδρομου χρησιμοποιήθηκαν από άλλους επιστήμονες που επίσης ενδιαφέρονταν να εφαρμόσουν τους "σπονδυλικούς κανόνες της κίνησης" στην αποκατάσταση της βάδισης [261, 302, 303].

Ωστόσο, μόλις στο άρθρο των Behrman και Harkema έγιναν εμφανείς οι αντιστοιχίες μεταξύ των λεπτομερειών της εκπαίδευσης των σπονδυλοτομημένων γατών και της εκπαίδευσης των ανθρώπων με βλάβη N.M. [304]. Ως μεταδιδακτορική φοιτήτρια στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Λος Άντζελες, η Δρ Harkema επισκεπτόταν περιοδικά τις συνεδρίες εκπαίδευσης των σπονδυλοτομημένων γατών και αστειευόταν με τον πρώτο συγγραφέα ότι οι τεχνικές που χρησιμοποιούνταν στις γάτες ενέπνευσαν τις μεθόδους εκπαίδευσης που χρησιμοποιούσε με τους ανθρώπους. Συγκεκριμένα, δύο φυσιοθεραπευτές βοηθούσαν τις κινήσεις στο αριστερό και το δεξί κάτω άκρο, ενώ ένας φυσιοθεραπευτής σταθεροποιούσε τον κορμό και τους γοφούς. Μεγάλη προσοχή δόθηκε σε σημαντικές παραμέτρους, όπως η ταχύτητα του διαδρόμου, η φόρτιση των κάτω άκρων και η διέγερση των μυϊκών τενόντων, καθώς ήταν κρίσιμες για τη διευκόλυνση του βηματισμού. Για την έναρξη της αιώρησης, οι εκπαιδευτές μετατόπιζαν το βάρος στο αντίθετο κάτω άκρο, ενώ βοηθούσαν την κίνηση του αστραγάλου στο αιωρούμενο κάτω άκρο. Αυτά ήταν τα ίδια τεχνάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στις σπονδυλοτομημένες γάτες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες εκπαίδευσης, παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη κινητική δραστηριότητα σε ανθρώπους με λειτουργικά πλήρη βλάβη N.M. [261, 302]. Ήταν προφανές ότι ο ανθρώπινος N.M. ήταν ικανός να χρησιμοποιεί τις αισθητηριακές εισροές

για να παράγει βάδιση και όπως ακριβώς και στις γάτες, δεν χρειαζόταν τον εγκέφαλο για να το κάνει αυτό.

1.1.2. Μελέτες σε ανθρώπους – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Πριν από την χρήση της προπόνησης βάδισης οι φυσιοθεραπευτές χρησιμοποιούσαν τεχνικές οι οποίες ήταν δοκιμασμένες σε άλλες παθήσεις μυοσκελετικής ή νευρολογικής φύσεως όπως οι διατάσεις, η ενδυνάμωση των μυών που είχαν κάποια λειτουργικότητα και η νευροεξελικτική επανεκπαίδευση (τεχνική Bobath). Και αυτές οι τεχνικές θεωρούνται ότι μπορούν να προσφέρουν, βάσει της θεωρίας των μηχανισμών της νευροπλαστικότητας, οφέλη στην ικανότητα βάδισης ενός ασθενούς με ατελή βλάβη Ν.Μ. [305, 306]. Αυτοί οι μηχανισμοί πιστεύεται ότι επηρεάζονται από την αισθητικοκινητική εξάσκηση κατά τη διάρκεια των συνεδριών φυσιοθεραπείας [307]. Με αυτούς τις τεχνικές και με την χρήση ορθοτικών συσκευών και βοηθημάτων βάδισης, ένας ασθενής με βλάβη Ν.Μ. μπορούσε να επιτύχει την μετακίνησή του σε μια, σχετικά, όρθια θέση.

Αν και οι στρατηγικές που βασίζονται στην αντιστάθμιση (για παράδειγμα, περπάτημα με νάρθηκες) μπορεί να διευκολύνουν τη βάδιση, οι στρατηγικές αυτές δεν οδηγούν στην ανάκτηση της προηγούμενης (προ του τραυματισμού) ικανότητας βάδισης. Για παράδειγμα, ένας ασθενής που περπατάει με ορθοτικές συσκευές πιθανόν να μην είναι σε θέση να περπατήσει αν αφαιρεθούν αυτές οι συσκευές. Για να διευκολυνθεί και να ενισχυθεί η αποκατάσταση της βάδισης, έχουν αναπτυχθεί νέες θεραπευτικές στρατηγικές και επιλογές οι οποίες έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια για την αποκατάσταση της βάδισης σε άτομα με ατελή κινητικά βλάβη του Ν.Μ. (δηλαδή άτομα με κάποια κινητική λειτουργία). Αυτές οι ειδικές θεραπευτικές επιλογές για την βελτίωση της βάδισης συνδυάζουν τη συνδυασμένη, επαναλαμβανόμενη εξάσκηση σύνθετων κύκλων βάδισης κατά τη διάρκεια προπόνησης σε διάδρομο με άρση σωματικού βάρους (body weight support/BWS) και συστήματα υποστήριξης του σωματικού βάρους που περιλαμβάνουν φυσιοθεραπευτές ή ρομποτικά συστήματα [301, 308–310]. Αυτές οι θεραπείες βασίζονται σε μια εντελώς διαφορετική παραδοχή και αποσκοπούν στην αποκατάσταση και ανάκτηση της βάδισης χρησιμοποιώντας τις εγγενείς ικανότητες του νευρικού συστήματος. Στόχος είναι οι δεξιότητες να διατηρηθούν όταν το άτομο εγκαταλείψει το περιβάλλον εκπαίδευσης. Ιστορικά, οι κλινικοί ιατροί αντιστάθμιζαν τα ελλείμματα μετά από βλάβη Ν.Μ. για να επιτύχουν την κινητικότητα (δηλαδή, παρέχοντας κινητικότητα με τροχήλατο όχημα, βάδιση με στηρίγματα ή παλινδρομικά ορθωτικά βάδισης όπως ο νάρθηκας A.R.G.O.) αντί να αξιοποιήσουν την εγγενή ικανότητα του νευρικού συστήματος να αποκαταστήσει τον εαυτό του.

Οι πρώτες μελέτες κατέδειξαν πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα [303, 311] αλλά μέχρι και πριν περίπου 20 έτη αυτά συνήθως προέρχονταν από περιπτωσιολογικές [304, 312, 313] ή προοπτικές [252, 261, 299, 309, 314, 315] μελέτες.

Με το πέρασμα των χρόνων και την ανάπτυξη της τεχνολογίας, αναπτύχθηκαν ρομποτικώς κινούμενα ορθωτικά συστήματα [308, 310] αλλά και εξωσκελετοί επανεκπαίδευσης βάδισης [316] τα οποία προστέθηκαν ως θεραπείες επιλογής, χωρίς όμως κάποια από αυτές να υπερτερεί, έως σήμερα, παρασάγγας από κάποια άλλη και με αυτό τον τρόπο να την οδηγήσει σε υποτίμηση [317–319].

Με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζονταν όλο και περισσότερες τυχαίοποιημένες μελέτες με ομάδα ελέγχου, αλλά και μετα-αναλύσεις αυτών, οι οποίες διερευνούν τα οφέλη από την προπόνηση βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης βάρους συγκρίνοντάς τα είτε με μια συμβατική σειρά φυσιοθεραπευτικών συνεδριών (με ή χωρίς συμβατική προπόνηση βάδισης) είτε με άλλες μορφές προπόνησης βάδισης.

Ο Postans το 2004 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (αγγλιστί: Functional Electrical Stimulation/FES) (BA) με μία που έκανε συμβατική φυσιοθεραπεία (AB) σε μία μελέτη χιαστί συνδυασμού (crossover design). Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) αντοχή βάδισης (μετρήσιμη με το μετέπειτα ονομαζόμενο 6 min Walking Test/6MWT) (m), (β) ταχύτητα βάδισης (m/sec), (γ) ρυθμό βάδισης (αγγλιστί: cadence) (βήματα/min), (δ) μήκος βήματος (m), (ε) ποιότητα βήματος [320], (στ) μυϊκή δύναμη [321], (ζ) σπαστικότητα (μετρήσιμη με την Τροποποιημένη Κλίμακα Asworth, αγγλιστί: Modified Asworth Scale/MAS) [322]. Στο τέλος των παρεμβάσεων, σε σύγκριση με την κατά την κάθε περίοδο ομάδα ελέγχου παρατηρήθηκαν οφέλη για το (α), στο (β), στο (δ) και στο (ζ) ενώ παρατηρήθηκε μείωση (βελτίωση) στο (γ) χωρίς όμως αυτές να είναι στατιστικά σημαντικές. Για το (ε) δεν μπόρεσαν να καταγραφούν διαφορές διότι οι περισσότεροι ασθενείς χρησιμοποιούσαν βοηθήματα βάδισης. Για τα (στ) και (ζ) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές, πιθανόν επειδή δεν υπήρχαν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης από την αρχική αξιολόγηση [323].

Ο Dobkin το 2006 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με μία που έκανε συμβατική προπόνηση βάδισης (CONT). Διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (α) μέτρηση λειτουργικής ικανότητας μετακίνησης (Functional Independence Measure Locomotor/FIM-L) [324], (β) ταχύτητα βάδισης (μετρώντας την ταχύτερη από δύο επιδόσεις βάδισης σε μήκος 15.2m) (m/sec) (γ) 6MWT (m) [325], (δ) ισορροπία (υπολογιζόμενη με την κλίμακα ισορροπίας του Berg (αγγλιστί: Berg Balance Scale), (ε) ικανότητα βάδισης (υπολογιζόμενη με τον Δείκτη βάδισης για βλάβη νωτιαίου μυελού (αγγλιστί: Walking Index for Spinal Cord Injury/WISCI) [326], (στ) δύναμη και κινητικότητα των κάτω άκρων (υπολογιζόμενη με την Κινητική Βαθμολογία Κάτω Άκρων (αγγλιστί: Lower Extremity Motor Score/LEMS) [327]), (ζ) MAS και (η) αίσθηση ποιότητας ζωής (υπολογισμένη με το SF-54 [328]). Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκαν οφέλη σε όλες τις μετρήσεις ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων εκτός από το ότι η ομάδα BWSTT έκανε περισσότερες συνεδρίες στο κλινικό περιβάλλον που είχε ως σκοπό την αποκατάσταση (aim to treat) [329].

Ο ίδιος ερευνητής και με το ίδιο πρωτόκολλο αλλά με μεγαλύτερο δείγμα ασθενών, το 2007 διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (α) FIM-L, (β) ταχύτητα βάδισης, (γ) LEMS, (δ) 6MWT (m), (ε) κατάταξη νευρολογικής βλάβης (υπολογιζόμενο σύμφωνα με την Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Ένωσης Βλαβών του Νωτιαίου Μυελού (αγγλιστί: American Spinal Cord Injury Association/ASIA)). Στο τέλος των παρεμβάσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων αν και οι συσχετισμοί των μετρήσεων με τα δημογραφικά στοιχεία των ασθενών κατέδειξαν έναν αρνητικό συσχετισμό μεταξύ του χρόνου έναρξης της παρέμβασης από τον τραυματισμό και της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης [330].

Το ίδιο έτος η Carvalho σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία, με ασθενείς που είχαν πλήρη βλάβη N.M., που έκανε BWSTT με FES (GG) με μία, με ασθενείς με ατελή βλάβη N.M., που δεν έκανε (χωρίς να δίνονται επιπλέον λεπτομέρειες) (CG). Διερεύνησε

διαφορές στα ακόλουθα: (α) Οστική πυκνότητα (αγγλιστί: Bone Mineral Density/BMD) (g/cm^2), (β) Οστεοκαλσίνη ορού αίματος (αγγλιστί: serum osteo-calcin/OC) (g/mL), (γ) Οστική αλκαλική φωσφατάση (αγγλιστί: bone alkaline phosphatase/B-ALP) (U/L), (δ) Ελεύθερη πυριδινολίνη (αγγλιστί: free pyridinoline/ PYD) (nmol/mmol) και (ε) Ελεύθερη διοξυπυριδινολίνη (αγγλιστί: free deoxy-pyridinoline/DPD) (nmol/mmol). Τα (β) και (γ) είναι δείκτες σχηματισμού των οστών, ενώ τα (δ) και (ε) είναι δείκτες οστικής απορρόφησης. Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκε βελτίωση για τους περισσότερους ασθενείς της GG στα (β), (δ) και (ε) ενώ για τα υπόλοιπα παρατηρήθηκαν μεικτά αποτελέσματα. Η συγκεκριμένη μελέτη δεν χρησιμοποίησε τυχαιοποιημένη ακολουθία δημιουργίας των ομάδων (GG και CG) οπότε δεν ήταν δυνατή η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων [331].

Η ίδια συγγραφέας (Carvalho) το 2009 χρησιμοποίησε την ίδια μεθοδολογία που χρησιμοποίησε και στο άρθρο του 2006, με την διαφορά ότι αναφέρει πως η ομάδα CG έκανε συμβατική φυσικοθεραπεία. Μετά την πάροδο των πρώτων 6 μηνών και η CG ξεκίνησε να προπονείται σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο χωρίς όμως την χρήση FES. Χρησιμοποιώντας μαγνητική τομογραφία στην περιοχή του μηρού διερεύνησε διαφορές στην επιφάνεια διατομής του τετρακεφάλου μηριαίου μυ. Μετά την πάροδο του πρώτου και του δεύτερου εξαμήνου παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική αύξηση στην επιφάνεια διατομής του τετρακεφάλου μηριαίου μυ στην ομάδα GG ενώ δεν παρατηρήθηκε κάποια αύξηση την ομάδα CG. Ομοίως με το 2006, και η συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποίησε ευκαιριακά δείγματα ασθενών [332].

Η Nooijen το 2009 σύγκρινε μεταξύ τους τέσσερις ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με χειροκίνητη υποβοήθηση (TM), μία που έκανε BWSTT με FES (TS), μία που έκανε ρομποτικά υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης (Robotic Assistive Gait Training/RAGT) (LR) και μία που έκανε βάδιση επί του εδάφους με μηχανισμό υποστήριξης βάρους (αγγλιστί: Body-Weight Supported Over-Ground Training/BWSOGT) με FES (OG). Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) ρυθμό βάδισης (βήματα/min), (β) μήκος βήματος (m), (γ) μήκος κύκλου βάδισης (m), (δ) συμμετρία βήματος (μετρήσιμη με τον Δείκτη Συμμετρίας (αγγλιστί: Symmetry Index/SI) [333], (ε) συντονισμό μεταξύ των κάτω άκρων (μετρήσιμο με την Γωνιακή Συνιστώσα του συντελεστή Αντιστοιχίας (αγγλιστί: Angular Component of the coefficient of Correspondence/ACC) [334] των γωνιών των αρθρώσεων του ισχίου και του γονάτου, (στ) Χρονισμό Έναρξης έκτασης Γονάτου εντός κύκλου κίνησης του ισχίου (αγγλιστί: Timing of Knee extension Onset/TOK) [335]. Στο τέλος των παρεμβάσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Για το σύνολο των ομάδων παρατηρήθηκαν οφέλη στα (α), (β) και (γ). Στην κατά ομάδες ανάλυση των δεδομένων, η ομάδα LR φαίνεται να αποκόμισε τα λιγότερα οφέλη για τα παραπάνω συγκρινόμενη με τις ομάδες OG και TS. Στα (δ), (ε) και (στ) δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα οφέλη για όλες τις ομάδες αν και για το (στ) δεν ήταν αναμενόμενο μιας και οι αρχικές μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κοντά σε αυτές που μετρούνται σε ανθρώπους χωρίς βλάβες N.M. [336].

Το 2011 η Field-Fote, χρησιμοποιώντας το ίδιο πρωτόκολλο με την Nooijen, διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) μέγιστη ταχύτητα βάδισης (μετρήσιμη με το μετέπειτα ονομαζόμενο 10m walking test/10MWT) (m/sec) [336], (β) αντοχή βάδισης (μέγιστη απόσταση διανυόμενη σε χρονικό διάστημα 2min) και (γ) LEMS (όπως περιγράφονταν στα Διεθνή Κριτήρια του ASIA (ASIA International Standards/AIS) το 2006. Έκτοτε τα κριτήρια έχουν επικαιροποιηθεί) [337]. Στο τέλος των παρεμβάσεων

παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικά οφέλη στο (α) για τις ομάδες TM, TS και OG, στατιστικώς σημαντικά οφέλη στο (β) για τις ομάδες OG και TS και οφέλη στο (γ) για όλες τις ομάδες [338].

Η Alexeeva το ίδιο έτος σύγκρινε μεταξύ τους τρεις ομάδες: Μία που έκανε BWSTT (TM), μια που προπονήθηκε στην βάρδια στο έδαφος με άρση σωματικού βάρους (BWSOGT) (TRK) και μία που έκανε συμβατική φυσιοθεραπεία (συμπεριλαμβανομένης της προπόνησης βάρδιας χωρίς άρση σωματικού βάρους) (PT). Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) ταχύτητα βάρδιας (m/sec), (β) ισορροπία (υπολογιζόμενη με την κλίμακα (αγγλιστί: scale) Tinetti [339]), (γ) μυοσκελετική ικανότητα (αγγλιστί: Fitness level) (μετρήσιμη με την μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (VO_{2max}) κατά την μυϊκή δοκιμασία κίνησης χειροκίνητης μανιβέλας με αντίσταση), (δ) μυϊκή δύναμη (υπολογιζόμενη με τα AIS, για τον Χειριζόμενο Μυϊκό Έλεγχο (αγγλιστί: Manual Muscle Test/MMT)), και για τα Άνω Άκρα (Upper Extremity Motor Score/UEMS) και για τα Κάτω Άκρα (LEMS) [340], (ε) λειτουργική ικανότητα (υπολογιζόμενη με τις 11 (σχετιζόμενες με την κινητική λειτουργικότητα) από τις 13 ερωτήσεις του FIM) και (στ) ποιότητα ζωής (υπολογιζόμενη με δύο κλίμακες: 13 περιεχόμενα από την κλίμακα Ικανοποίησης Κινητικότητας και Ευζωίας (αγγλιστί: Satisfaction with Abilities and Well-Being Scale/SAWS) [341] και 4 ερωτήσεις από το Σύντομο Ερωτηματολόγιο-36 (αγγλιστί: Short Form-36/SF-36) σχετικά με την αντίληψη για την υγεία τους γενικά, στον παρόντα χρόνο και προ ενός έτους, την νοητική τους υγεία και την ζωτικότητα τους [342]). Στο τέλος των παρεμβάσεων διαπίστωσε οφέλη χωρίς διαφορές και στις τρεις ομάδες στα (α), (δ) και (στ), μεγαλύτερα οφέλη στις ομάδες TRK και PT στο (β), οφέλη σε άτομα και των τριών ομάδων στο (ε) αλλά καμία διαφορά στο (γ) [203].

Το ίδιο έτος ο Lucareli σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT (Group A) συμπληρωματικά της συμβατικής φυσιοθεραπείας με μία που έκανε μόνο συμβατική φυσιοθεραπεία (Group B). Διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (α) χωροχρονικά: ταχύτητα βάρδιας (m/sec), διάρκεια κύκλου βάρδιας (sec), διάρκεια φάσης (διποδικής) στάσης (% κύκλου βάρδιας), διάρκεια φάσης αιώρησης (% κύκλου βάρδιας), μήκος βήματος (cm), διανυόμενη απόσταση (m), ρυθμό βάρδιας (βήματα/min) και (β) γωνιώδη χαρακτηριστικά: μέγιστη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής (ΠΔΚ) άρθρωσης κατά την φάση της στάσης (μοίρες), μέγιστη πελματιαία κάμψη ΠΔΚ κατά την φάση προ της αιώρησης (μοίρες), ελάχιστη έκταση γονάτου κατά την φάση της στάσης (μοίρες), μέγιστη κάμψη γονάτου κατά την φάση της αιώρησης (μοίρες), μέγιστη κάμψη ισχίου κατά την διάρκεια του κύκλου βάρδιας (μοίρες), μέγιστη έκταση ισχίου κατά την φάση προ της αιώρησης (μοίρες) της βάρδιας. Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκαν οφέλη μόνο στην Group A στα (α) ταχύτητα βάρδιας, διανυόμενη απόσταση, ρυθμό βάρδιας, μήκος βήματος, διάρκεια κύκλου βάρδιας, διάρκεια φάσης αιώρησης, διάρκεια φάσης (διποδικής) στάσης και (β) μέγιστη έκταση ισχίου κατά την φάση προ της αιώρησης, μέγιστη πελματιαία κάμψη ΠΔΚ κατά την φάση προ της αιώρησης με εξαίρεση την τελευταία η οποία αυξήθηκε και στο Group B [343].

Η Giangregorio το 2012 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με FES με μία που έκανε ασκήσεις ενδυνάμωσης και αεροβική προπόνηση, συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής προπόνησης βάρδιας σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο χωρίς όμως άρση βάρους ή FES. Διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (α) σωματική μυϊκή μάζα (kg), (β) σωματική μάζα λίπους (kg), (γ) επιφάνεια διατομής μυών (mm^2) και (δ) επιφάνεια διατομής λίπους (mm^2). Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκαν οφέλη

μόνο για την BWSTT ομάδα στο (γ), διερευνώμενο στο οποίο η ομάδα ελέγχου είχε επιδείνωση. Σε όλα τα υπόλοιπα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές [344].

Έναν χρόνο αργότερα, ο Hitzig, χρησιμοποιώντας το ίδιο πρωτόκολλο με την Giangregorio, διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (α) ανεξαρτησία (υπολογιζόμενη με την Μέτρηση Ανεξαρτησίας σε ασθενείς με Βλάβη Νωτιαίου Μυελού (αγγλιστί: Spinal Cord Independence Measure/SCIM)) [345–347] (β) ικανοποίηση από την ζωή, συνολικά (υπολογιζόμενη με την Κλίμακα Ικανοποίησης από την Ζωή (αγγλιστί: Satisfaction with Life Scale/SWLS)) [348, 349], (γ) ανεξαρτησία στην καθημερινότητα (υπολογιζόμενη με το Εργαλείο Δραστηριοτήτων Καθημερινής Ζωής του Lawton (αγγλιστί: The Lawton Instrumental Activities of Daily Living/IADL)) [350], (δ) κοινωνικοοικονομικές συνέπειες της αναπηρίας (υπολογιζόμενες με την Τεχνική της Αναφοράς Αξιολόγησης Αναπηρίας του Craig (αγγλιστί: Craig Handicap and Assessment Reporting Technique/CHART)) [351, 352], (ε) συμμετοχή στην κοινωνία (υπολογιζόμενη με τον Δείκτη Επανένταξης στην Φυσιολογική Ζωή (αγγλιστί: Reintegration to Normal Living (RNL) Index)) [353, 354]. Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκαν οφέλη στο (α) ειδικά για το μέρος της συγκεκριμένης μέτρησης που αφορά την κινητικότητα η BWSTT/FES ομάδα φάνηκε να έχει στατιστικώς σημαντικό όφελος συγκρινόμενη με την ομάδα ελέγχου. Σε καμία άλλη μέτρηση δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές [355].

Δύο χρόνια αργότερα, η Karadia, χρησιμοποιώντας πάλι το ίδιο πρωτόκολλο με την Giangregorio και τον Hitzig, διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (Α) Μετρήσεις σχετικές με την βάρδιση: (Αα) 6MWT (m) [356, 357], (Αβ) 10MWT (m/sec) [357], (Αγ) βοηθητικά μέσα βάδισης (ταξινομημένα με την Βαθμολόγηση των Βοηθητικών Μηχανισμών (αγγλιστί: Assistive Device Score/ADS)) [357, 358], (Αδ) ικανότητα βάδισης (υπολογιζόμενη από την Κλίμακα Βαδιστικής Κινητικότητας (αγγλιστί: Walking Mobility Scale/WMS)) (Δυστυχώς χωρίς περεταίρω λεπτομέρειες ή βιβλιογραφική αναφορά για την συγκεκριμένη κλίμακα), (Β) Μέτρηση σχετική με την ισορροπία και την κινητικότητα: (Βα) λειτουργική κινητικότητα (υπολογιζόμενη με την Χρονομετρημένη δοκιμασία Έγερσης και Βάδισης (αγγλιστί: Timed Up-and-Go test/TUG)) (sec) (Η συγγραφέας περιγράφει την δοκιμασία, χωρίς όμως να δίνει περεταίρω βιβλιογραφικές αναφορές) (σ.σ. η σχετικότερη με την δοκιμασία βιβλιογραφική αναφορά της συγγραφέως στην συνέχεια του άρθρου) [359], (Γ) Μετρήσεις σχετικές με την λειτουργικότητα: (Γα) SCIM [360], (Γβ) FIM-L, (Δ) Μετρήσεις σπαστικότητας: (Δα) MAS [361], (Δβ) Δοκιμασία εκκρεμούς (αγγλιστί: Pendulum test) [362]. Στο τέλος των παρεμβάσεων βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικά οφέλη και για τις δύο ομάδες για τα: (Γα) (ειδικά για το μέρος της συγκεκριμένης μέτρησης που αφορά την κινητικότητα η BWSTT/FES ομάδα φάνηκε να έχει στατιστικώς σημαντικό όφελος συγκρινόμενη με την ομάδα ελέγχου, όπως, βέβαια, αναφέρθηκε και στην έρευνα του Hitzig το προηγούμενο έτος), (Αα) και (Βα), χωρίς να βρεθεί στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Βρέθηκε μια στατιστικώς σημαντική επιδείνωση στο (Δα) στον τετρακέφαλο μηριαίο και για τις δύο ομάδες χωρίς να βρεθεί στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές και στις δύο ομάδες ή μεταξύ των ομάδων για τα: (Αβ) και (Δα) εκτός από την προαναφερόμενη επιδείνωση. Για τα υπόλοιπα δεν έγινε στατιστική ανάλυση διότι δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφοροποίηση στις μετρήσεις μετά την παρέμβαση [363].

Το ίδιο έτος, η Yang σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT (Endurance) με μία που έκανε ασκήσεις βάδισης ακριβείας (Precision) σε μία μελέτη χιαστί

συνδυασμού (crossover design). Διερεύνησε διαφορές στα ακόλουθα: (α) ικανότητα βάδισης στην καθημερινότητα (υπολογιζόμενη με την Κατατομή Λειτουργικής Κινητικότητας σε Βλάβη Νωτιαίου Μυελού (αγγλιστί: Spinal Cord Injury Functional Ambulation Profile/SCI-FAP)) [364], (β) 6MWT (m) [356], (γ) ταχύτητα βάδισης σε ασφαλή (γ_1) και γρήγορη (γ_2) ταχύτητα (υπολογιζόμενη με το 10MWT) (m/sec) [357], (δ) WISCI-II [326, 365], (ε) αυτοπεποίθηση βάδισης (υπολογισμένη με την Κλίμακα Αυτοπεποίθησης Βάδισης για Συγκεκριμένες Λειτουργίες (αγγλιστί: Activities-specific Balance Confidence/ABC scale)) [366], (στ) κατάθλιψη (υπολογιζόμενη με την Κλίμακα Κατάθλιψης του Κέντρου Επιδημιολογικών Μελετών (αγγλιστί: Center for Epidemiologic Studies–Depression Scale)) [367] και (ζ) δείκτης επιτυχίας (μόνο για την ομάδα που έκανε ασκήσεις βάδισης ακριβείας, υπολογιζόμενη με μια εξίσωση μεταβλητών του ύψους και του πλάτους των εμποδίων και της διαμέτρου του στόχου στον οποίο οι ασθενείς θα έπρεπε να τοποθετήσουν τον άκρο πόδα τους.). Στο τέλος των παρεμβάσεων βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικά οφέλη και για τις δύο ομάδες για τα (α), (β), (γ) (γ_1 και γ_2), (ε), (στ) και για το (ζ) (μόνο για την ομάδα που έκανε ασκήσεις βάδισης ακριβείας) ενώ δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικά οφέλη για το (δ). Μεταξύ των ομάδων βρέθηκε στατιστικώς σημαντικότερο όφελος για το (δ) στην ομάδα Endurance συγκρινόμενη με την ομάδα Precision [368].

Ο Sadeghi το 2015 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με μία που έκανε συμβατική φυσιοθεραπεία (PT). Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) βάρος (Kg), (β) δείκτη μάζας σώματος (αγγλιστί: Body Mass Index, BMI), (γ) ποσοστό σωματικού λίπους, (δ) LEMS, (ε) WISCI-II, (στ) 6MWT (m) [369] και (ζ) 10MWT (m/sec) [370]. Στο τέλος των παρεμβάσεων βρήκε στατιστικώς σημαντικά οφέλη σε όλες τις μετρήσεις πλην του (η) για την BWSTT ομάδα σε συγκριτικά με την PT [371].

Ο Senthilvelkumar το ίδιο έτος σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με μία που έκανε BWSOGT. Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) WISCI-II [326, 372], (β) LEMS [327, 373]. Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικά οφέλη και στις δυο μετρήσεις ενώ δεν βρήκε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην αποτελεσματικότητα μεταξύ των δύο παρεμβάσεων [374].

Ο Sandler το 2017 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο και τα δεδομένα της Alexeeva από το 2011 διερεύνησε τον συσχετισμό μεταξύ του είδους, της δόσης παρέμβασης (απόσταση και ένταση) και τον αποτελεσμάτων στα ακόλουθα: (α) διανυόμενη απόσταση σε χρόνο 2 λεπτών (m) και (β) 10MWT (m/sec). Μετά την ανάλυση των δεδομένων βρήκε συσχετισμό μεταξύ δόσης (διανυόμενης αποστάσεως) και (α) και (β) μόνο για την OG ομάδα [375].

Ο Wu το 2018 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με μία που έκανε RAGT με ένα σύστημα υποβοήθησης μεταφοράς βάρους στην λεκάνη και τα κάτω άκρα. Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) μέγιστη ταχύτητα βάδισης σε (α_1) επιλεγμένο/άνετο και σε (α_2) γρήγορο ρυθμό βάδισης (m/sec) [376], (β) 6MWT (m) [377], (γ) MAS [378], (δ) ισορροπία (υπολογιζόμενη με την Κλίμακα Ισορροπίας του Berg (αγγλιστί: Berg Balance Scale/BBS)) [379, 380], (ε) ABC [366] και (στ) SF-36 [381]. Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκε μεγαλύτερο όφελος στο (α) και στο (β) στην ομάδα RAGT αλλά αυτό ίσως να οφείλεται στο χαμηλότερο σημείο έναρξης για αυτά. Για όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις δεν παρατηρήθηκαν σημαντικά οφέλη [382].

Η Piira το 2019 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT (BWSLT) με μία που έκανε συμβατική φυσικοθεραπεία που μπορεί να περιείχε προπόνηση βάδισης επί

του εδάφους. Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) 10MWT (m/sec) [357], (β) 6MWT (m) [357], (γ) LEMS [340], (δ) BBS [380, 383], (ε) έλεγχο στάσης (υπολογιζόμενο με την Τροποποιημένη Δοκιμασία Λειτουργικής Εμβέλειας (αγγλιστί: Modified Functional Reach test/MFR)) [384], (στ) αεροβική ικανότητα (υπολογιζόμενη με την VO_{2max} (l/min)). Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκε μεγαλύτερο όφελος στο (α), στο (β), στο (δ) και στο (ε) και για τις δύο ομάδες ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο (στ) και στο (η). Παρατηρήθηκε μια διαφορά στην BWSTT στο (γ), αλλά λόγω του μικρού δείγματος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως στατιστικά σημαντική [385].

Ο Alrashidi το 2021 σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSSTT με μία που έκανε εξάσκηση με εργομετρικό σύστημα άνω άκρων (αγγλιστί: arm-cycle ergometry) (ACET). Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (Α) Ταχύτητα καρωτιδο-μηριαίου Παλμικού Κύματος (αγγλιστί: carotid-femoral Pulse Wave Velocity/cfPWV) [386, 387], (Β) ΚαρδιοΑναπνευστική Ικανότητα (αγγλιστί: CardioRespiratory Fitness/CRF) (υπολογιζόμενη με την Δοκιμασία ΚαρδιοΑναπνευστικής Άσκησης (αγγλιστί: CardioPulmonary Exercise Test/CPET)) ($\dot{V}O_{2peak}$ (l/min), Μέγιστο έργο (αγγλιστί: Peak power output/ PO_{peak} (W), Πρόσληψη οξυγόνου στο αναπνευστικό κατώφλι (αγγλιστί: Oxygen uptake at ventilatory threshold/ $\dot{V}O_2$ -VT (l/min)) [159, 388]), (Γ) Μετρήσεις καρδιομεταβολικής υγείας: (Γα) Γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη (HbA1c), (Γβ) Λιπιδαιμικό προφίλ (τριγλυκερίδια, συνολική χοληστερόλη, χοληστερόλη λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL-C), χοληστερόλη λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας (HDL-C), αναλογία της συνολικής χοληστερόλης), (Γγ) γλυκόζη αίματος. Στο τέλος των παρεμβάσεων δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστικώς σημαντική μεταβολή στα στοιχεία που διερευνήθηκαν. Παρατηρήθηκε, όμως, μια βελτίωση στον $\dot{V}O_2$ -VT για την ACET, συγκρινόμενη με την αρχική μέτρηση και με την BWSTT [389].

Ο Gee το 2022 χρησιμοποιώντας το ίδιο πρωτόκολλο με τον Alrashidi διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (Α) Ποιότητα Ζωής (αγγλιστί: Quality of Life/QoL) υπολογιζόμενο με τα: (Αα) Ερωτηματολόγιο για την Ικανοποίηση από την Ζωή-9 (αγγλιστί: Life Satisfaction Questionnaire 9/LiSAT-9)) [390] και (Αβ) SWLS [348], (Β) Σωματική δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο (υπολογιζόμενο με το Ερωτηματολόγιο Φυσικής Δραστηριότητας στον Ελεύθερο Χρόνο για άτομα με Βλάβη Νωτιαίου Μυελού (αγγλιστί: Leisure Time Physical Activity Questionnaire for People with SCI/ LTPAQ-SCI)) [391, 392]), (Γ) Πόνο (υπολογιζόμενος με μια υποκλίμακα 2 ερωτήσεων από το SF-36 [342, 393]), (Δ) Διάθεση (αξιολογημένη με το Πρόγραμμα Θετικής Και Αρνητικής Επίδρασης (αγγλιστί: Positive and Negative Affect Schedule/PANAS) [394], (Ε) Αποτελεσματικότητα για την εκτέλεση αερόβιας άσκησης (αξιολογημένη με ένα ερωτηματολόγιο 10 ερωτήσεων [395], (ΣΤ) SCIM-III [347] και (Η) Συμμετοχή και αυτονομία (αξιολογημένη με το Ερωτηματολόγιο Επιπτώσεων στη Συμμετοχή και την Αυτονομία (αγγλιστί: Impact on Participation and Autonomy Questionnaire/IPAQ [396])). Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκε μία στατιστικώς σημαντική βελτίωση στο (Γ) για την ACET συγκρινόμενη με την BWSTT.

Το 2024 η Nogueira σύγκρινε μεταξύ τους δύο ομάδες: Μία που έκανε BWSTT με Επαναλαμβανόμενη Διακρανιακή Μαγνητική Διέγερση (αγγλιστί: Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation/ rTMS) με μία που έκανε BWSTT νομίζοντας ότι κάνει και rTMS (sham rTMS). Διερεύνησε τις πιθανές διαφορές στα ακόλουθα: (α) WISCI-II [397], (β) LEMS [398], (γ) SCIM-III [399], (δ) SF-36 (την Περίληψη του Στοιχείου που αφορά τα Φυσικά Χαρακτηριστικά του ασθενούς (αγγλιστί: Physical Component Summary/PCS)) [400], (ε) MAS [322, 401] και (στ) αντίληψη αλλαγής της κατάστασης από τον ασθενή (υπολογιζόμενη

με την Κλίμακα Συνολικής Εντύπωσης του Ασθενούς για την Αλλαγή (αγγλιστί: Patient Global Impression of Change Scale/ PGICS)) [402]. Στο τέλος των της 6^{ης} παρέμβασης παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική μεγαλύτερη βελτίωση για την ομάδα που έκανε rTMS συγκρινόμενη με την ομάδα που δεν έκανε, η οποία όμως έπαψε να υπάρχει στο τέλος των παρεμβάσεων και στον επανέλεγχο (follow-up) για το (α). Σχετικά με το (α) και οι δύο ομάδες παρουσίασαν βελτίωση. Στο τέλος των παρεμβάσεων παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά για το (β) για την ομάδα που έκανε rTMS χωρίς όμως να παρατηρηθεί στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Σχετικά με το (γ), παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην ομάδα που έκανε rTMS συγκρινόμενη και με την ομάδα που δεν έκανε και με την αρχική μέτρηση. Δεν βρέθηκε κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά στις υπόλοιπες μετρήσεις [403].

1.2. Μηδενική Υπόθεση

Με όλες αυτές τις μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με την BWSTT και την επίδρασή της σε διάφορα συστήματα του ασθενή με βλάβη Ν.Μ. γίνεται φανερό ότι δεν έχει επιβεβαιωθεί η θετική επίδρασή της. Με την παρούσα έρευνα έχουμε την ευκαιρία να προσθέσουμε επιπλέον στοιχεία που θα βοηθήσουν στην ανακάλυψη της δράσης αυτού του μέσου αποκατάστασης στην συγκεκριμένη κατηγορία ασθενών.

Η μηδενική μας υπόθεση ορίζεται ως εξής:

«Η βάρδια σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης βάρους δεν ωφελεί στην βελτίωση της ικανότητας βάδισης, της λειτουργικότητας, της σπαστικότητας, της οστικής πυκνότητας και λοιπών χαρακτηριστικών της σωματοδομής, του οστικού μεταβολισμού και της ποιότητας ζωής του ασθενούς με βλάβη νωτιαίου μυελού».

1.3. Δημοσιευμένα Άρθρα

Κατά την διάρκεια της περιόδου της διδακτορικής διατριβής και προς άντληση επιστημονικών γνώσεων σχετικών με την διεξαγόμενη έρευνα, ολοκληρώθηκαν επιστημονικές εργασίες οι οποίες και δημοσιεύθηκαν.

1.3.1. Άρθρο Ανασκόπησης: *“Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”*.

Η παρούσα εργασία αποσκοπούσε στην ανασκόπηση μελετών που εξετάζουν άμεσα ή έμμεσα τις διαφορές της διαδικασίας αποκατάστασης ασθενών με πολλαπλές κακώσεις με ή χωρίς κακώσεις του νωτιαίου μυελού ή ασθενών με πολλαπλές κακώσεις του νωτιαίου μυελού με ή χωρίς πολλαπλές κακώσεις σε άλλες σωματικές δομές ή ασθενών με πολλαπλές κακώσεις του νωτιαίου μυελού διαφορετικής σοβαρότητας [404].

1.3.2. Άρθρο ανασκόπησης και μετα-ανάλυση: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”

Η προπόνηση βάδισης με τη βοήθεια ρομπότ και εξωσκελετού τείνει να καταστεί η κύρια μέθοδος προπόνησης βάδισης. Οι μελέτες διερευνούν τις ψυχοκοινωνικές επιδράσεις της προπόνησης βάδισης αυτού του είδους κυρίως ως δευτερεύοντα αποτελέσματα. Η συστηματική μας ανασκόπηση και μετα-ανάλυση είχε ως στόχο να διερευνήσει τις επιδράσεις αυτού του είδους προπόνησης βάδισης σε ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση στην ψυχική υγεία και την αίσθηση κόπωσης των ασθενών.

Πέραν του βασικού στόχου της εργασίας, η συγκεκριμένη εργασία είχε ως στόχο την σύγκριση των μεθοδολογιών παρέμβασης σε ασθενείς με νόσο Ανώτερου Κινητικού Νευρώνα κατά την χρήση αυτών των νέων τεχνολογιών με την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην δική μας Κλινική μελέτη [405].

1.3.3. Μετάφραση της Κλίμακας Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης και των παραρτημάτων I και II της Αμερικανικής Εταιρίας Βλαβών Νωτιαίου Μυελού στα Ελληνικά

Η μετάφραση του AIS είχε ως σκοπό την εξοικείωση με τις κλίμακες κατάταξης νευρολογικής βλάβης και την ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση των ασθενών μέσα σε ένα Κλινικό πλαίσιο [406] (προσαρτήματα 1α, 1β, 2 και 3).

2. Μεθοδολογία

2.1. Μέθοδος Κλινικής Μελέτης

2.1.1. Εισαγωγή-Τοποθεσία

Οι πρώτες διερευνητικές επαφές με τον Καθηγητή Πλούμη σχετικά με την εκπόνηση διδακτορικής διατριβής έγιναν στις αρχές του 2011. Έως το τέλος του ιδίου έτους (13-12-2011) είχαν συνταχθεί και αποσταλεί προς έγκριση από την διοίκηση της Ιατρικής Σχολής του πανεπιστημίου Ιωαννίνων και το επιστημονικό συμβούλιο του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ιωαννίνων (Π.Γ.Ν.Ι.) η «Έκθεση πρωτοτυπίας και σκοπιμότητας της διδακτορικής διατριβής», το «Πρωτόκολλο της ερευνητικής εργασίας», η «Δήλωση συγκατάθεσης συμμετοχής στη μελέτη» και όλα τα υπόλοιπα απαραίτητα έγγραφα που πιστοποιούσαν την επάρκεια μου και την υλικοτεχνική επάρκεια της κλινικής Φυσικής Ιατρικής και Αποκατάστασης (Φ.Ι.Α.) “Σταύρος Σ. Νιάρχος” του Π.Γ.Ν.Ι. όπου και θα διεξαγόταν η έρευνα. Λίγες ημέρες αργότερα (20/12/2011) η διοίκηση της σχολής βεβαίωσε την έναρξη της διδακτορικής διατριβής με θέμα: **«Η Υποβοηθούμενη βάδιση με σύστημα υποστήριξης βάρους σώματος ως μέσο Φυσικοθεραπευτικής Αποκατάστασης σε ασθενείς με βλάβη νωτιαίου μυελού»**, με επιβλέποντα Καθηγητή τον Καθηγητή Φυσικής Ιατρικής και Αποκατάστασης, Πλούμη Αβραάμ και μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής τον ίδιο, τον Καθηγητή Ορθοπαιδικής, Μπερή Αλέξανδρο και τον Καθηγητή Νευροχειρουργικής, Βούλγαρη Σπυρίδωνα. Στις αρχές του 2012 (26-4-2012) ελήφθη και η «Έγκριση διεξαγωγής Ερευνητικής εργασίας-διδακτορικής διατριβής» από το επιστημονικό συμβούλιο του Π.Γ.Ν.Ι.

2.1.2. Συμμετέχοντες

Ως πιθανοί συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν όλοι οι ασθενείς με βλάβες Ν.Μ. οι οποίοι νοσηλεύθηκαν στην Κλινική Φ.Ι.Α. “Σταύρος Σ. Νιάρχος”, στην Ορθοπαιδική και στην Νευροχειρουργική Κλινική του Π.Γ.Ν.Ι. Από την συμμετοχή στην έρευνα εξαιρέθηκαν ασθενείς με προοδευτικές εκφυλιστικές παθήσεις του Ν.Μ. (π.χ. Πολλαπλή Σκλήρυνση), ασθενείς με Κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις και ιστορικό Αγγειακού Εγκεφαλικού Επεισοδίου που να έχει επιφέρει μείωση της νοητικής ή κινητικής ικανότητας, ασθενείς με ανεξέλεγκτη ή επιδεινούμενη καρδιοαγγειακή ή άλλη παθολογία (π.χ. θρομβοφιλία, ανέλεγκτη ορθοστατική υπόταση, πολυνευροπάθεια, έκτοπη οστεοποίηση κ.α.) που να καθιστά αδύνατη, επικίνδυνη ή βλαβερή την ορθοστάτηση ή/και την βάδιση. Τέλος, εξαιρέθηκαν από την συμμετοχή στην έρευνα ασθενείς με πρόσφατη Αυτόνομη Δυσανακλαστικότητα, Εν τω βάθει θρόμβωση και Σπαστικότητα υψηλής έντασης που να καθιστά αδύνατη την βάδιση. Τέλος, εξαιρέθηκαν από την έρευνα όσοι ασθενείς με τετραπληγία ή σύνδρομο κεντρικού ή προσθίου Ν.Μ. δεν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν βοηθήματα βάδισης με τα άνω άκρα.

Οι ασθενείς που αξιολογήθηκαν ως ικανοί συμμετοχής στην έρευνα, ενημερώθηκαν για την μέθοδο και την διάρκεια της παρέμβασης. Στις περιπτώσεις που ήταν απαραίτητη η παρουσία κάποιου φροντιστή/συγγενούς ενημερώνονταν και αυτοί. Τέλος, όσοι ασθενείς

επιθυμούσαν να λάβουν μέρος στην έρευνα, υπέγραφαν μια γραπτή δήλωση συμμετοχής και συναίνεσης για την διαχείριση των αντλούμενων δεδομένων.

2.1.3. Παρέμβαση

Η βάδιση σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης σωματικού βάρους γίνονταν σε 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα για χρονικό διάστημα 6 εβδομάδων. Οι ασθενείς, προσέγγιζαν τον χώρο της συνεδρίας με αναπηρικό καροτσάκι ή κρεβάτι, για να αποφευχθεί η κόπωση πριν από τη συνεδρία, προσδένονταν σε ένα γιλέκο, μέρος του "Offset Unweighting System" της "Biodex Medical Systems, Inc.". Οι ασθενείς με ASIA A ή B, οι οποίοι δεν μπορούσαν να διατηρήσουν όρθια θέση, χρησιμοποιούσαν ένα προηγμένο ορθοτικό σύστημα ορθοστασίας και βάδισης με εναλλαγή κινήσεων (Advanced Reciprocating Gait Orthoses (ARGO)). Το "Gait Trainer 2" της "Biodex Medical Systems, Inc." ήταν ο ηλεκτροκίνητος διάδρομός μας. Η υποστήριξη βάρους και η ταχύτητα του διαδρόμου ρυθμιζόνταν προφορικά από τους ασθενείς ανάλογα με την αντοχή και την ικανότητα βάδισής τους. Χρησιμοποιήθηκαν μέγιστη υποστήριξη βάρους 40% (σύμφωνα με τις κλινικές οδηγίες του κατασκευαστή (Wilcox, David & Boyd, Kate, 2012)) και ελάχιστη ταχύτητα 0,1km/h (λόγω τεχνικών περιορισμών). Όποιοι ασθενείς το χρειάζονταν δέχονταν μία μικρή φυσική βοήθεια για την διατήρηση του κύκλου βάδισης από τον φυσικοθεραπευτή. Η συνεδρία διαρκούσε 60 λεπτά, από τα οποία, τα 15 λεπτά χρησιμοποιούνταν για την προετοιμασία του ασθενούς να χρησιμοποιήσει ή να απεμπλακεί από την συσκευή και ο μέγιστος χρόνος βάδισης ήταν 45 λεπτά.

2.1.4. Τύπος Κλινικής Μελέτης

Πρόκειται για μία προοπτική μελέτη με μετρήσεις πριν και μετά την παρέμβαση

2.1.5. Μετρήσεις και εργαλεία μέτρησης

2.1.5.1. Μέτρηση κατάταξης νευρολογικής βλάβης

Όλοι οι συναινούντες και συμμετέχοντες ασθενείς κατά την έναρξη της έρευνας αξιολογήθηκαν στην κλίμακα κατάταξης νευρολογικής βλάβης ASIA (ASIA Impairment Scale/AIS) [406]. Η Κλίμακα κατάταξης νευρολογικής βλάβης της Αμερικανικής Ένωσης Βλαβών του Νωτιαίου Μυελού (American Spinal Injury Association/ASIA) ή AIS περιγράφει τη λειτουργική βλάβη ενός ατόμου ως αποτέλεσμα μιας βλάβης N.M.. Η κλίμακα αυτή παρουσιάζει το βαθμό αισθητικότητας του ατόμου μετά από ελαφρύ άγγιγμα και τσίμπημα με βελόνα σε πολλά σημεία του σώματος και αξιολογεί τις βασικές κινήσεις και στις δύο πλευρές του σώματος.

2.1.5.2. Μετρήσεις διερεύνησης αποτελεσματικότητας της παρέμβασης

Προ και μετά της περιόδου παρέμβασης των 6 εβδομάδων οι ασθενείς αξιολογήθηκαν στα παρακάτω:

- α. Στην ικανότητα βάδισης, αξιολογημένη με τον Δείκτη Βάδισης για Βλάβη Νωτιαίου Μυελού (WISCI-II) [326]

Ο Δείκτης Βάδισης για (ασθενείς με) Βλάβες Νωτιαίου Μυελού II (WISCI II) είναι ένα τυποποιημένο εργαλείο αξιολόγησης που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ικανότητας βάδισης σε άτομα με βλάβη νωτιαίου μυελού. Η κλίμακα κατατάσσει την ικανότητα βάδισης με βάση τη σοβαρότητα των φυσικών περιορισμών, λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση βοηθημάτων, νάρθηκων και τη σωματική υποστήριξη που απαιτείται. Περιλαμβάνει 21 επίπεδα (0 έως 20), όπου το 0 αντιπροσωπεύει την πλήρη αδυναμία βάδισης ή στάσης, ενώ το 20 δηλώνει την ανεξάρτητη βάδιση χωρίς καμία υποστήριξη ή βοήθεια. Το κάθε επίπεδο αντιπροσωπεύει ένα προοδευτικό βήμα προς τη βελτίωση της κινητικότητας, επιτρέποντας τη λεπτομερή καταγραφή της κλινικής εξέλιξης.

- β. Στην λειτουργικότητα, αξιολογημένη με τον δείκτη λειτουργικότητας Barthel (Barthel Index) [407].

Ο Δείκτης Λειτουργικότητας Barthel είναι ένα απλό και ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο αξιολόγησης της λειτουργικότητας και της ανεξαρτησίας των ασθενών με χρόνιες παθήσεις ή τραυματισμούς, όπως αυτοί που επηρεάζουν το νευρομυϊκό ή το μυοσκελετικό σύστημα. Επικεντρώνεται στην ικανότητα του ασθενούς να εκτελεί βασικές δραστηριότητες καθημερινής ζωής, όπως η σίτιση, η μετακίνηση, η προσωπική υγιεινή, η ένδυση, η μετακίνηση στις σκάλες και ο έλεγχος των σφιγκτήρων. Το εργαλείο βασίζεται σε ένα σύστημα βαθμολόγησης, όπου κάθε δραστηριότητα βαθμολογείται ανάλογα με το επίπεδο ανεξαρτησίας του ασθενούς, με ανώτατο όριο τους 100 βαθμούς. Το τελικό σκορ παρέχει μια συνολική εικόνα για την ικανότητα του ασθενούς να διατηρεί ανεξάρτητη διαβίωση, αν και ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις επιμέρους δραστηριότητες, οι οποίες καταδεικνύουν συγκεκριμένες περιοχές δυσλειτουργίας.

- γ. Στην σπαστικότητα των μυών, αξιολογημένη με την Τροποποιημένη Κλίμακα Asworth (Modified Asworth Scale) [401].

Η Τροποποιημένη Κλίμακα Ashworth (Modified Ashworth Scale - MAS) αποτελεί ένα εργαλείο κλινικής αξιολόγησης για τη μέτρηση της σπαστικότητας, που ορίζεται ως η ταχύτητα-εξαρτώμενη αύξηση του μυϊκού τόνου λόγω υπερδραστηριότητας των αντανεκλαστικών τόξων. Η MAS σχεδιάστηκε ώστε να προσφέρει μια γρήγορη και απλή αξιολόγηση της αντίστασης κατά την παθητική διάταση μυών, χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένου εξοπλισμού. Η κλίμακα περιλαμβάνει έξι κατηγορίες, από το "0" (καμία αύξηση του μυϊκού τόνου) έως το "4" (το μέλος είναι άκαμπτο σε κάμψη ή έκταση).

Συγκεκριμένα η βαθμολόγηση κυμαίνεται ως εξής:

- "0" = "No increase in muscle tone" (καμία αύξηση στον μυϊκό τόνο)
- "1" = "Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at the end of range" (Ελαφρά αύξηση του τόνου με πιάσιμο και απελευθέρωση ή ελάχιστη αντίσταση στο τέλος του εύρους)
- "1+" = "As 2 but with minimal resistance through range following catch" (Όπως το 2, αλλά με ελάχιστη αντίσταση μέσω του εύρους που ακολουθεί το πιάσιμο)
- "2" = "More marked increase tone through Range of Motion-ROM" (Πιο έντονη αύξηση του τόνου μέσω του εύρους κίνησης)
- "3" = "Considerable increase in tone, passive movement difficult" (Σημαντική αύξηση του τόνου, παθητική κίνηση δύσκολη)
- "4" = "Affected part rigid" (Το επηρεαζόμενο μέρος είναι άκαμπτο)

Προ παρεμβάσεως ελέγχθηκαν όλοι οι μύες ως κύριοι δρώντες των ενεργειών των κάτω άκρων: Λαγονοψοϊτής, Τετρακέφαλος μηριαίος, Οπίσθιοι Μηριαίοι, Προσαγωγοί, Γαστροκνήμιος, Πρόσθιος Κνημιαίος και Περονιαίοι. Μετά την παρέμβαση ελέγχθηκαν οι μυς με σπαστικότητα, ώστε να ελεγχθεί η επίδραση της παρέμβασης σε αυτούς.

- δ. Στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, του αυχένα του μηριαίου και του τροχαντήρα, στις βαθμολογίες T και Z, στον δείκτη μάζας σώματος (BMI), στην μάζα λίπους και στην άλιπη μάζα του σώματος του ασθενούς, Τα παραπάνω μετρήθηκαν από τα αποτελέσματα της Απορροφησιομετρίας Ακτινών Χ Διπλής Ενέργειας (Dual Energy X-ray Absorptiometry/DEXA).
- ε. Στους δείκτες του οστικού μεταβολισμού οι οποίοι ανιχνεύονται στο αίμα. Συγκεκριμένα, μετά από αιμοληψία μετρήθηκαν οι
 - I. Καλσιτονίνη (Calcitonin): Η καλσιτονίνη είναι ένα πεπτίδιο 32 αμινοξέων που παράγεται από τα κύτταρα C του θυρεοειδούς. Οι οστεοκλάστες διαθέτουν υποδοχείς καλσιτονίνης και η καλσιτονίνη μπορεί να αναστείλει ταχέως την οστική αποδόμηση [408].
 - II. Οστεοκαλσίνη (Osteocalcin): Η οστεοκαλσίνη είναι μια πρωτεΐνη που εκκρίνεται από τους οστεοβλάστες και είναι γνωστό ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση της πυκνότητας των οστών [409].
 - III. 25-υδροξυβιταμίνη D (25-hydroxyvitamin D/25-OH vitamin D) και 1,25-διυδροξυβιταμίνη D (1,25-Dihydroxyvitamin D). Αυτά τα ένζυμα είμαι δείκτες των αποθεμάτων της βιταμίνης D. Η ανεπάρκεια βιταμίνης D οδηγεί σε δευτερογενή υπερπαραθυρεοειδισμό αυξάνοντας την οστική αποδόμηση [410].
 - IV. Οστάση (παλαιός όρος) ή Ειδική για τα Οστά Αλκαλική Φωσφατάση (Bone-specific alkaline phosphatase/BAP): Η Ειδική για τα Οστά Αλκαλική Φωσφατάση συντίθεται από τους οστεοβλάστες και πιστεύεται ότι εμπλέκεται στην ασβεστοποίηση της οστικής δομής [411].
 - V. Παραθυρεοειδής ορμόνη (PTH): Η παραθυρεοειδής ορμόνη είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ομοιόστασης του ασβεστίου μέσω των δράσεών της στη ρύθμιση της οστικής αναδιαμόρφωσης [412].
- στ. Στην ποιότητα ζωής, αξιολογημένη με το Σύντομο Ερωτηματολόγιο Ποιότητας Της Ζωής του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization Quality Of Life (WHOQOL) – BREF) [413].
 Το εργαλείο WHOQOL-BREF είναι ένα ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.) για την αξιολόγηση της ποιότητας ζωής. Στην ελληνική του έκδοση, μεταφράστηκε και προσαρμόστηκε από την Ψυχιατρική Κλινική του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Το εργαλείο περιλαμβάνει 26 ερωτήσεις, που αναλύονται σε τέσσερις βασικούς τομείς:
 - Φυσική Υγεία: Αξιολογεί στοιχεία όπως ο ύπνος, η ενέργεια, η κινητικότητα και η εξάρτηση από φαρμακευτική αγωγή.
 - Ψυχολογική Ευεξία: Περιλαμβάνει την αυτοεκτίμηση, την αντίληψη για το νόημα της ζωής, και την ψυχική ευημερία.
 - Κοινωνικές Σχέσεις: Εστιάζει στις προσωπικές σχέσεις, την υποστήριξη από φίλους και την ικανοποίηση από την κοινωνική ζωή.

- Περιβάλλον: Εξετάζει παράγοντες όπως η ασφάλεια, η οικονομική επάρκεια, το φυσικό περιβάλλον και η πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας.

Το WHOQOL-BREF βασίζεται στη μέτρηση των εμπειριών και της ικανοποίησης των συμμετεχόντων από την καθημερινή τους ζωή, εντός των δύο τελευταίων εβδομάδων πριν τη συμπλήρωσή του.

2.1.6. Στατιστική ανάλυση

Για την περιγραφή των ποσοτικών τιμών και εκβάσεων χρησιμοποιήθηκαν μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις ενώ για τις κατηγορικές μετρήσεις όπως το φύλο και η κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS, πλήθη και ποσοστά. Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι t και μη παραμετρικοί των Man-Whitney για δύο ανεξάρτητα δείγματα για την διαφοροποίηση των εκβάσεων ανάλογα με την ιδιότητα ή με άλλες παραμέτρους που εκφράζονται σε δύο κατηγορίες όπως το φύλο, μετά από ελέγχους κανονικότητας σύμφωνα με το κριτήριο Shapiro-Wilk. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι paired t και μη παραμετρικοί του Wilcoxon για δύο εξαρτημένα δείγματα. Παράλληλα το πώς επιδρά η κατάταξη στην κλίμακα AIS των ασθενών με περισσότερες από δύο επιλογές, αξιολογήθηκε με το κριτήριο της ανάλυσης διακύμανσης και με μη παραμετρικούς ελέγχους των Kruskal-Wallis. Για την εξέταση των σχέσεων μεταξύ μη κατηγορικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson ή του Spearman όπου κρίθηκε αναγκαίο. Η συνολική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SPSS v23.0 και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ίσο με 0,05 σε όλες τις περιπτώσεις.

2.2. Μέθοδοι Δημοσιευμένων Άρθρων

2.2.1. Μεθοδολογία του άρθρου ανασκόπησης: *“Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”*.

Για την παρούσα ανασκόπηση ακολουθήθηκαν οι κατευθυντήριες γραμμές PRISMA

2.2.1.1. Πηγές πληροφοριών και στρατηγική αναζήτησης

Πραγματοποιήσαμε ηλεκτρονική βιβλιογραφική ανασκόπηση χρησιμοποιώντας τις βάσεις δεδομένων MEDLINE, ScienceDirect, Scopus και Cochrane. Αναζητήθηκαν οι ακόλουθες λέξεις-κλειδιά: “Spinal Cord Injury” ΚΑΙ “Polytrauma” Ή “Multiple Trauma” Ή “Multiple Injuries” ΚΑΙ “Rehabilitation” ΚΑΙ “Outcome”. Η βιβλιογραφική αναζήτηση περιορίστηκε σε ανθρώπους και σε αγγλόφωνες μελέτες που δημοσιεύθηκαν μεταξύ 1ης Ιανουαρίου 1970 και 31ης Οκτωβρίου 2018. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε καταχωρήθηκε στο διεθνές μητρώο συστηματικών ανασκοπήσεων PROSPERO (Prospero ID: CRD42018104046).

Η βάση δεδομένων Medline παρήγαγε 64 αναφορές, ενώ οι βάσεις ScienceDirect, Scopus και Cochrane παρείχαν 310, 49 και 2 αναφορές αντίστοιχα, συνολικά σε 425 πιθανές μελέτες. Μετά την εξάλειψη των διπλοτύπων και την εφαρμογή των κριτηρίων επιλεξιμότητας παρέμειναν 24 άρθρα. Μετά την εξέταση των 24 άρθρων, οι δύο ερευνητές (Πλούμης Αβραάμ και Χριστοδούλου Βασίλειος) επιλέξαμε 6 μελέτες που προσέφεραν τα κατάλληλα δεδομένα για την παρούσα ανασκόπηση.

2.2.1.2. Κριτήρια επιλεξιμότητας

Όλες οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν έπρεπε να προσδιορίζουν τις διαφορές της διαδικασίας αποκατάστασης ή της έκβασης μεταξύ αυτών των ομάδων ασθενών με κάκωση Ν.Μ. με ή χωρίς συνακόλουθες κακώσεις είτε πολυτραυματίες με ή χωρίς κάκωση Ν.Μ., ακόμη και αν αυτό δεν αποτελούσε στόχο της επιλεγμένης μελέτης. Τα προς επιλογή άρθρα θα έπρεπε να έχουν συγγραφεί μετά το 1970 στην αγγλική γλώσσα και να διερευνούν κάθε στοιχείο αποκατάστασης και έκβασης αυτής σε πολυτραυματίες με κάκωση Ν.Μ.. Σημειώματα εκδοτών, επιστολές, συστηματικές ανασκοπήσεις, μετα-ανάλυσεις, προκαταρκτικές εκθέσεις, γνώμες εμπειρογνομόνων, συνέδρια και εγχειρίδια αποκλείονταν όπως επιπλέον αποκλείονταν και άρθρα που διαπραγματεύονταν μη τραυματικές βλάβες Ν.Μ., κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις και ζώα. Τέλος αποκλείονταν μελέτες που δεν αναφέρουν διαφορές ή ομοιότητες μεταξύ ασθενών με πολλαπλούς τραυματισμούς με ή χωρίς κάκωση Ν.Μ. ή μεταξύ ασθενών με κάκωση Ν.Μ. με ή χωρίς πολλαπλούς τραυματισμούς ή ασθενών με πολλαπλούς τραυματισμούς με κάκωση Ν.Μ. διαφορετικής σοβαρότητας.

2.2.1.3. Επιλογή και συλλογή δεδομένων

Κάθε περίληψη αναθεωρήθηκε από δύο από τους συγγραφείς προκειμένου να αφαιρεθούν οι διπλές και οι μη σχετικές μελέτες με βάση τα κριτήρια επιλεξιμότητας και τους στόχους της παρούσας ανασκόπησης. Τα πλήρη άρθρα επανεξετάστηκαν επίσης για τον εντοπισμό σχετικών μελετών στη βιβλιογραφία για τη συμπερίληψη στην παρούσα ανασκόπηση. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εξαγωγή δεδομένων, με τη χρήση τυποποιημένου πίνακα.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν προσδιορίστηκαν ως εξής:

- Όνομα του κύριου συγγραφέα και έτος δημοσίευσης.
- Τύπος (δημογραφικά στοιχεία) και μέγεθος του πληθυσμού, σχεδιασμός της μελέτης.
- Συνολική αξιολόγηση και χρησιμοποιούμενο εργαλείο μέτρησης των αποτελεσμάτων αποκατάστασης.
- Δεδομένα ή πληροφορίες που εξήχθησαν.

2.2.2. Μεθοδολογία του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: *“Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”*

Η παρούσα μελέτη αναφέρθηκε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές PRISMA. Οι λεπτομέρειες του πρωτοκόλλου αυτής της συστηματικής ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης καταχωρήθηκαν στο PROSPERO (CRD42021255016) και είναι προσβάσιμες στη διεύθυνση:

www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.asp?ID=CRD42021255016.

2.2.2.1. Στρατηγική αναζήτησης και επιλογή μελετών

Ψάξαμε συστηματικά στις ακόλουθες βάσεις δεδομένων: Scopus, PubMed, PEDro, βιβλιοθήκη Cochrane Trials (CENTRAL) και DARE, από τον Ιανουάριο του 2011 έως τον

Αύγουστο του 2023, χρησιμοποιώντας ως λέξεις-κλειδιά τα εξής: Exoskeleton, Robotic-Assist* (και όλα τα παράγωγά της), Locomotor Train* (και όλα τα παράγωγά της), Gait Train* (και όλα τα παράγωγά της), Walking Train* (και όλα τα παράγωγά της), Multiple Sclerosis, Quality of Life, Perception of Well Being, Sense of Well Being, Fatigue and Psychology (και όλα τα παράγωγά της). Ψάξαμε επίσης όλα τα δημοσιευμένα δεδομένα από αδημοσίευτες έρευνες και βιβλιογραφικές αναφορές από άρθρα ανασκόπησης.

Η αναζήτηση επιλέξιμων άρθρων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του Rayyan (Rayyan Systems, Inc.). Το Rayyan είναι ένα διαδικτυακό εργαλείο που έχει σχεδιαστεί για να βοηθά τους ερευνητές, οι οποίοι εργάζονται σε συστηματικές ανασκοπήσεις, βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις και άλλα έργα σύνθεσης γνώσεων, επιταχύνοντας δραματικά τη διαδικασία διαλογής και επιλογής μελετών.

Δύο ερευνητές διεξήγαγαν την αναζήτηση με ανεξάρτητο τρόπο. Στα αποτελέσματα της αναζήτησης και οι δύο κριτές εφάρμοσαν κριτήρια συμπερίληψης των άρθρων στην έρευνα (αυτόματα με τη χρήση του Rayyan, εάν ήταν δυνατόν, ή χειροκίνητα). Για να συμπεριληφθεί κάποια εργασία θα έπρεπε να είναι δημοσιευμένο άρθρο, να είναι κλινική δοκιμή και τυχαιοποιημένη μελέτη με ομάδα ελέγχου σε ανθρώπους, να έχει δημοσιευθεί από αρχές του 2011 έως και τον Αύγουστο του 2023 στην αγγλική γλώσσα, να συμμετέχουν ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση που συμμετέχουν σε προπόνηση βάδισης με ρομποτικό σύστημα ή εξωσκελετό (REAGT). Στον αντίποδα, απορρίπτονταν όλες οι εργασίες που δεν ήταν δημοσιευμένα άρθρα κλινικών μελετών (π.χ. βιβλία, άρθρα εκδότη, γνώμες εμπειρογνομόνων), μη κλινικές δοκιμές και τυχαιοποιημένες μελέτες με ομάδα ελέγχου (π.χ. προοπτικές μελέτες, ανασκοπήσεις και μετα-ανάλυσεις) και μελέτες που δεν αφορούν ανθρώπους. Επιπλέον, απορρίπτονταν όλες οι μελέτες που δημοσιεύθηκαν πριν το 2011, που δημοσιεύθηκαν σε άλλη γλώσσα πλην της αγγλικής, που συμμετείχαν ασθενείς χωρίς πολλαπλή σκλήρυνση και/ή η παρέμβαση δεν περιείχε προπόνηση βάδισης με σύστημα ρομποτικής υποβοήθησης ή εξωσκελετό.

2.2.2.2. Αξιολόγηση ποιότητας άρθρων

Η αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας πραγματοποιήθηκε από δύο συγγραφείς με τη χρήση ερωτήσεων ποιότητας σχετικών με τις συμπεριληφθείσες μελέτες από το εργαλείο Risk of Bias (RoB) 2: Ένα αναθεωρημένο εργαλείο από την Cochrane για τον κίνδυνο μεροληψίας στις τυχαιοποιημένες μελέτες [414]. Στη συνέχεια, τρεις συγγραφείς αξιολόγησαν ανεξάρτητα την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων χρησιμοποιώντας το εργαλείο βαθμολόγησης των συστάσεων εκτίμησης, ανάπτυξης και αξιολόγησης (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation/GRADE) [415]. Οι αξιολογήσεις του κινδύνου μεροληψίας χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση GRADE, αλλά η τελευταία λαμβάνει επίσης υπόψη την ασυνέπεια, την ασάφεια, την ανακρίβεια και την πιθανότητα μεροληψίας δημοσίευσης στις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν. Τυχόν αποκλίσεις μεταξύ των αναθεωρητών κατά την αξιολόγηση της ποιότητας επιλύθηκαν με συναίνεση.

2.2.2.3. Εξαγωγή δεδομένων

Από κάθε επιλέξιμη μελέτη, δύο συγγραφείς άντλησαν πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό της μελέτης, το πρωτόκολλο παρέμβασης, το ψυχικό στοιχείο ή τις

υποκλίμακες των ερωτηματολογίων για την ποιότητα ζωής και τα εργαλεία αξιολόγησης της κόπωσης. Ταξινομήσαμε τις μελέτες ανάλογα με τον εξοπλισμό προπόνησης βάδισης και το(α) εργαλείο(α) αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκε(-αν) και τον συνολικό χρόνο παρέμβασης.

Εξαγάγαμε πληροφορίες για όλες τις μετρήσεις από οποιοδήποτε χρονικό πλαίσιο (έναρξη, μετά την παρέμβαση και παρακολούθηση), οι οποίες έγιναν με ερωτηματολόγια για την ποιότητα ζωής ή/και άλλα εργαλεία αξιολόγησης της κόπωσης. Αυτά τα εργαλεία αξιολόγησης (ερωτηματολόγια, έντυπα, δείκτες ή κλίμακες) χρησιμοποιήθηκαν, μετά από οδηγίες που δόθηκαν, από τους ασθενείς ή για τους ασθενείς, σε περίπτωση αδυναμίας γραφής, από στενούς συγγενείς ή αξιολογητές που συμμετείχαν στη μελέτη. Όλα τα δεδομένα ελέγχθηκαν από τρίτο συγγραφέα.

2.2.2.4. Ποσοτική σύνθεση και ανάλυση

Τρεις συγγραφείς υπολόγισαν τις τυποποιημένες συνοπτικές μέσες διαφορές μαζί με τα αντίστοιχα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (ΔΕ), για μια ποικιλία εργαλείων αξιολόγησης της ποιότητας ζωής και/ή της κόπωσης (ερωτηματολόγια, έντυπα, δείκτες ή κλίμακες), για την ομάδα ασθενών με πολλαπλή σκλήρυνση που συμμετείχαν στο REAGT, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Οι συνοπτικές μέσες διαφορές υπολογίστηκαν με τη συγκέντρωση των εκτιμήσεων ανά μελέτη με τη χρήση μοντέλων τυχαίων επιδράσεων [416] και σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές- μία φορά πριν και μία μετά τη θεραπεία. Η παρουσία ετερογένειας εκτιμήθηκε με το στατιστικό Q του Cochran και ποσοτικοποιήθηκε με το I^2 [417]. Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του Stata (έκδοση 14-StataCorp, College Station, TX, ΗΠΑ).

3. Αποτελέσματα

3.1. Αποτελέσματα Έρευνας

3.1.1. Μετρήσεις Έρευνας

3.1.1.1. Δημογραφικά αποτελέσματα/στοιχεία της έρευνας

Κατά την περίοδο 2012-2017, 26 ασθενείς με βλάβες Ν.Μ. κρίθηκαν ότι πληρούσαν τα κριτήρια συμπερίληψης και μπορούσαν να συμμετάσχουν στην έρευνα. Όλοι οι ασθενείς που συμμετείχαν αρχικώς αξιολογήθηκαν και κατετάγησαν σε μία από τις τέσσερις από τις συνολικά πέντε βαθμίδες κατάταξης της κλίμακας Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης. Η Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (ASIA) (AIS) είναι η νευρολογική κατάταξη των ασθενών και περιγράφει τη λειτουργική βλάβη ενός ατόμου. Η κατάταξη είναι αλφαβητική με το «Α» να υποδεικνύει μεγάλη νευρολογική βλάβη και το «Ε» καμία νευρολογική βλάβη. Οι περισσότεροι ασθενείς έχουν κατάταξη «D» (76,92%) και οι υπόλοιποι μοιράζονται στα «Α» και «Β» με την πλειονότητα του δείγματος (76,92%) να αποτελείται από άντρες, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.

		Πλήθος	Ποσοστό%
Φύλο	Άνδρας	20	76,92%
	Γυναίκα	6	23,08%
Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)	A	3	11,54%
	B	3	11,54%
	C	0	0,00%
	D	20	76,92%
	E	0	0,00%
Είδος κάκωσης Νωτιαίου Μυελού	Κινητικά πλήρης βλάβη	6	23,08%
	Κινητικά	20	76,92%
	ατελής βλάβη		

Πίνακας 1: Φύλο και κατάταξη AIS των ασθενών

Η μέση ηλικία των συμμετεχόντων είναι τα 52,96 έτη με ύψος 1,72 μέτρα και κατά μέσο όρο έχουν περάσει 15,92 μήνες από την έναρξη της παθήσεώς τους. Τα παραπάνω, όπως και οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις του βάρους και του Δείκτη Μάζας Σώματος των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση φαίνονται στον πίνακα 2. Όπως είναι φανερό από τον μειωμένο αριθμό των καταγεγραμμένων στοιχείων υπήρχαν ελλείψεις στο ύψος, το οποίο καταγραφόταν κατά την DEXA και από την οποία λείπουν ολοκληρωτικά τα αρχεία σε 2 ασθενείς ενώ σε ακόμα 4 και 1 λείπουν οι μετρήσεις του αρχικού και του τελικού βάρους αντίστοιχα.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
Ηλικία	52,96	16,31	26
Ύψος (μέτρα)	1,72	,11	24
Χρόνος Από Έναρξη Πάθησης (Μήνες)	15,96	13,09	26
Βάρος (χγρ) πριν	75,15	12,51	20
Βάρος (χγρ) μετά	75,61	12,86	23
Δείκτης Μάζας Σώματος (πριν)	25,49	5,09	20
Δείκτης Μάζας Σώματος (μετά)	25,79	4,98	23

Πίνακας 2: Δημογραφικά στοιχεία των ασθενών

Οι τιμές των αιματικών δεικτών του οστικού μεταβολισμού των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση φαίνονται στον πίνακα 3. Όπως φαίνεται από τον μειωμένο αριθμό των αναλυόμενων αιματολογικών δειγμάτων στην μέτρηση της 1,25-υδροξυβιταμίνης D, ο συγκεκριμένος δείκτης θεωρήθηκε παρόμοιας αξίας με αυτόν της 25-υδροξυβιταμίνης D και για αυτό, λόγω τεχνικών δυσχερειών αποφασίστηκε να μετράται μόνο η τελευταία.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
Calcitonin before	3,84	4,36	26
Calcitonin after	3,94	4,44	26
Osteocalcin before	23,13	17,91	26
Osteocalcin after	27,35	22,31	26
25-OH Vit.D before	15,48	9,30	26
25-OH Vit.D after	14,95	5,55	26
Vitamin D 1.25(OH) ₂ before	12,72	9,49	12
Vitamin D 1.25(OH) ₂ after	16,88	10,97	12
Ostase before	11,23	10,78	26
Ostase after	11,13	8,77	26
PTH before	30,77	20,22	26
PTH after	33,38	18,95	26

Πίνακας 3: Αιματικοί δείκτες οστικού μεταβολισμού

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις της ταχύτητας και του χρόνου βάδισης των ασθενών, της απόστασης που διένυσαν και τέλος των διαλειμμάτων και της άρσης βάρους (έως το 40% του σωματικού τους βάρους) που χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση αυτής της απόστασης πριν και μετά την παρέμβαση. Συνολικά, οι μέσες τιμές της ταχύτητας βάδισης, των βημάτων ανά λεπτό και της απόστασης που διανύθηκε αυξήθηκαν μετά την παρέμβαση, ενώ ο μέσος χρόνος βάδισης, τα διαλείμματα που απαιτήθηκαν και η μέση άρση βάρους μειώθηκαν. Ο αριθμός των υπολογιζόμενων καταγραφών είναι μειωμένος διότι σε ασθενή AIS κατάταξης A, μετά τις δυο πρώτες

συνεδρίες έσπασε ο νάρθηκας ARGO, ο οποίος δυστυχώς δεν μπορούσε να διορθωθεί εγκαίρως.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
Walking speed (v) (km x h-1) before	,75	1,45	25
Walking speed (v) (km x h-1) after	2,30	1,88	25
Walking time (min) before	15,44	5,64	25
Walking time (min) after	20,04	,20	25
Breaks before	,52	,87	25
Breaks after	,64	,81	25
Steps x min-1 before	22,24	18,42	25
Steps x min-1 after	35,84	19,06	25
Walking distance (m) before	173,20	279,16	25
Walking distance (m) after	767,94	628,14	25
Weight Support (%) before	30,53	10,70	25
Weight Support (%) after	28,40	10,68	25

Πίνακας 4: Ταχύτητα ασθενών και σχετιζόμενα χαρακτηριστικά

3.1.1.2. DEXA (Dual energy X-ray Absorptiometry)

Η απορροφησιμετρία ακτινών Χ διπλής ενέργειας, είναι ένα μέσο μέτρησης της οστικής πυκνότητας των ασθενών χρησιμοποιώντας φασματική απεικόνιση. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των ενδείξεων της DEXA. Λόγω των προαναφερθέντων θεμάτων απώλειας εξετάσεων DEXA και της βλάβης του ARGO, ο αριθμός των καταγεγραμμένων αποτελεσμάτων είναι ελαφρώς κυμαινόμενος.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
Lumbar Spine BMD before	1,85	1,13	24
Lumbar Spine BMD after	1,94	1,11	23
Femur Neck BMD before	,74	,14	25
Femur Neck BMD after	,71	,12	22
Femur Trochanter BMD (g/cm2) before	,65	,11	25
Femur Trochanter BMD (g/cm2) after	,63	,09	22
Total T-Score before	-,83	1,19	25
Total T-Score after	-,92	1,17	22
Total Z-Score before	-,29	1,07	24
Total Z-Score after	-,39	1,03	22
Total Fat (g) before	24753,90	8733,39	21
Total Fat (g) after	25480,58	8320,75	23

Total Lean (g) before	47101,40	7187,46	21
Total Lean (g) after	47597,93	8300,75	23

Πίνακας 5: Ενδείξεις DEXA

3.1.1.3. Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II)

Ο δείκτης βάδισης για βλάβη του νωτιαίου μυελού (WISCI II) μετρά τον τύπο και την ποσότητα βοήθειας (όσον αφορά τις απαιτήσεις βοηθητικών συσκευών ή ανθρώπων βοηθών) που απαιτείται για ένα άτομο με βλάβη του νωτιαίου μυελού για το περπάτημα, με τις τιμές του να κυμαίνονται από 0 έως 20. Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται η μέση τιμή και τυπική απόκλιση των σκορ του WISCI II των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
WISCI II before	11,12	8,06	26
WISCI II after	12,62	7,36	26

Πίνακας 6: Τιμές των τιμών WISCI II των ασθενών

3.1.1.4. Barthel Index

Ο δείκτης Barthel (BI) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της απόδοσης σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής των ασθενών καθώς μετρά τον βαθμό βοήθειας που απαιτείται από ένα άτομο σε 10 θέματα κινητικότητας και αυτοφροντίδας. Οι τιμές της κλίμακας κυμαίνονται από 0 έως 100 με υψηλότερες να υποδεικνύουν μεγαλύτερη ικανότητα ανεξάρτητης λειτουργικότητας του ασθενή μετά την έξοδό του από το νοσοκομείο. Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται η μέση τιμή και τυπική απόκλιση των σκορ του Barthel Index των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
Barthel index before	56,92	23,63	26
Barthel index after	65,58	23,17	26

Πίνακας 7: Μέση τιμή των τιμών Barthel Index των ασθενών

3.1.1.5. World Health Organization Quality of Life-Bref (WHOQOL-BREF)

Το ερωτηματολόγιο του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας περί Ποιότητας της Ζωής – BREF (WHOQOL-BREF) είναι ένα ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς που αξιολογεί 4 τομείς της ποιότητας ζωής (QOL): σωματική υγεία (domain 1), ψυχολογική υγεία (domain 2), κοινωνικές σχέσεις (domain 3) και περιβάλλον (domain 4). Οι τιμές των διαστάσεων του WHOQOL-BREF κυμαίνονται από 0 έως 100 με τις υψηλότερες τιμές των σκορ να υποδεικνύουν καλύτερη ποιότητα ζωής. Γενικώς, οι μέσες τιμές των 4 τομέων είναι χαμηλές πριν αλλά και μετά την παρέμβαση. Φαίνεται πως μετά την παρέμβαση οι μέσες τιμές των τομέων 2 και 4 που αντικατοπτρίζουν την ψυχική υγεία και το περιβάλλον αντίστοιχα παρουσίασαν μικρή αύξηση, ενώ στους υπόλοιπους δύο της σωματικής υγείας

και κοινωνικών σχέσεων μείωση. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των διαστάσεων του WHOQOL-BREF πριν και μετά την παρέμβαση.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N
domain 1 before	43,86	18,80	25
domain 1 after	43,43	18,72	25
domain 2 before	56,17	21,39	25
domain 2 after	60,00	21,55	25
domain 3 before	57,67	25,11	25
domain 3 after	53,00	21,09	25
domain 4 before	56,25	13,20	25
domain 4 after	60,00	15,12	25

Πίνακας 8: Ερωτηματολόγιο WHOQOL-BREF

3.1.1.6. Modified Ashworth Scale (MAS)

Η κλίμακα MAS χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της σπαστικότητας του ασθενή. Οι βαθμολογίες της κυμαίνονται από 0 έως 4 με τις χαμηλότερες να αντιπροσωπεύουν τον φυσιολογικό μυϊκό τόνο και οι υψηλότερες την σπαστικότητα. Στον πίνακα 9 φαίνονται αναλυτικά οι τιμές του δείγματος στην κλίμακα Ashworth πριν και μετά την παρέμβαση στο δεξί (δ) και αριστερό (α) μέρος του σώματος των ασθενών.

		No increase in muscle tone	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	As 2 but with minimal resistance through range following catch	More marked increase tone through ROM	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Affected part rigid
Ashworth- Λαγονοψοίτης μ. πριν (δ)	Πλήθος	0	1	3	0	2	0
	N %	0,00%	16,67%	50,00%	0,00%	33,33%	0,00%
Ashworth- Λαγονοψοίτης μ. μετά (δ)	Πλήθος	3	0	2	0	1	0
	N %	50,00%	0,00%	33,33%	0,00%	16,67%	0,00%
Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. πριν (δ)	Πλήθος	2	3	4	2	2	0
	N %	15,38%	23,08%	30,77%	15,38%	15,38%	0,00%
Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. μετά (δ)	Πλήθος	2	5	2	2	1	0
	N %	16,67%	41,67%	16,67%	16,67%	8,33%	0,00%
Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. πριν (δ)	Πλήθος	0	5	2	1	2	0
	N %	0,00%	50,00%	20,00%	10,00%	20,00%	0,00%
Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. μετά (δ)	Πλήθος	2	5	1	0	2	0
	N %	20,00%	50,00%	10,00%	0,00%	20,00%	0,00%
Ashworth- Προσαγωγοί μ. πριν (δ)	Πλήθος	0	0	1	0	2	0
	N %	0,00%	0,00%	33,33%	0,00%	66,67%	0,00%

Ashworth- Προσαγωγοί μ. μετά (δ)	Πλήθος	0	0	0	1	2	0
	N %	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	66,67%	0,00%
Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. πριν (δ)	Πλήθος	0	0	1	1	5	1
	N %	0,00%	0,00%	12,50%	12,50%	62,50%	12,50%
Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. μετά (δ)	Πλήθος	2	0	0	0	5	1
	N %	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	62,50%	12,50%
Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. πριν (δ)	Πλήθος	0	3	0	1	0	0
	N %	0,00%	75,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. μετά (δ)	Πλήθος	1	3	0	0	0	0
	N %	25,00%	75,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Περωνιαίοι μ. πριν (δ)	Πλήθος	0	1	0	0	0	0
	N %	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Περωνιαίοι μ. μετά (δ)	Πλήθος	0	1	0	0	0	0
	N %	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Λαγονοψοίτης μ. πριν (α)	Πλήθος	0	1	1	1	1	0
	N %	0,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	0,00%
Ashworth- Λαγονοψοίτης μ. μετά (α)	Πλήθος	2	0	1	0	1	0
	N %	50,00%	0,00%	25,00%	0,00%	25,00%	0,00%
Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. πριν (α)	Πλήθος	0	2	3	5	0	0
	N %	0,00%	20,00%	30,00%	50,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. μετά (α)	Πλήθος	1	5	1	3	0	0
	N %	10,00%	50,00%	10,00%	30,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. πριν (α)	Πλήθος	0	2	1	4	2	0
	N %	0,00%	22,22%	11,11%	44,44%	22,22%	0,00%
Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. μετά (α)	Πλήθος	4	2	1	0	2	0
	N %	44,44%	22,22%	11,11%	0,00%	22,22%	0,00%
Ashworth- Προσαγωγοί μ. πριν (α)	Πλήθος	0	0	0	3	1	0
	N %	0,00%	0,00%	0,00%	75,00%	25,00%	0,00%
Ashworth- Προσαγωγοί μ. μετά (α)	Πλήθος	0	0	2	1	1	0
	N %	0,00%	0,00%	50,00%	25,00%	25,00%	0,00%
Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. πριν (α)	Πλήθος	0	1	3	0	2	1
	N %	0,00%	14,29%	42,86%	0,00%	28,57%	14,29%
Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. μετά (α)	Πλήθος	2	0	2	0	2	1
	N %	28,57%	0,00%	28,57%	0,00%	28,57%	14,29%
Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. πριν (α)	Πλήθος	0	2	0	0	0	0
	N %	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. μετά (α)	Πλήθος	0	2	0	0	0	0
	N %	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Περωνιαίοι μ. πριν (α)	Πλήθος	0	1	0	0	0	0
	N %	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ashworth- Περωνιαίοι μ. μετά (α)	Πλήθος	0	1	0	0	0	0
	N %	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Πίνακας 9: Τιμές της κλίμακας MAS

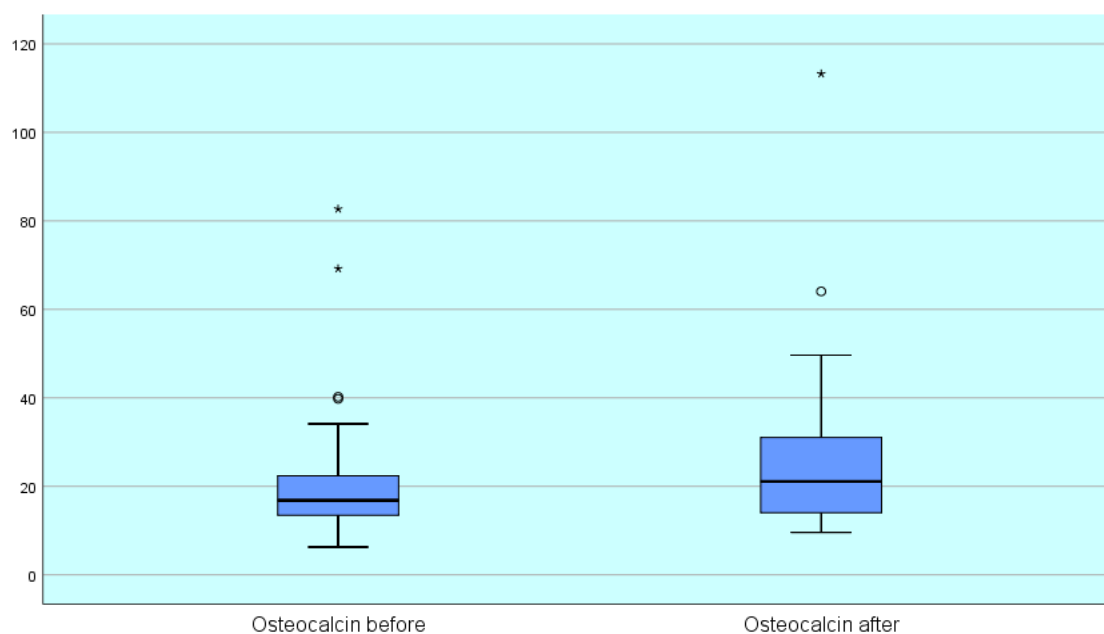
3.1.2. Αιματικοί δείκτες οστικού μεταβολισμού

3.1.2.1. Διαφορές στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές των αιματικών δεικτών οστικού μεταβολισμού των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση. Οι τιμές της Οστεοκαλσίνης των ασθενών είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες μετά την παρέμβαση ($p=0,004$) όπως φαίνεται και στο γράφημα 1. Δεν παρατηρούνται περαιτέρω στατιστικά σημαντικές διαφορές όπως φαίνεται και στον πίνακα 10.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Calcitonin before	3,84	4,36	26	0,889
Calcitonin after	3,94	4,44	26	
Osteocalcin before	23,13	17,91	26	0,004
Osteocalcin after	27,35	22,31	26	
25-OH Vit.D before	15,48	9,30	26	0,664
25-OH Vit.D after	14,95	5,55	26	
Vitamin D 1.25(OH) ₂ before	12,72	9,49	12	0,086
Vitamin D 1.25(OH) ₂ after	16,88	10,97	12	
Ostase before	11,23	10,78	26	0,843
Ostase after	11,13	8,77	26	
PTH before	30,77	20,22	26	0,422
PTH after	33,38	18,95	26	

Πίνακας 10: Διαφορές στις τιμές των αιματικών δεικτών οστικού μεταβολισμού των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση.



Γράφημα 1: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στις τιμές της Οστεοκαλσίνης των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.2.2. Μεταβολές στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού για κάθε φύλο ξεχωριστά

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές των αιματικών δεικτών οστικού μεταβολισμού των ασθενών ανάλογα με το φύλο πριν και μετά την παρέμβαση. Οι άντρες έχουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές Οστεοκαλσίνης μετά την παρέμβαση ($p=0,035$). Το ίδιο συμβαίνει αντίστοιχα και στις γυναίκες ($p=0,024$). Επομένως η αύξηση που καταγράφεται είναι ανεξάρτητη από το φύλο των ασθενών. Συγκεκριμένα οι τιμές της οστεοκαλσίνης των ανδρών αναμένεται να αυξηθούν κατά 3,85 ενώ των γυναικών κατά 5,46. Δεν παρατηρούνται περαιτέρω στατιστικά σημαντικές διαφορές όπως φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 11.

		Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Φύλο	Calcitonin before	4,47	4,79	20	0,911
	Calcitonin after	4,49	4,81	20	
Άνδρας	Osteocalcin before	22,75	19,36	20	0,035
	Osteocalcin after	26,60	24,12		
	25-OH Vit.D before	16,04	10,18	20	0,312
	25-OH Vit.D after	14,65	5,75	20	
	Vitamin D 1.25(OH) ₂ before	13,84	10,71	9	0,289
	Vitamin D 1.25(OH) ₂ after	16,86	12,20	9	
	Ostase before	11,28	12,22	20	0,657
	Ostase after	10,99	9,88	20	
	PTH before	30,13	20,73	20	0,571
	PTH after	32,39	18,86	20	
	Calcitonin before	1,74	,99	6	0,588
	Calcitonin after	2,10	2,31	6	
	Osteocalcin before	24,40	13,28	6	0,024
	Osteocalcin after	29,86	16,32		
Γυναίκα	25-OH Vit.D before	13,62	5,77	6	0,410
	25-OH Vit.D after	15,95	5,18	6	
	Vitamin D 1.25(OH) ₂ before	9,36	3,82	3	0,183
	Vitamin D 1.25(OH) ₂ after	16,95	8,20	3	
	Ostase before	11,05	3,61	6	0,369
	Ostase after	11,59	3,54	6	
	PTH before	32,91	20,10	6	0,492
	PTH after	36,69	20,65	6	

Πίνακας 11: Διαφορές στους αιματολογικούς και οστικούς μεταβολικούς δείκτες ανάλογα με το φύλο

3.1.2.3. Μεταβολές στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές των δεικτών οστικού μεταβολισμού αίματος των ασθενών ανάλογα με την κατάταξη τους στην Κλίμακα Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS) πριν και μετά την παρέμβαση. Οι ασθενείς που στην κλίμακα AIS έχουν κατάταξη D παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές Οστεοκαλσίνης μετά την παρέμβαση ($p=0,004$) ενώ δεν παρατηρούνται άλλες διαφορές στους υπόλοιπους μεταβολικούς δείκτες. Συγκεκριμένα οι τιμές της οστεοκαλσίνης αναμένεται να αυξηθούν κατά 3,37. Επιπλέον, οι ασθενείς με κατάταξη A ή B δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές πριν και μετά την παρέμβαση σε κανένα μεταβολικό δείκτη. Το γεγονός όμως αυτό σαφώς επηρεάζεται από το πολύ μικρό πλήθος ασθενών (3) στην κάθε μία από τις δύο κατηγορίες. Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 12.

		Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
A	Calcitonin before	5,66	1,45	3	0,201
	Calcitonin after	2,07	1,96	3	
	Osteocalcin before	44,39	34,34	3	0,442
	Osteocalcin after	54,27	52,19	3	
	25-OH Vit.D before	13,92	9,18	3	0,505
	25-OH Vit.D after	12,48	6,71	3	
	Ostase before	27,70	29,90	3	0,494
	Ostase after	24,47	23,94	3	
	PTH before	14,67	10,58	3	0,521
	PTH after	23,05	9,08	3	
Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)	Calcitonin before	12,52	8,25	3	0,943
	Calcitonin after	11,88	9,15	3	
	Osteocalcin before	13,94	2,82	3	0,111
	Osteocalcin after	18,17	3,25	3	
	25-OH Vit.D before	15,82	5,66	3	0,162
	25-OH Vit.D after	17,36	6,83	3	
	Vitamin D 1.25(OH) ₂ before	10,72	6,21	3	0,063
	Vitamin D 1.25(OH) ₂ after	23,22	9,57	3	
	Ostase before	8,22	1,48	3	0,523
	Ostase after	9,12	2,66	3	
B	PTH before	27,22	10,66	3	0,943
	PTH after	31,98	11,15	3	
	Calcitonin before	2,26	1,60	20	0,229
	Calcitonin after	3,03	2,31	20	
	Osteocalcin before	21,32	14,45	20	0,004
	Osteocalcin after	24,69	15,22	20	
	25-OH Vit.D before	15,66	10,06	20	0,654

25-OH Vit.D after	14,96	5,38	20	
Vitamin D 1.25(OH) ₂ before	13,32	11,33	8	0,534
Vitamin D 1.25(OH) ₂ after	14,82	11,84	8	
Ostase before	9,21	3,15	20	0,531
Ostase after	9,42	2,87	20	
PTH before	33,72	21,50	20	0,714
PTH after	35,14	20,75	20	

Πίνακας 12: Διαφορές στους δείκτες οστικού μεταβολισμού αίματος ανάλογα με την κατάταξη στην κλίμακα AIS

3.1.2.4. Συσχετίσεις ανάμεσα στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού και στην ηλικία, δείκτη μάζας σώματος και χρόνο από έναρξη πάθησης

Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού των ασθενών μετά την παρέμβαση και στην ηλικία τους, στον Δείκτη Μάζας Σώματος πριν την παρέμβαση αλλά και στον χρόνο που έχει περάσει από την έναρξη της πάθησης. Επιπλέον, ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στην μεταβολή των αιματικών δεικτών οστικού μεταβολισμού με τα παραπάνω στοιχεία. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως φαίνεται αναλυτικά και στον πίνακα 13.

		Ηλικία	Χρόνος Από Έναρξη Πάθησης (Μήνες)	Δείκτης Μάζας Σώματος (πριν)
Calcitonin after	Pearson Correlation	-0,129	-0,052	-0,18
	Sig. (2-tailed)	0,529	0,801	0,448
	N	26	26	20
Osteocalcin after	Spearman's rho	0,079	-0,394	-0,202
	Sig. (2-tailed)	0,701	0,05	0,394
	N	26	26	20
25-OH BIT.D after	Pearson Correlation	-0,191	-0,168	0,006
	Sig. (2-tailed)	0,349	0,412	0,981
	N	26	26	20
Vitamin D 1.25OH after	Pearson Correlation	-0,181	0,062	0,1
	Sig. (2-tailed)	0,574	0,849	0,832
	N	12	12	7
Ostase after	Spearman's rho	-0,230	-0,239	-0,044
	Sig. (2-tailed)	0,259	0,240	0,855
	N	26	26	20

PTH after	Pearson Correlation	-0,006	0,331	0,355
	Sig. (2-tailed)	0,977	0,099	0,125
	N	26	26	20
calcitonin_dif	Pearson Correlation	0,096	-0,029	0,012
	Sig. (2-tailed)	0,64	0,887	0,961
	N	26	26	20
osteocalcin_dif	Pearson Correlation	-0,276	-0,124	0,282
	Sig. (2-tailed)	0,172	0,547	0,228
	N	26	26	20
vit_D_dif	Pearson Correlation	-0,059	-0,024	-0,197
	Sig. (2-tailed)	0,776	0,906	0,405
	N	26	26	20
vit_D1.25_dif	Pearson Correlation	0,144	-0,035	-0,026
	Sig. (2-tailed)	0,656	0,915	0,956
	N	12	12	7
ostase_dif	Spearman's rho	-0,192	-0,003	0,167
	Sig. (2-tailed)	0,349	0,988	0,482
	N	26	26	20
PTH_dif	Pearson Correlation	0,302	-0,113	-0,272
	Sig. (2-tailed)	0,134	0,581	0,245
	N	26	26	20

Πίνακας 13: Συσχετίσεις ανάμεσα στους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού των ασθενών και στην ηλικία, BMI και χρόνο από έναρξη της πάθησης

3.1.3. Μεταβολές στις τιμές DEXA των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 14 δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Lumbar Spine BMD before	1,85	1,13	24	0,392
Lumbar Spine BMD after	1,94	1,11	23	
Femur Neck BMD before	,74	,14	25	0,549
Femur Neck BMD after	,71	,12	22	
Femur Trochanter BMD (g/cm2) before	,65	,11	25	0,126
Femur Trochanter BMD (g/cm2) after	,63	,09	22	
Total T-Score before	-,83	1,19	25	0,710

Total T-Score after	-,92	1,17	22	0,966
Total Z-Score before	-,29	1,07	24	
Total Z-Score after	-,39	1,03	22	
Total Fat (g) before	24753,90	8733,39	21	0,841
Total Fat (g) after	25480,58	8320,75	23	
Total Lean (g) before	47101,40	7187,46	21	0,242
Total Lean (g) after	47597,93	8300,75	23	

Πίνακας 14: Διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.3.1. Μεταβολές στις τιμές DEXA πριν και μετά την παρέμβαση για κάθε φύλο

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών ανάλογα με το φύλο πριν και μετά την παρέμβαση. Όπως αναλυτικά φαίνεται στον πίνακα 15 δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές DEXA των αντρών αλλά ούτε και σε αυτές των γυναικών.

		Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Φύλο	Lumbar Spine BMD before	1,70	1,02	18	0,730
	Lumbar Spine BMD after	1,72	,95	17	
	Femur Neck BMD before	,75	,15	19	0,374
	Femur Neck BMD after	,70	,13	16	
	Femur Trochanter BMD (g/cm2) before	,66	,11	19	0,122
	Femur Trochanter BMD (g/cm2) after	,63	,09	16	
Ανδρας	Total T-Score before	-,85	1,11	19	0,986
	Total T-Score after	-1,03	1,06	16	
	Total Z-Score before	-,31	,96	18	0,659
	Total Z-Score after	-,50	,86	16	
	Total Fat (g) before	22636,08	7849,55	16	0,858
	Total Fat (g) after	22665,41	6702,82	17	
	Total Lean (g) before	49225,23	6840,21	16	0,397
	Total Lean (g) after	49962,99	8281,21	17	
Γυναίκα	Lumbar Spine BMD before	2,29	1,41	6	0,179
	Lumbar Spine BMD after	2,56	1,36	6	
	Femur Neck BMD before	,71	,11	6	0,338
	Femur Neck BMD after	,72	,11	6	
	Femur Trochanter BMD (g/cm2) before	,64	,12	6	0,680
	Femur Trochanter BMD (g/cm2) after	,63	,11	6	
	Total T-Score before	-,77	1,54	6	0,489
	Total T-Score after	-,62	1,49	6	

Total Z-Score before	-,23	1,48	6	0,555
Total Z-Score after	-,10	1,44	6	
Total Fat (g) before	31530,92	8657,45	5	0,558
Total Fat (g) after	33456,90	7587,70	6	
Total Lean (g) before	40305,16	2657,46	5	0,399
Total Lean (g) after	40896,92	3289,05	6	

Πίνακας 15: Διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση ανάλογα με το φύλο

3.1.3.2. Μεταβολές στις τιμές DEXA ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών ανάλογα με την κατάταξη τους στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS) πριν και μετά την παρέμβαση. Όπως αναλυτικά φαίνεται στον πίνακα 16 δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών ανάλογα με την κατάταξη τους στην κλίμακα AIS.

		Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value	
Κλίμακα Αναπηρίας της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)	A	Lumbar Spine BMD before	2,41	1,90	2	0,351
		Lumbar Spine BMD after	2,50	1,98	2	
		Femur Neck BMD before	,64	,06	2	0,939
		Femur Neck BMD after	,65	,20	2	
		Femur Trochanter BMD (g/cm2) before	,54	,08	2	0,762
		Femur Trochanter BMD (g/cm2) after	,55	,02	2	
		Total T-Score before	-1,70	,99	2	0,908
		Total T-Score after	-1,53	,66	2	
		Total Z-Score before	-1,30	1,27	2	0,930
		Total Z-Score after	-1,40	,00	2	
		Total Fat (g) before	17171,15	3581,57	2	0,571
		Total Fat (g) after	17958,20	2188,92	2	
		Total Lean (g) before	40378,30	1521,13	2	0,180
		Total Lean (g) after	39557,40	798,89	2	

B	Lumbar Spine BMD before	3,18	,83	3	0,598
	Lumbar Spine BMD after	2,99	,45	3	
	Femur Neck BMD before	,58	,15	3	0,419
	Femur Neck BMD after	,60	,15	3	
	Femur Trochanter BMD	,56	,12	3	0,089
	(g/cm2) before				
	Femur Trochanter BMD	,54	,11	3	0,529
	(g/cm2) after				
	Total T-Score before	-2,00	1,25	3	0,370
	Total T-Score after	-2,07	1,35	3	
	Total Z-Score before	-,80	,46	3	0,956
	Total Z-Score after	-,97	,47	3	
	Total Fat (g) before	20372,53	3824,28	3	0,593
	Total Fat (g) after	20343,97	3945,76	3	
	Total Lean (g) before	47157,57	1515,83	3	0,169
	Total Lean (g) after	46973,27	2368,21	3	
D	Lumbar Spine BMD before	1,58	,97	19	0,395
	Lumbar Spine BMD after	1,70	1,02	18	
	Femur Neck BMD before	,77	,13	20	0,120
	Femur Neck BMD after	,73	,10	17	
	Femur Trochanter BMD	,68	,10	20	0,664
	(g/cm2) before				
	Femur Trochanter BMD	,65	,08	17	0,755
	(g/cm2) after				
	Total T-Score before	-,57	1,10	20	0,975
	Total T-Score after	-,64	1,07	17	
	Total Z-Score before	-,11	1,08	19	0,173
	Total Z-Score after	-,17	1,06	17	
	Total Fat (g) before	26523,24	9167,66	16	
	Total Fat (g) after	27172,51	8552,21	18	
	Total Lean (g) before	47931,26	7852,19	16	
	Total Lean (g) after	48595,43	8929,85	18	

Πίνακας 16: Διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών ανάλογα με την κατάταξη τους στην κλίμακα AIS

3.1.3.3. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές DEXA και στην ηλικία, δείκτη μάζας σώματος και χρόνο από έναρξη πάθησης

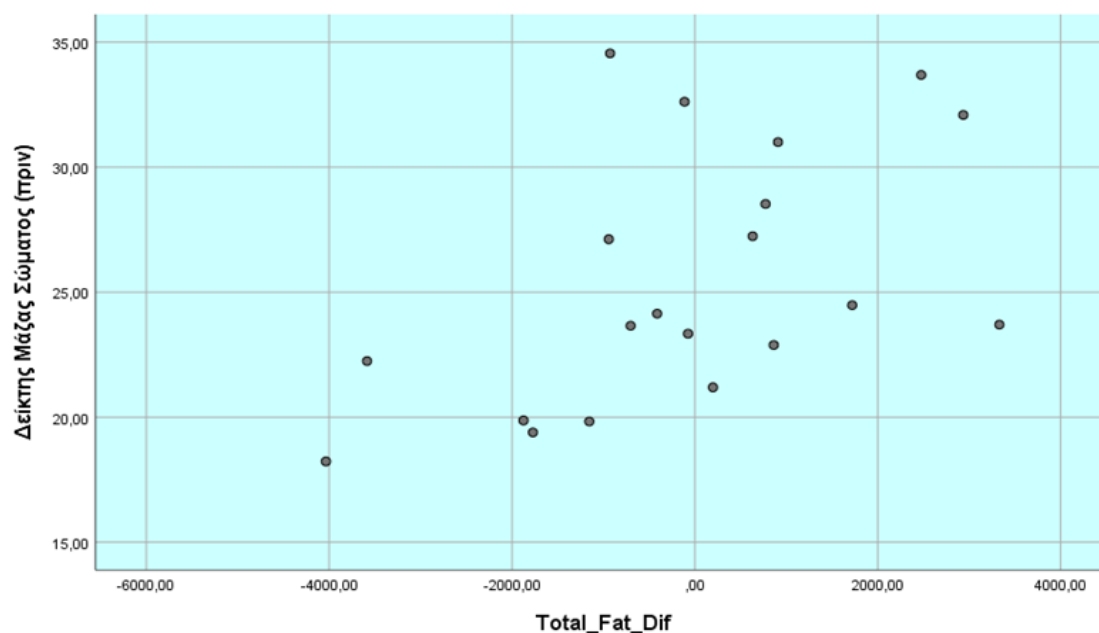
Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις τιμές DEXA των ασθενών μετά την παρέμβαση και στην ηλικία τους, στον Δείκτη Μάζας Σώματος πριν την παρέμβαση αλλά και στον χρόνο που έχει περάσει από την έναρξη της πάθησης. Επιπλέον, ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στην μεταβολή των τιμών DEXA με τα παραπάνω στοιχεία. Υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στις τιμές της μεταβολής του ολικού λίπους των ασθενών πριν την παρέμβαση ($p=0,018$) και στο Δείκτη Μάζας Σώματός

τους. Δηλαδή, για μεγαλύτερες τιμές στο λίπος των ασθενών αναμένονται μεγαλύτερες τιμές στο Δείκτη Μάζας Σώματος πριν την παρέμβαση όπως φαίνεται και στο γράφημα 5. Δεν υπάρχουν περαιτέρω στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως υποδεικνύει και ο πίνακας 17.

		Ηλικία	Χρόνος Από Έναρξη Πάθησης (Μήνες)	Δείκτης Μάζας Σώματος (πριν)
Lumbar Spine BMD after	Pearson Correlation	-0,019	-0,336	0,152
	Sig. (2-tailed)	0,932	0,117	0,522
	N	23	23	20
Femur Neck BMD after	Pearson Correlation	-0,209	-0,213	-0,022
	Sig. (2-tailed)	0,352	0,342	0,930
	N	22	22	19
Femur Trochanter BMD (g/cm ²) after	Pearson Correlation	0,249	-0,198	0,133
	Sig. (2-tailed)	0,264	0,378	0,586
	N	22	22	19
Total T-Score after	Pearson Correlation	-0,057	-0,156	0,158
	Sig. (2-tailed)	0,801	0,489	0,520
	N	22	22	19
Total Z-Score after	Pearson Correlation	0,005	-0,073	0,267
	Sig. (2-tailed)	0,981	0,746	0,269
	N	22	22	19
Total Fat (g) after	Pearson Correlation	-0,012	0,205	,899**
	Sig. (2-tailed)	0,956	0,347	0,000
	N	23	23	20
Total Lean (g) after	Pearson Correlation	0,035	0,250	0,132
	Sig. (2-tailed)	0,875	0,250	0,579
	N	23	23	20
Lumbar Spine_BMD_Dif	Pearson Correlation	-0,195	0,127	0,01
	Sig. (2-tailed)	0,385	0,575	0,967
	N	22	22	20
Femur_Neck_BMD_Dif	Pearson Correlation	-0,046	-0,079	-0,26
	Sig. (2-tailed)	0,839	0,727	0,282
	N	22	22	19
Femur_Trochanter_Dif	Pearson Correlation	-0,055	-0,042	-0,057
	Sig. (2-tailed)	0,808	0,853	0,818
	N	22	22	19
Total_T_Score_dif	Pearson Correlation	0,065	-0,307	-0,114
	Sig. (2-tailed)	0,774	0,165	0,642
	N	22	22	19
Total_Z_Score_dif	Pearson Correlation	-0,039	-0,338	-0,229

	Sig. (2-tailed)	0,864	0,124	0,346
	N	22	22	19
Total_Fat_Dif	Pearson Correlation	0,316	0,436	,522*
	Sig. (2-tailed)	0,174	0,055	0,018
	N	20	20	20
Total_Lean_Dif	Pearson Correlation	-0,042	0,025	-0,071
	Sig. (2-tailed)	0,861	0,915	0,765
	N	20	20	20

Πίνακας 17: Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές DEXA των ασθενών με την ηλικία, Δείκτη Μάζας Σώματος και μήνες από την έναρξη της πάθησης



Γράφημα 2: Διάγραμμα διασποράς για τη συσχέτιση ανάμεσα στο Δείκτη Μάζας Σώματος των ασθενών και τη μεταβολή του ολικού τους λίπους

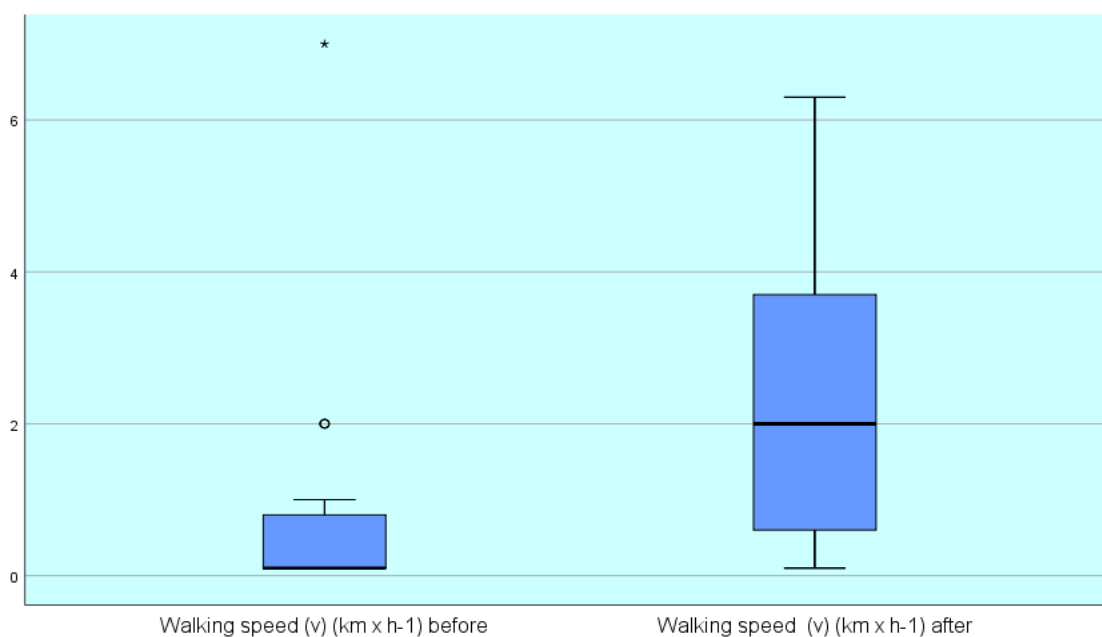
3.1.4. Κινητική ικανότητα

3.1.4.1. Μεταβολές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση

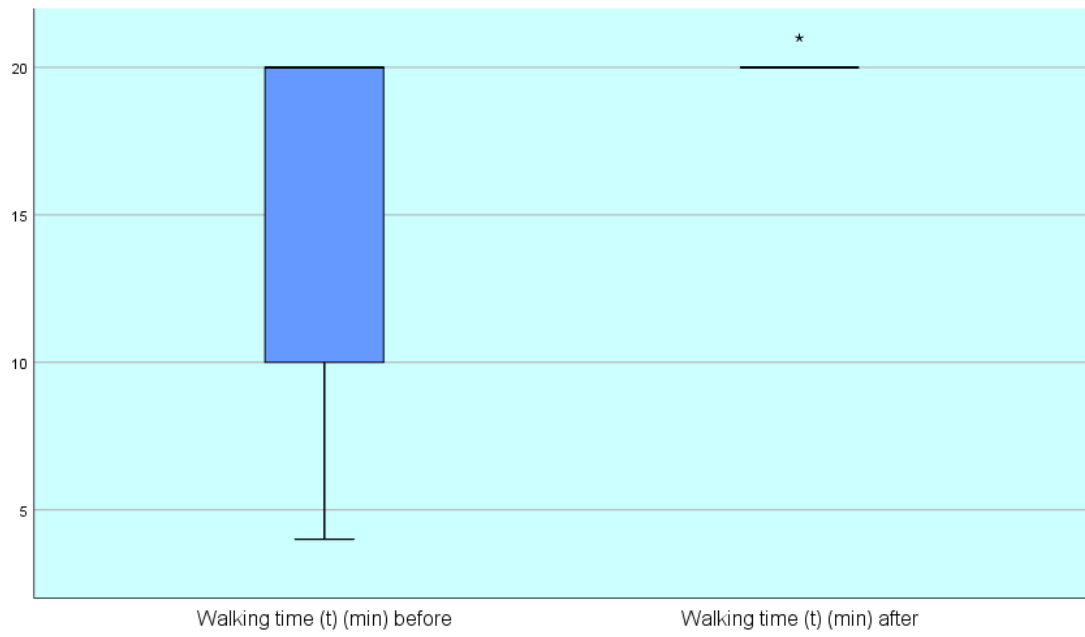
Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση. Η ταχύτητα βάδισης των ασθενών μετά την παρέμβαση ($p < 0,01$) ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη από ότι πριν όπως ήταν και ο χρόνος βάδισης ($p = 0,003$). Επιπλέον, οι ασθενείς έκαναν στατιστικά σημαντικά περισσότερα βήματα το λεπτό μετά την παρέμβαση ($p < 0,01$) αλλά και διένυσαν στατιστικά σημαντικά περισσότερα μέτρα ($p < 0,01$). Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 18 αλλά και στα γραφήματα 3 ,4 ,5 ,6.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Walking speed (v) (km x h-1) before	,75	1,45	25	<0,01
Walking speed (v) (km x h-1) after	2,30	1,88	25	
Walking time (t) (min) before	15,44	5,64	25	0,003
Walking time (t) (min) after	20,04	,20	25	
Breaks before	,52	,87	25	0,649
Breaks after	,64	,81	25	
Steps x min-1 before	22,24	18,42	25	<0,01
Steps x min-1 after	35,84	19,06	25	
Walking distance (m) before	173,20	279,16	25	<0,01
Walking distance (m) after	767,94	628,14	25	
Weight Support (%) before	30,53	10,70	25	0,244
Weight Support (%) after	28,40	10,68	25	

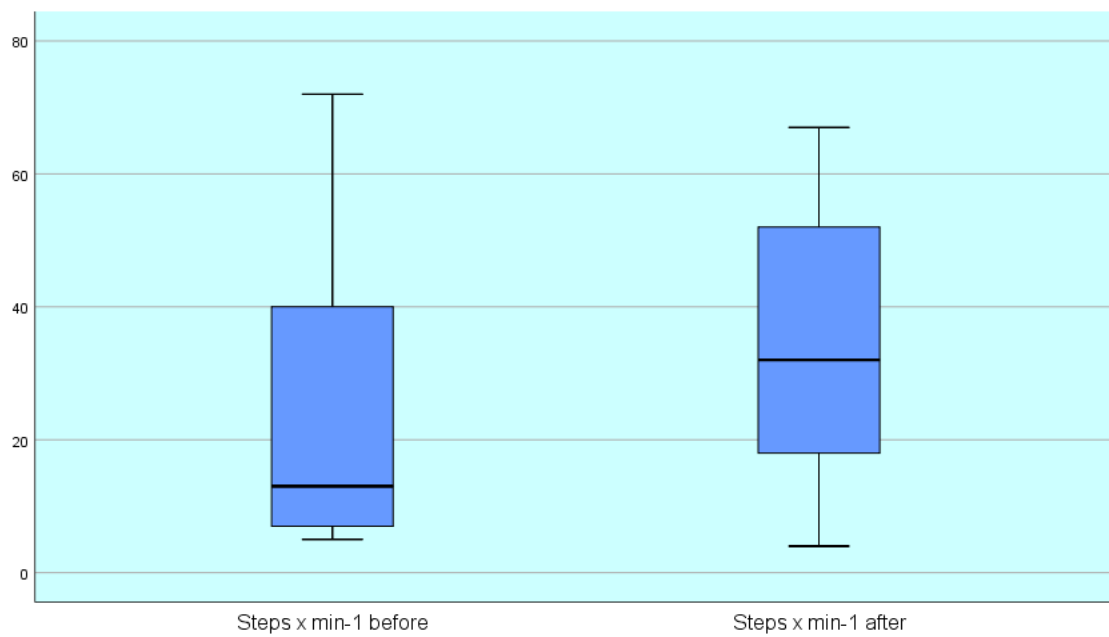
Πίνακας 18: Διαφορές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση



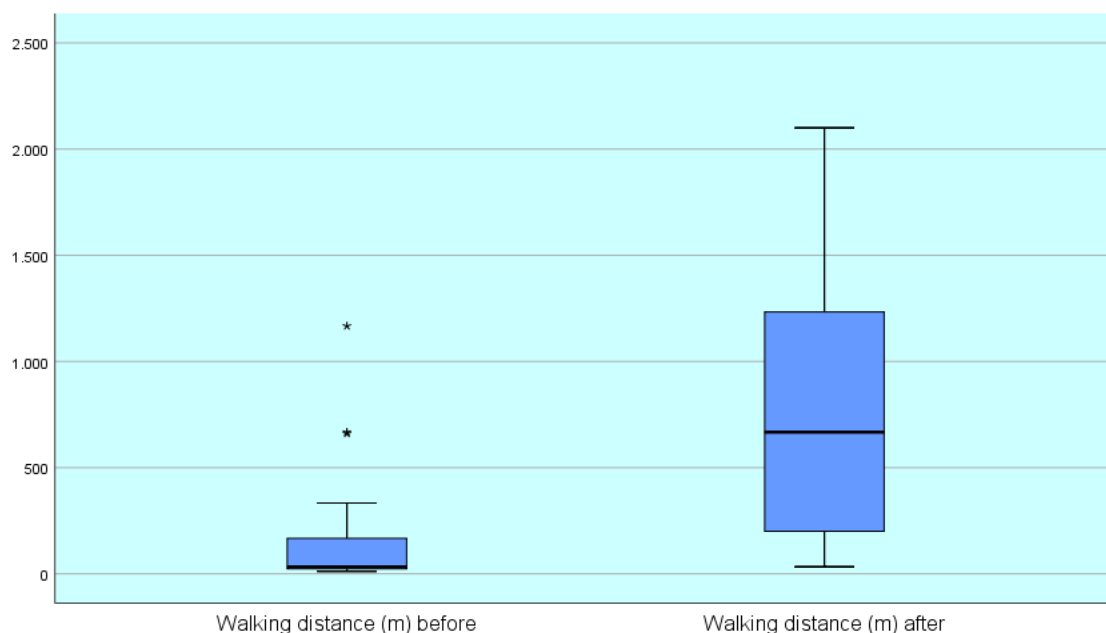
Γράφημα 3: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στις τιμές της ταχύτητας βάδισης των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση



Γράφημα 4: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στις τιμές του χρόνου βάδισης των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση



Γράφημα 5: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στα βήματα ανά λεπτό των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση



Γράφημα 6: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στην απόσταση που διανύθηκε βαδίζοντας πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.4.2. Μεταβολές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας πριν και μετά την παρέμβαση για κάθε φύλο

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών ανάλογα με το φύλο πριν και μετά την παρέμβαση. Η ταχύτητα βάδισης των ανδρών ($p=0,001$) αλλά και των γυναικών ($p=0,022$) ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη μετά την παρέμβαση. Επίσης, η απόσταση που διανύεται μετά την παρέμβαση από τους άντρες αλλά και από τις γυναίκες είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη από αυτή που διανύθηκε πριν. Συγκεκριμένα, μετά την παρέμβαση οι άντρες αναμένεται να διανύσουν 558,07 μέτρα παραπάνω από ότι πριν και οι γυναίκες 710,83. Επιπλέον, ο χρόνος βάδισης σε λεπτά των ανδρών ($p=0,007$) είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερος μετά την παρέμβαση. Όπως συμβαίνει και με τα διαλείμματα ($p=0,029$) που είναι στατιστικά σημαντικά περισσότερα μετά την παρέμβαση αλλά και με τα βήματα ανά λεπτό ($p<0,01$). Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 19.

		Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Φύλο	Walking speed (v) (km x h-1) before	,79	1,62	19	0,001
	Walking speed (v) (km x h-1) after	2,17	1,81	19	
	Walking time (t) (min) before	15,00	5,79	19	0,007
	Walking time (t) (min) after	20,05	,23	19	
Άνδρας	Breaks before	,26	,56	19	0,029
	Breaks after	,79	,85	19	
	Steps x min-1 before	21,32	19,36	19	<0,01
	Steps x min-1 after	33,47	18,00	19	
	Walking distance (m) before	164,71	291,51	19	<0,01

Γυναίκα	Walking distance (m) after	722,78	604,20	19	0,927
	Weight Support (%) before	29,12	11,15	19	
	Weight Support (%) after	28,95	11,00	19	
	Walking speed (v) (km x h-1) before	,62	,76	6	0,022
	Walking speed (v) (km x h-1) after	2,73	2,22	6	
	Walking time (t) (min) before	16,83	5,38	6	0,180
	Walking time (t) (min) after	20,00	,00	6	
	Breaks before	1,33	1,21	6	0,110
	Breaks after	,17	,41	6	
	Steps x min-1 before	25,17	16,31	6	0,04
	Steps x min-1 after	43,33	22,10	6	
	Walking distance (m) before	200,10	258,84	6	0,021
	Walking distance (m) after	910,93	739,86	6	
	Weight Support (%) before	35,00	8,37	6	0,093
	Weight Support (%) after	26,67	10,33	6	

Πίνακας 109: Διαφορές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών ανάλογα με το φύλο πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.4.3. Μεταβολές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές DEXA των ασθενών ανάλογα με την κατάταξη τους στην Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS) πριν και μετά την παρέμβαση. Οι ασθενείς που κατατάσσονται ως «Α» στην κλίμακα AIS μετά την παρέμβαση διανύουν στατιστικά σημαντικά περισσότερα μέτρα βαδίζοντας από ότι πριν ($p=0,023$) καθώς αναμένεται να διανύσουν 227,5 μέτρα παραπάνω. Οι ασθενείς που έχουν κατάταξη «D» παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη ταχύτητα ($p<0,01$) αλλά και χρόνο βάρδισης ($p=0,007$) μετά την παρέμβαση, κάνουν στατιστικά σημαντικά περισσότερα βήματα το λεπτό ($p=0,001$) μετά την παρέμβαση ενώ χρειάζονται στατιστικά σημαντικά λιγότερη υποστήριξη με βάρη κατά την κίνηση τους ($p=0,033$). Τέλος, διανύουν στατιστικά σημαντικά περισσότερα μέτρα μετά την παρέμβαση ($p<0,01$) αφού αναμένεται να διανύσουν 170,91 μέτρα παραπάνω. Οι ασθενείς με κατάταξη «B» δεν παρουσιάζουν στατιστικές διαφορές. Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 20.

		Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Κλίμακα Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)	Walking time (t) (min) before	15,50	6,36	2	0,317
	Walking time (t) (min) after	20,00	,00	2	
	Steps x min-1 before	6,00	1,41	2	0,061
	Steps x min-1 after	21,50	3,54	2	
	Walking distance (m) before	25,50	10,61	2	0,023
	Walking distance (m) after	233,00	,00	2	

B	Walking speed (v) (km x h-1)	,10	,00	3	0,138
	before				
	Walking speed (v) (km x h-1)	1,60	1,08	3	0,317
	after				
	Walking time (t) (min) before	18,00	3,46	3	0,529
	Walking time (t) (min) after	20,00	,00	3	
	Breaks before	,33	,58	3	0,069
	Breaks after	1,00	1,00	3	
	Steps x min-1 before	9,33	,58	3	0,133
	Steps x min-1 after	27,33	8,08	3	
	Walking distance (m) before	29,97	5,77	3	0,483
	Walking distance (m) after	533,30	360,56	3	
	Weight Support (%) before	28,90	10,18	3	
	Weight Support (%) after	36,67	5,77	3	
D	Walking speed (v) (km x h-1)	,91	1,58	20	<0,01
	before				
	Walking speed (v) (km x h-1)	2,57	1,98	20	0,007
	after				
	Walking time (t) (min) before	15,05	5,97	20	0,871
	Walking time (t) (min) after	20,05	,22	20	
	Breaks before	,60	,94	20	0,001
	Breaks after	,65	,81	20	
	Steps x min-1 before	25,80	19,00	20	<0,01
	Steps x min-1 after	38,55	20,26	20	
	Walking distance (m) before	209,46	302,50	20	0,033
	Walking distance (m) after	856,63	661,53	20	
	Weight Support (%) before	29,83	11,10	20	
	Weight Support (%) after	26,00	10,46	20	

Πίνακας 20: Διαφορές στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών ανάλογα με την κατάταξή τους στην κλίμακα AIS πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.4.4. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών και στην ηλικία, δείκτη μάζας σώματος και χρόνο από έναρξη πάθησης πριν και μετά την παρέμβαση

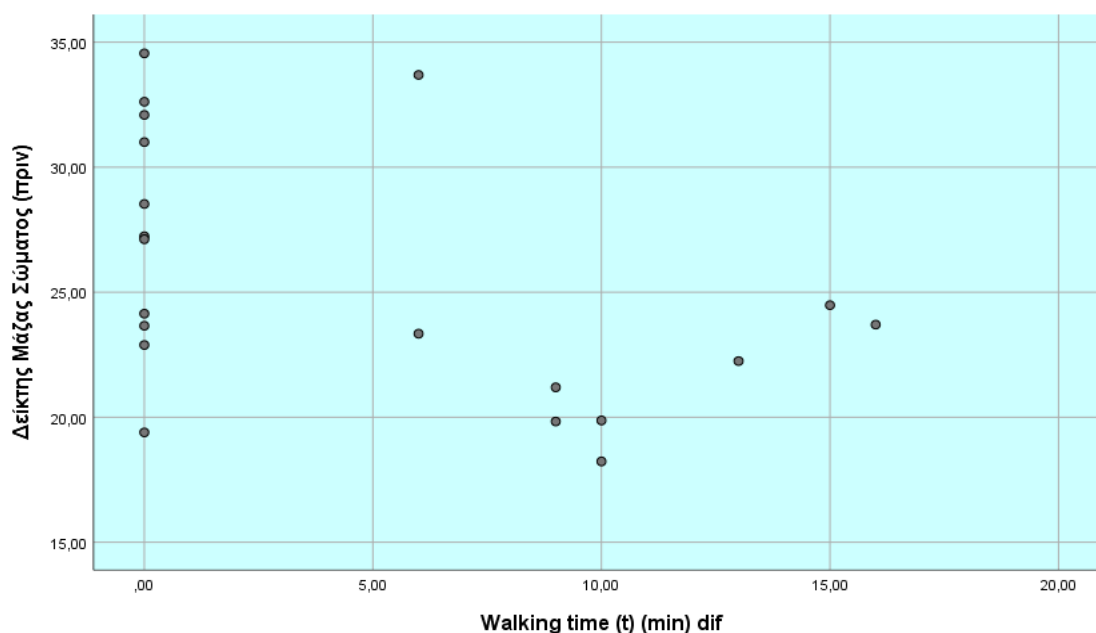
Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών πριν την παρέμβαση και στην ηλικία τους, στον Δείκτη Μάζας Σώματος πριν την παρέμβαση αλλά και στον χρόνο που έχει περάσει από την έναρξη της πάθησης. Επιπλέον, ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στην μεταβολή των τιμών αυτών με τα παραπάνω στοιχεία. Υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στη μεταβολή των τιμών του χρόνου βάδισης των ασθενών ($p=0,034$) και στο Δείκτη Μάζας Σώματός τους. Δηλαδή, για περισσότερα λεπτά βάδισης αναμένονται μεγαλύτερες τιμές στο Δείκτη Μάζας Σώματος πριν την παρέμβαση όπως φαίνεται και στο

γράφημα 7. Δεν υπάρχουν περαιτέρω στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως υποδεικνύει και ο πίνακας 21.

		Ηλικία	Χρόνος Από Έναρξη Πάθησης (Μήνες)	Δείκτης Μάζας Σώματος (πριν)
Walking speed (v) (km x h-1) after	Pearson Correlation	-0,227	-0,199	0,260
	Sig. (2-tailed)	0,276	0,340	0,268
	N	25	25	20
Walking time (t) (min) after	Pearson Correlation	0,246	0,076	. ^b
	Sig. (2-tailed)	0,236	0,719	0,000
	N	25	25	20
Breaks after	Pearson Correlation	-0,288	-0,157	-0,058
	Sig. (2-tailed)	0,162	0,455	0,807
	N	25	25	20
Steps x min-1 after	Pearson Correlation	-0,173	-0,227	0,399
	Sig. (2-tailed)	0,408	0,275	0,081
	N	25	25	20
Walking distance (m) after	Pearson Correlation	-0,227	-0,199	0,260
	Sig. (2-tailed)	0,276	0,340	0,268
	N	25	25	20
Weight Support (%) after	Pearson Correlation	-0,017	-0,039	-0,269
	Sig. (2-tailed)	0,936	0,853	0,251
	N	25	25	20
Walking speed (v) (km x h-1) dif	Pearson Correlation	0,001	-0,098	0,432
	Sig. (2-tailed)	0,997	0,641	0,057
	N	25	25	20
Walking time (t) (min) dif	Pearson Correlation	0,131	-0,159	-,477*
	Sig. (2-tailed)	0,533	0,449	0,034
	N	25	25	20
Breaks dif	Pearson Correlation	-0,315	-0,304	-0,217
	Sig. (2-tailed)	0,126	0,14	0,359
	N	25	25	20
Steps x min-1 dif	Pearson Correlation	-0,207	-0,192	-0,043
	Sig. (2-tailed)	0,321	0,358	0,858
	N	25	25	20
Walking distance (m) dif	Pearson Correlation	-0,125	-0,236	0,298

	Sig. (2-tailed)	0,553	0,256	0,201
	N	25	25	20
Weight Support (%) dif	Pearson Correlation	-0,275	-0,104	-0,286
	Sig. (2-tailed)	0,184	0,622	0,222
	N	25	25	20

Πίνακας 21: Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές των μετρήσεων της κινητικής ικανότητας των ασθενών με την ηλικία, Δείκτη Μάζας Σώματος και μήνες από την έναρξη της πάθησης



Γράφημα 7: Διάγραμμα διασποράς για τη συσχέτιση ανάμεσα στο Δείκτη Μάζας Σώματος των ασθενών και τη μεταβολή του χρόνου βάδισης σε λεπτά

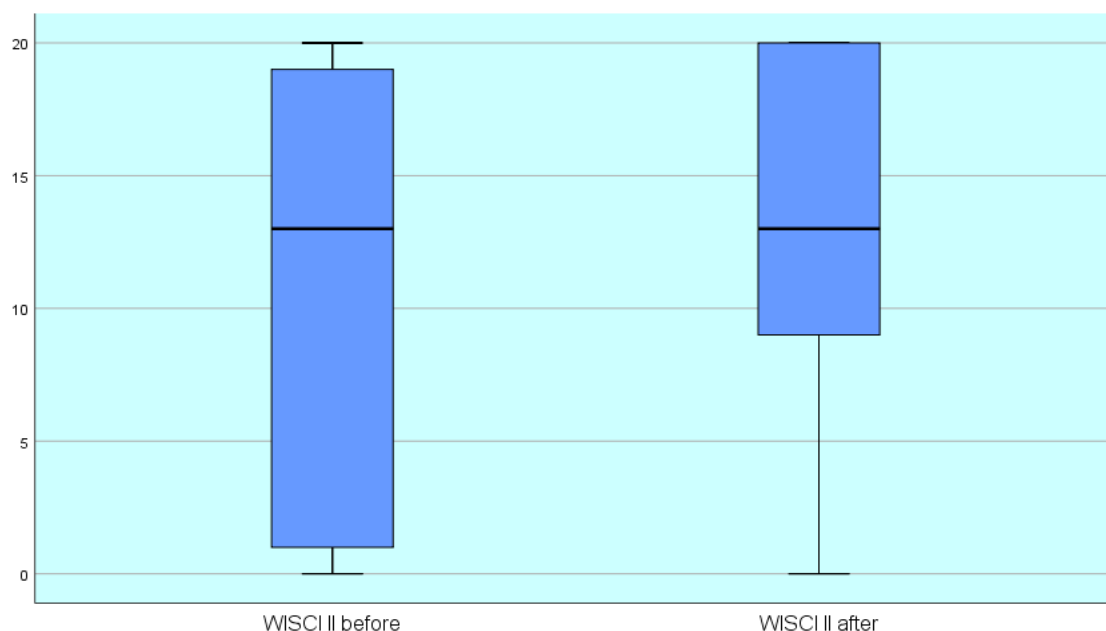
3.1.5. WISCI II

3.1.5.1. Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISCI II πριν και μετά την παρέμβαση

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές του δείκτη WISCI II των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση. Οι τιμές των ασθενών μετά την παρέμβαση είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από ότι πριν ($p=0,011$), όπως φαίνεται στον πίνακα 22 και γράφημα 8.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
WISCI II before	11,12	8,06	26	0,011
WISCI II after	12,62	7,36	26	

Πίνακας 22: Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISCI II πριν και μετά την παρέμβαση



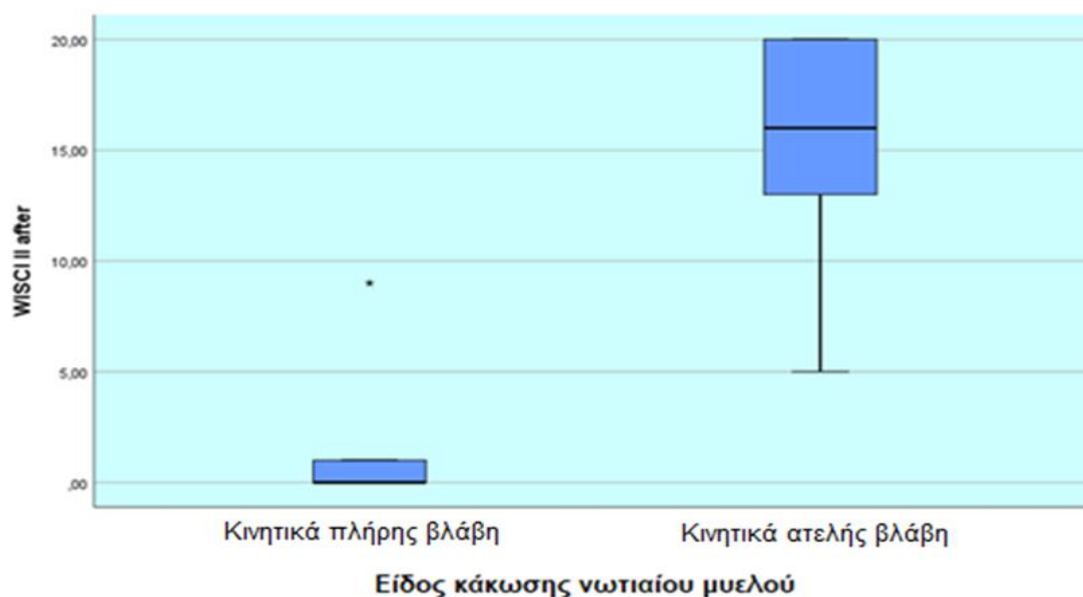
Γράφημα 8: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις τιμές των ασθενών στον δείκτη WISC II πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.5.2. Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISC II ανάλογα με το είδος βλάβης Νωτιαίου Μυελού

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές της μεταβολής του δείκτη WISC II, αλλά και στις τιμές της μετά την παρέμβαση στους ασθενείς ανάλογα με το εάν έχουν πλήρη ή ατελή κινητικά βλάβη νωτιαίου μυελού. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές της μεταβολής ενώ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές μετά την παρέμβαση. Συγκεκριμένα οι ασθενείς με κινητικά ατελή βλάβη νωτιαίου μυελού έχουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές στον δείκτη WISC II από ότι εκείνοι με κινητικά πλήρη βλάβη. Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά και στον πίνακα 23 αλλά και στο γράφημα 9.

			Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
WISC II μεταβολή	Είδος βλάβης νωτιαίου μυελού	Κινητικά	1,00	2,45	6	0,573
		πλήρης βλάβη				
		Κινητικά	1,65	2,89	20	
		ατελής βλάβη				
WISC II after	Είδος βλάβης νωτιαίου μυελού	Κινητικά	1,67	3,61	6	<0,01
		πλήρης βλάβη				
		Κινητικά	15,90	4,32	20	
		ατελής βλάβη				

Πίνακας 23: Διαφορές στον δείκτη WISC II των ασθενών ανάλογα με το είδος βλάβης νωτιαίου μυελού



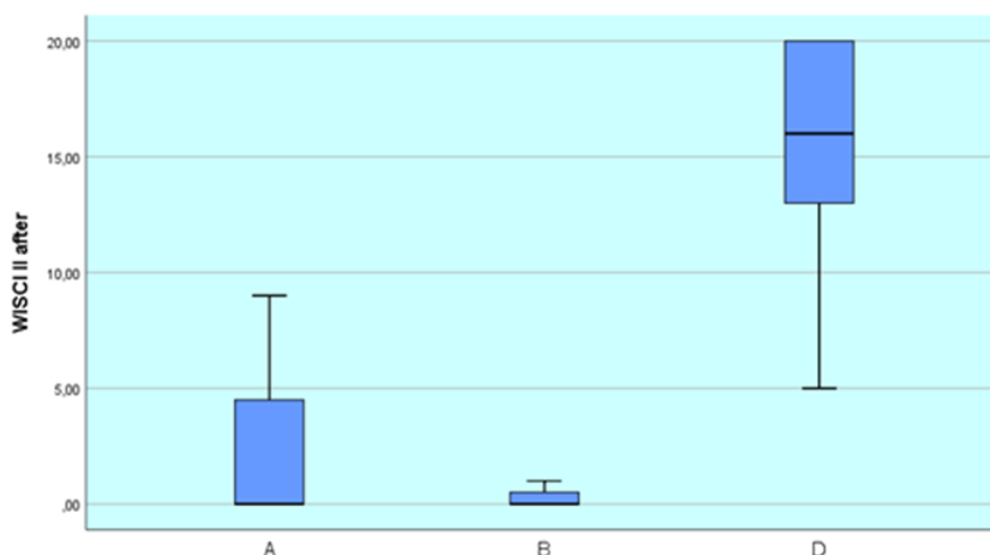
Γράφημα 9: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στον δείκτη WISC II μετά την παρέμβαση ανάλογα με το είδος κάκωσης νωτιαίου μυελού των ασθενών

3.1.5.3. Διαφορές στις τιμές του δείκτη WISC II ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές της μεταβολής του δείκτη WISC II, αλλά και στις τιμές της μετά την παρέμβαση στους ασθενείς ανάλογα με την κατάταξή τους στην κλίμακα AIS. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές μετά την παρέμβαση ($p < 0,01$). Συγκεκριμένα οι ασθενείς που έχουν κατάταξη “D” στην κλίμακα AIS έχουν στατιστικά υψηλότερες τιμές από ότι εκείνοι που έχουν κατάταξη “A” ($p = 0,008$) και “B” ($p = 0,005$) όπως φαίνεται και στο γράφημα 10. Δεν παρατηρούνται περαιτέρω στατιστικά σημαντικές διαφορές όπως φαίνεται στον πίνακα 24.

			Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
WISC II after	Κλίμακα Κατάταξης	A	3,00	5,20	3	<0,01
	Νευρολογικής Βλάβης της	B	,33	,58	3	
	Αμερικανικής Εταιρείας	D	15,90	4,32	20	
	Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)					
WISC II μεταβολή	Κλίμακα Κατάταξης	A	2,00	3,46	3	0,497
	Νευρολογικής Βλάβης της	B	,00	,00	3	
	Αμερικανικής Εταιρείας	D	1,65	2,89	20	
	Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)					

Πίνακας 24: Διαφορές στις τιμές WISC II ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS



Κλίμακα Αναπηρίας της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)

Γράφημα 10: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στον δείκτη WISC II ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS

Σημειώνεται ότι παρατηρείται απόλυτη ταύτιση της κατηγοριοποίησης με βάση την κλίμακα AIS και του είδους βλάβης του νωτιαίου μυελού καθώς όλοι οι ασθενείς με AIS A ή B έχουν κινητικώς πλήρη βλάβη νωτιαίου μυελού ενώ όσοι έχουν AIS D έχουν μερική. Επομένως οι διαφορές που εντοπίζονται είναι αναμενόμενο να είναι στατιστικά σημαντικές και για τις δύο αυτές αποτυπώσεις της κάκωσης. Το ίδιο ισχύει και για τις μετρήσεις με βάση του δείκτη Barthel της ενότητας 3.1.6.

3.1.5.4. Διαφορές στις τιμές της κλίμακας WISC II ανάλογα με το φύλο

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές της μεταβολής της κλίμακας WISC II, αλλά και στις τιμές της μετά την παρέμβαση στους ασθενείς ανάλογα με το φύλο τους. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές όπως φαίνεται στον πίνακα 25.

			Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
WISC II after	Φύλο	Ανδρας	11,90	8,08	20	0,577
		Γυναίκα	15,00	3,69	6	
WISC II μεταβολή	Φύλο	Ανδρας	,90	1,80	20	0,157
		Γυναίκα	3,50	4,42	6	

Πίνακας 25: Διαφορές στις τιμές WISC II ανάλογα με το φύλο των ασθενών

3.1.5.5. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του WISC II και στην ηλικία των ασθενών

Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις τιμές του δείκτη WISC II μετά την παρέμβαση αλλά και στις μεταβολικές τιμές με την ηλικία των ασθενών. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως φαίνεται και στον πίνακα 26.

		Ηλικία
Spearman's rho	WISC II after	Correlation Coefficient
		,113
		Sig. (2-tailed)
		,582
		N
		26
	WISC II μεταβολή	Correlation Coefficient
		-,252
		Sig. (2-tailed)
		,215
		N
		26

Πίνακας 26: Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του δείκτη WISC II και στην ηλικία των ασθενών

3.1.5.6. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του WISC II και στο χρόνο από την έναρξη της πάθησης των ασθενών

Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις τιμές του δείκτη WISC II μετά την παρέμβαση αλλά και στις μεταβολικές τιμές με την το χρόνο από την έναρξη της πάθησης (σε μήνες) των ασθενών. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως φαίνεται και στον πίνακα 27.

		Χρόνος Από Έναρξη Πάθησης (Μήνες)
Spearman's rho	WISC II after	Correlation Coefficient
		-,013
		Sig. (2-tailed)
		,951
		N
		26
	WISC II μεταβολή	Correlation Coefficient
		-,254
		Sig. (2-tailed)
		,211
		N
		26

Πίνακας 27: Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του δείκτη WISC II και στο χρόνο από την έναρξη της πάθησης των ασθενών

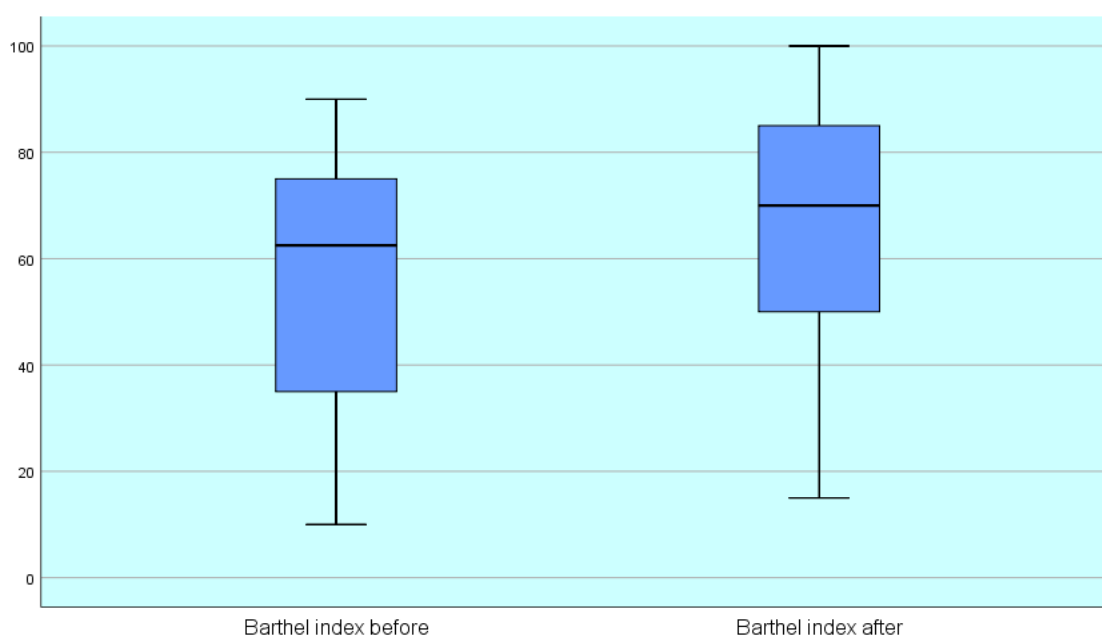
3.1.6. Δείκτης Barthel

3.1.6.1. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel πριν και μετά την παρέμβαση

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel των ασθενών πριν και μετά την παρέμβαση. Οι τιμές των ασθενών μετά την παρέμβαση είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από ότι πριν ($p=0,001$), όπως φαίνεται στον πίνακα 28 και γράφημα 11.

	Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Barthel index before	56,92	23,63	26	0,001
Barthel index after	65,58	23,17	26	

Πίνακας 28: Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel πριν και μετά την παρέμβαση



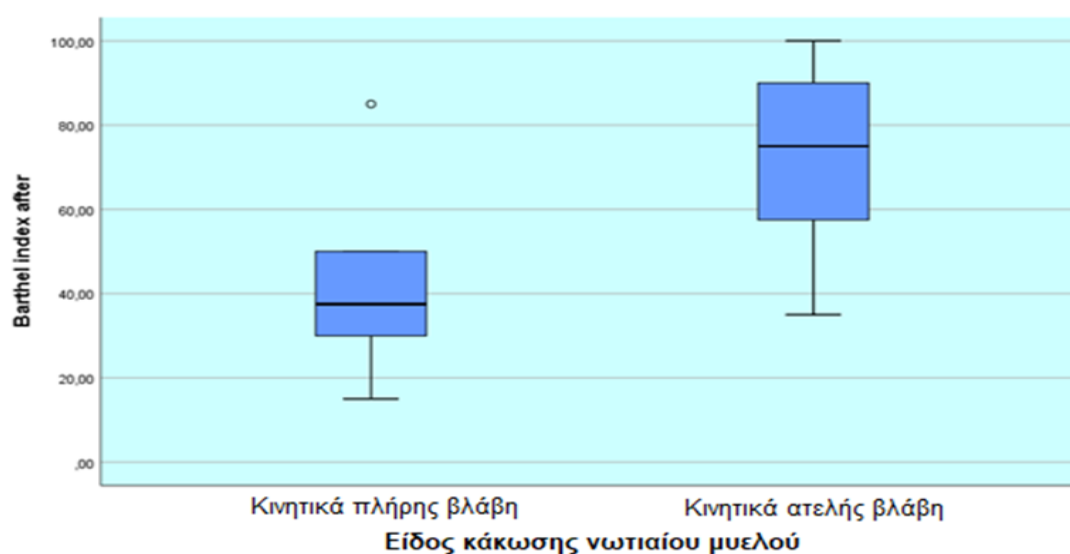
Γράφημα 11: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις τιμές των ασθενών στον δείκτη Barthel πριν και μετά την παρέμβαση

3.1.6.2. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel ανάλογα με το είδος βλάβης Νωτιαίου Μυελού

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές της μεταβολής του δείκτη Barthel, αλλά και στις τιμές του μετά την παρέμβαση στους ασθενείς ανάλογα με το εάν έχουν κινητικά πλήρη ή ατελή βλάβη νωτιαίου μυελού. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές της μεταβολής ενώ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές μετά την παρέμβαση. Συγκεκριμένα οι ασθενείς με κινητικά ατελή βλάβη νωτιαίου μυελού έχουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές στον δείκτη Barthel από ότι εκείνοι με κινητικά μερική βλάβη. Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά και στον πίνακα 29 αλλά και στο γράφημα 12.

			Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	Valid N	p value
Barthel Index μεταβολή	Είδος βλάβης νωτιαίου μυελού	Κινητικά πλήρης βλάβη	4,17	4,92	6	0,267
		Κινητικά ατελής βλάβη	10,00	12,14	20	
Barthel index after	Είδος βλάβης νωτιαίου μυελού	Κινητικά πλήρης βλάβη	42,50	24,24	6	0,003
		Κινητικά ατελής βλάβη	72,50	18,25	20	

Πίνακας 29: Διαφορές στον δείκτη Barthel των ασθενών ανάλογα με το είδος βλάβης νωτιαίου μυελού



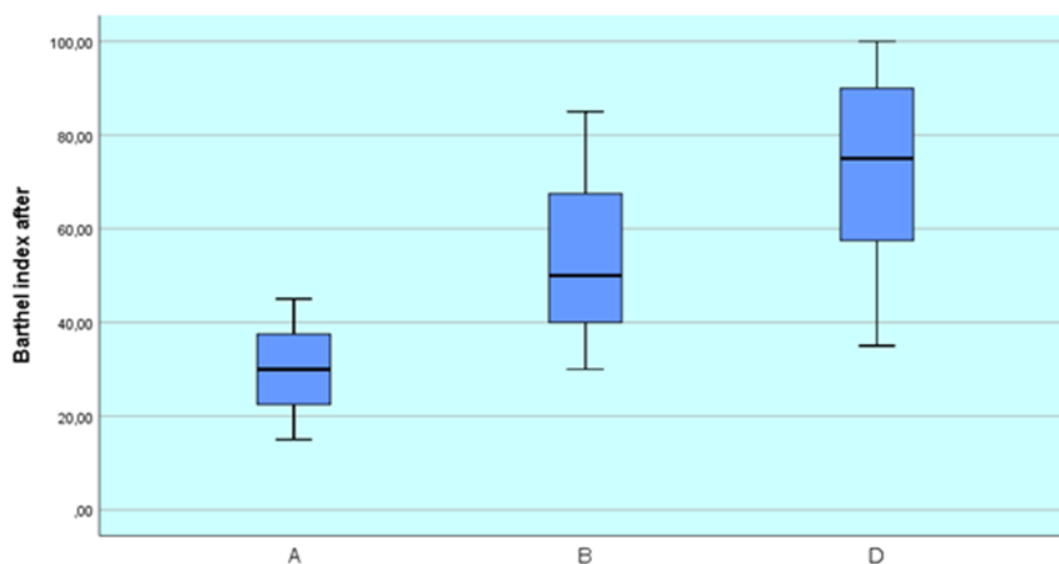
Γράφημα 12: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στον δείκτη Barthel μετά την παρέμβαση ανάλογα με το είδος βλάβης νωτιαίου μυελού των ασθενών

3.1.6.3. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές της μεταβολής του δείκτη Barthel, αλλά και στις τιμές της μετά την παρέμβαση στους ασθενείς ανάλογα με την κατάταξή τους στην κλίμακα AIS. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές μετά την παρέμβαση ($p=0,004$). Συγκεκριμένα οι ασθενείς που έχουν κατάταξη “D” στην κλίμακα AIS έχουν στατιστικά υψηλότερες τιμές από ότι εκείνοι που έχουν κατάταξη “A” ($p=0,004$) όπως φαίνεται και στο γράφημα 13. Δεν παρατηρούνται περαιτέρω στατιστικά σημαντικές διαφορές όπως φαίνεται στον πίνακα 30.

			Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	p value
Barthel index after	Κλίμακα Κατάταξης	A	30,00	15,00	3	0,004
	Νευρολογικής Βλάβης της	B	55,00	27,84	3	
	Αμερικανικής Εταιρείας	D	72,50	18,25	20	
	Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)					
Barthel Index μεταβολή	Κλίμακα Κατάταξης	A	5,00	5,00	3	0,535
	Νευρολογικής Βλάβης της	B	3,33	5,77	3	
	Αμερικανικής Εταιρείας	D	10,00	12,14	20	
	Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)					

Πίνακας 30: Διαφορές στις τιμές Barthel Index ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS



Κλίμακα Αναπηρίας της Αμερικανικής Εταιρείας Κακώσεων Σπονδυλικής Στήλης (AIS)

Γράφημα 13: Συγκριτικό θηκόγραμμα για τις διαφορές στον δείκτη Barthel ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών στην κλίμακα AIS.

3.1.6.4. Διαφορές στις τιμές του δείκτη Barthel ανάλογα με το φύλο

Ελέγχθηκαν οι διαφορές στις τιμές της μεταβολής του δείκτη Barthel, αλλά και στις τιμές της μετά την παρέμβαση στους ασθενείς ανάλογα με το φύλο τους. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως φαίνεται και στον πίνακα 31.

			Μέση Τιμή	Τυπ. Απόκλιση	N	
Barthel index after	Φύλο	Άνδρας	62,00	23,08	20	0,203
		Γυναίκα	77,50	20,92	6	
Barthel Index μεταβολή	Φύλο	Άνδρας	7,00	9,79	20	0,213
		Γυναίκα	14,17	14,29	6	

Πίνακας 31: Διαφορές στις τιμές Barthel Index ανάλογα με το φύλο των ασθενών

3.1.6.5. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του Barthel Index και στην ηλικία των ασθενών

Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις τιμές του δείκτη Barthel μετά την παρέμβαση αλλά και στις μεταβολικές τιμές με την ηλικία των ασθενών. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως φαίνεται και στον πίνακα 32.

		Ηλικία
Barthel index after	Pearson Correlation	-,152
	Sig. (2-tailed)	,457
	N	26
Barthel Index μεταβολή	Pearson Correlation	-,057
	Sig. (2-tailed)	,783
	N	26

Πίνακας 32: Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του δείκτη Barthel και στην ηλικία των ασθενών.

3.1.6.6. Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του Barthel Index και στο χρόνο από την έναρξη της πάθησης των ασθενών

Ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις τιμές του δείκτη Barthel μετά την παρέμβαση αλλά και στις μεταβολικές τιμές με την το χρόνο από την έναρξη της πάθησης (σε μήνες) των ασθενών. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις όπως φαίνεται και στον πίνακα 33.

		Χρόνος Από Έναρξη Πάθησης (Μήνες)
Barthel index after	Pearson Correlation	-,148
	Sig. (2-tailed)	,470
	N	26
Barthel Index μεταβολή	Pearson Correlation	-,091
	Sig. (2-tailed)	,658
	N	26

Πίνακας 33: Συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές του δείκτη Barthel και στο χρόνο από την έναρξη της πάθησης των ασθενών

3.1.7. Τροποποιημένη κλίμακα Asworth (MAS)

Ελέγχθηκαν οι βαθμολογίες των ασθενών στην κλίμακα πριν και μετά την παρέμβαση. Μετά την παρέμβαση ελέγχθηκαν οι μύες οι οποίοι, προ παρεμβάσεως, βρέθηκαν να έχουν σπαστικότητα. Γενικότερα, παρουσιάστηκαν χαμηλότερες βαθμολογίες MAS μετά την παρέμβαση στους μύες υποδεικνύοντας έτσι βελτίωση στην σπαστικότητα των ασθενών. Λόγω της ποικιλομορφίας των μυών με σπαστικότητα και του μικρού δείγματος, προχωρήσαμε σε δύο διαφορετικές αναλύσεις των αποτελεσμάτων: Στην πρώτη, «λεπτομερή», ανάλυση εξετάστηκαν τα αποτελέσματα σε κάθε μυ με σπαστικότητα ξεχωριστά για το επικρατές (δε) και το μη επικρατές (αρ) κάτω άκρο. Στην δεύτερη, «συγκεντρωτική», ανάλυση των αποτελεσμάτων, συγκεντρώσαμε τα αποτελέσματα από τον μυ με την μεγαλύτερη σπαστικότητα (με την υψηλότερη βαθμολογία στην κλίμακα MAS) για κάθε ασθενή και σε αυτούς διερευνήθηκε η επίδραση της παρέμβασης.

3.1.7.1 Λεπτομερής ανάλυση των αποτελεσμάτων

3.1.7.1.1. Λαγονοψοϊτης μυς (δε)

Στον πίνακα 34 υποδεικνύεται πως υπάρχει μία βελτίωση στη σπαστικότητα του δεξιού λαγονοψοϊτη μυός καθώς οι 3 από τους 6 ασθενείς μετά την παρέμβαση δεν παρουσίασαν σπαστικότητα στον συγκεκριμένο μυ, και οι υπόλοιποι δύο παρέμειναν σχετικά σταθεροί.

		Ashworth- Λαγονοψοϊτης μ. μετά (δ)			
		No increase in muscle tone	As 2 but with minimal resistance through range following catch	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Total
Ashworth- Λαγονοψοϊτης μ. πριν (δ)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	0	0	1
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	2	1	0	3
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	1	1	2
Total		3	2	1	6

Πίνακας 34: Σπαστικότητα δεξιού Λαγονοψοϊτη μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.2. Τετρακέφαλος μηριαίος μυς (δε)

Όπως υποδεικνύει ο πίνακας 35 η σπαστικότητα του δεξιού τετρακεφάλου μηριαίου μ. των ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

		Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. μετά (δ)					Total
		No increase in muscle tone	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	As 2 but with minimal resistance through range following catch	More marked increase tone through ROM	Considerable increase in tone, passive movement difficult	
Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. πριν (δ)	No increase in muscle tone	0	1	0	0	0	1
	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	2	0	0	0	3
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	1	1	2	0	0	4
	More marked increase tone through ROM	0	0	0	2	0	2
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	1	0	0	1	2
Total		2	5	2	2	1	12

Πίνακας 35: Σπαστικότητα δεξιού Τετρακεφάλου Μηριαίου μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.3. Οπίσθιοι μηριαίοι μυς (δε)

Όπως υποδεικνύει ο πίνακας 36 η σπαστικότητα των δεξιών οπισθίων μηριαίων μ. των ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. μετά (δ)

		No increase in muscle tone	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	As 2 but with minimal resistance through range following catch	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Total
Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. πριν (δ)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	4	0	0	5
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	1	1	0	0	2
	More marked increase tone through ROM	0	0	1	0	1
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	0	0	2	2
Total		2	5	1	2	10

Πίνακας 36: Σπαστικότητα δεξιών Οπισθίων Μηριαίων μυών σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.4. Προσαγωγοί μυς (δε)

Όπως υποδεικνύει ο πίνακας 37 η σπαστικότητα των δεξιών προσαγωγών μ. των 2 από τους 3 ασθενών έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση ενώ ενός χειροτέρεψε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Προσαγωγοί μ. μετά (δ)

		More marked increase tone through ROM	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Total
Ashworth- Προσαγωγοί μ. πριν (δ)	As 2 but with minimal resistance through range following catch	1	0	1
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	2	2
	Total	1	2	3

Πίνακας 37: Σπαστικότητα δεξιών Προσαγωγών μ. σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.5. Γαστροκνήμιος μυς (δε)

Όπως υποδεικνύει ο πίνακας 38 η σπαστικότητα του δεξιού γαστροκνημίου μ. των 8 ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

		Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. μετά (δ)			Total
		No increase in muscle tone	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Affected part rigid	
Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. πριν (δ)	As 2 but with minimal resistance through range following catch	1	0	0	1
	More marked increase tone through ROM	1	0	0	1
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	5	0	5
	Affected part rigid	0	0	1	1
Total		2	5	1	8

Πίνακας 38: Σπαστικότητα δεξιού Γαστροκνημίου μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.6. Πρόσθιος κνημιαίος μυς (δε)

Όπως υποδεικνύει ο πίνακας 39 η σπαστικότητα του δεξιού πρόσθιου κνημιαίου μ. των 4 ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

		Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. μετά (δ)		Total
		No increase in muscle tone	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	
Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. πριν (δ)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	0	3	3
	More marked increase tone through ROM	1	0	1
Total		1	3	4

Πίνακας 39: Σπαστικότητα δεξιού Πρόσθιου Κνημιαίου μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.7. Περωνιαίος μυς (δε)

Όπως υποδεικνύει ο πίνακας 40 η σπαστικότητα του δεξιού περωνιαίου μ. του ενός ασθενή με βαθμολογία στην κλίμακα MAS παρέμεινε σταθερή μετά την παρέμβαση.

Ashworth- Περωνιαίοι			
<u>μ. μετά (δ)</u>			
Ashworth- Περωνιαίοι μ. πριν (δ)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	1
Total		1	1

Πίνακας 40: Σπαστικότητα δεξιών Περωνιαίων μ. σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.8. Λαγονοψοϊτής μυς (αρ)

Στον πίνακα 41 φαίνεται πως η σπαστικότητα του αριστερού Λαγοψωίτη μυός των 4 ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Λαγονοψοϊτής μ. μετά (α)					
Ashworth- Λαγονοψοϊτής μ. πριν (α)		No increase in muscle tone	As 2 but with minimal resistance through range following catch	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Total
	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	0	0	1
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	0	1	0	1
	More marked increase tone through ROM	1	0	0	1
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	0	1	1
Total		2	1	1	4

Πίνακας 41: Σπαστικότητα αριστερού Λαγονοψοϊτή μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.9. Τετρακέφαλος μηριαίος μυς (αρ)

Στον πίνακα 42 φαίνεται πως η σπαστικότητα του αριστερού τετρακεφάλου μηριαίου μ. των 10 ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. μετά (α)						
		No increase in muscle tone	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	As 2 but with minimal resistance through range following catch	More marked increase tone through ROM	Total
Ashworth- Τετρακέφαλος Μηριαίος μ. πριν (α)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	1	0	0	2
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	0	2	0	1	3
	More marked increase tone through ROM	0	2	1	2	5
Total		1	5	1	3	10

Πίνακας 42: Σπαστικότητα αριστερού Τετρακεφάλου Μηριαίου μ. σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.10. Οπίσθιοι Μηριαίοι (αρ)

Στον πίνακα 43 φαίνεται πως η σπαστικότητα των αριστερών οπισθίων μηριαίων μ. και των 9 ασθενών βελτιώθηκε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. μετά (α)						
		No increase in muscle tone	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	As 2 but with minimal resistance through range following catch	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Total
Ashworth- Οπίσθιοι Μηριαίοι μ. πριν (α)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	2	0	0	0	2
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	0	1	0	0	1
	More marked increase tone through ROM	2	1	1	0	4
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	0	0	2	2
Total		4	2	1	2	9

Πίνακας 43: Σπαστικότητα αριστερών Οπισθίων Μηριαίων μ. σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.11. Προσαγωγοί μυς (αρ)

Στον πίνακα 44 υποδεικνύεται πως η σπαστικότητα των αριστερών προσαγωγών μ. των 4 ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλυτέρευσε σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

		Ashworth- Προσαγωγοί μ. μετά (α)			
		As 2 but with minimal resistance through range following catch	More marked increase tone through ROM	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Total
Ashworth- Προσαγωγοί μ. πριν (α)	More marked increase tone through ROM	2	1	0	3
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	0	1	1
Total		2	1	1	4

Πίνακας 44: Σπαστικότητα αριστερών Προσαγωγών μ. σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.12. Γαστροκνήμιος μυς (αρ)

Στον πίνακα 45 υποδεικνύεται πως η σπαστικότητα του αριστερού γαστροκνημίου μ. των 7 ασθενών είτε έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση είτε καλύπτει σύμφωνα με τη βαθμολογία στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. μετά (α)		No increase in muscle tone	As 2 but with minimal resistance through range following catch	Considerable increase in tone, passive movement difficult	Affected part rigid	Total
Ashworth- Γαστροκνήμιος μ. πριν (α)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	0	0	0	1
	As 2 but with minimal resistance through range following catch	1	2	0	0	3
	Considerable increase in tone, passive movement difficult	0	0	2	0	2
	Affected part rigid	0	0	0	1	1
Total		2	2	2	1	7

Πίνακας 45: Σπαστικότητα αριστερού Γαστροκνημίου μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.13. Πρόσθιος κνημιαίος μυς (αρ)

Στον πίνακα 46 φαίνεται πως η σπαστικότητα του αριστερού πρόσθιου κνημιαίου μ. και των 2 ασθενών έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση σύμφωνα με τη βαθμολογία τους στην κλίμακα MAS.

Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. μετά (α)		Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	Total
Ashworth- Πρόσθιος Κνημιαίος μ. πριν (α)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	2	2
Total		2	2

Πίνακας 46: Σπαστικότητα αριστερού Πρόσθιου Κνημιαίου μυός σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.1.14. Περονιαίοι μύς (αρ)

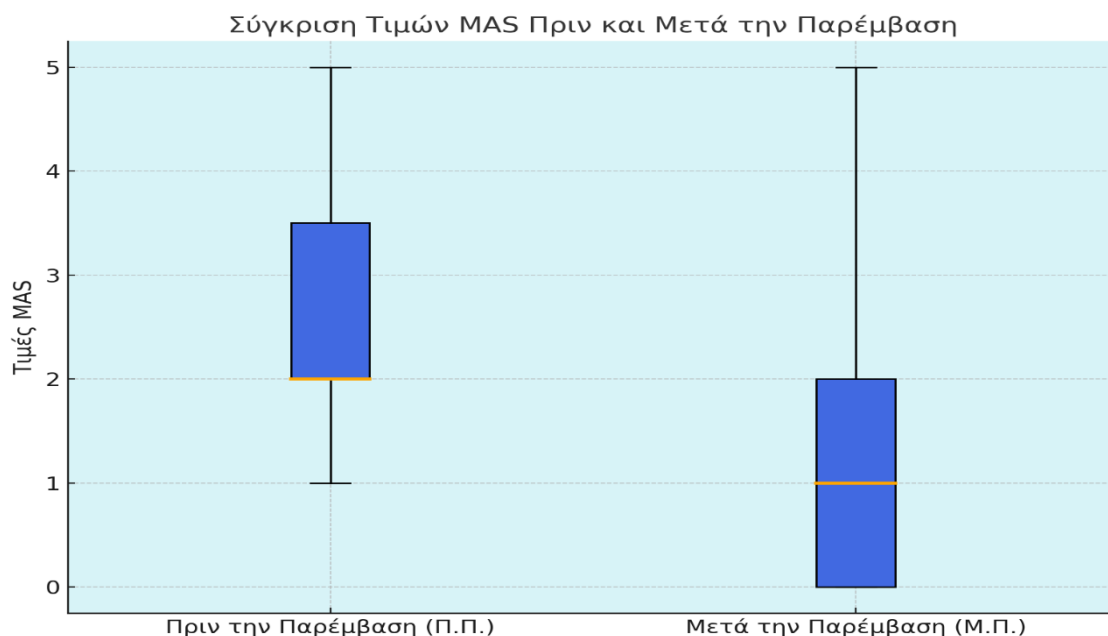
Στον πίνακα 47 υποδεικνύεται πως η σπαστικότητα του ενός ασθενή στους αριστερούς περονιαίους μ. έμεινε στάσιμη μετά την παρέμβαση σύμφωνα με τη βαθμολογία του στην κλίμακα MAS.

		Ashworth- Περονιαίοι μ. μετά (α)	
		of range	Total
Ashworth- Περονιαίοι μ. πριν (α)	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	1
	Slight increase in tone with a catch and release or minimal resistance at end of range	1	1
Total		1	1

Πίνακας 47: Σπαστικότητα αριστερών Περονιαίων μ. σύμφωνα με την κλίμακα MAS

3.1.7.2. Συγκεντρωτική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του MAS έδειξε σημαντική βελτίωση μετά την παρέμβαση στους μύες με την μεγαλύτερη σπαστικότητα. Η μέση τιμή MAS προ παρεμβάσεως ήταν 2.74, ενώ μετά την παρέμβαση μειώθηκε σε 1.32. Η σύγκριση των τιμών πραγματοποιήθηκε με τον στατιστικό έλεγχο Wilcoxon, ο οποίος απέδωσε p-value ίσο με 0.0008, υποδεικνύοντας στατιστικά σημαντική διαφορά (Γράφημα 14).



Γράφημα 14: Σύγκριση Τιμών MAS προ και μετά παρεμβάσεως στους μύες με την μεγαλύτερη σπαστικότητα

Η ανάλυση επιβεβαιώνει ότι η παρέμβαση συνέβαλε σε ουσιαστική μείωση της σπαστικότητας στους επιλεγμένους μύες. Παρότι η παρούσα ανάλυση επικεντρώθηκε στους μύες με την μεγαλύτερη σπαστικότητα, τα ευρήματα ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της BWSTT στη διαχείριση της σπαστικότητας σε αυτόν τον πληθυσμό. Συνολικά, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα με μεγαλύτερα δείγματα και διευρυμένα πρωτόκολλα παρέμβασης για να διερευνηθεί η συνολική επίδραση της BWSTT σε όλο το φάσμα των μυϊκών ομάδων.

3.1.8. Ανεπιθύμητα Γεγονότα-Συμβάματα Κατά την Παρέμβαση

Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, καταγράφηκαν τρία ανεπιθύμητα γεγονότα, τα οποία ανέδειξαν σημαντικές προκλήσεις που συνδέονται με την αποκατάσταση ασθενών με βλάβες Ν.Μ.. Τα περιστατικά αυτά σχετίζονται τόσο με τις ιδιαιτερότητες της παθοφυσιολογίας αυτής της κατηγορίας ασθενών, όσο και με τις απαιτήσεις της παρούσας μεθοδολογίας παρέμβασης.

3.1.8.1. Σπάσιμο βραχίονα λειτουργικού νάρθηκα ARGO

Σε έναν από τους συμμετέχοντες παρατηρήθηκε σπάσιμο ενός βραχίονα λειτουργικού νάρθηκα ARGO, το οποίο οδήγησε στη διακοπή της παρέμβασης. Το περιστατικό αυτό ανέδειξε την ανάγκη για συνεχή τεχνική συντήρηση και προσαρμογή των εξοπλισμών που χρησιμοποιούνται σε ασθενείς με βλάβες Ν.Μ.. Οι νάρθηκες ARGO σχεδιάζονται για την υποβοήθηση βάδισης, αλλά η υψηλή καταπόνηση κατά τη διάρκεια προπόνησης μπορεί να οδηγήσει σε μηχανικές βλάβες. Επομένως, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη πιο ανθεκτικών και εργονομικών συστημάτων, τα οποία θα υποστηρίζουν την ασφάλη και απρόσκοπτη συμμετοχή των ασθενών.

3.1.8.2. Περιστατικό αιματουρίας λόγω ενδοκυστικών λίθων

Ένας ασθενής παρουσίασε αιματουρία, η οποία αποδόθηκε στην παρουσία ενδοκυστικών λίθων. Οι ενδοκυστικοί λίθοι αποτελούν συνήθη επιπλοκή σε ασθενείς με βλάβες Ν.Μ., κυρίως λόγω διαταραχών στην εκκένωση της κύστης και χρόνιων φλεγμονών. Η παθοφυσιολογία τους περιλαμβάνει την αυξημένη συγκέντρωση ούρων στην ουροδόχο κύστη και την καθίζηση μεταλλικών αλάτων, όπως το φωσφορικό ασβέστιο και το ουρικό οξύ. Παράγοντες όπως οι επαναλαμβανόμενες ουρολοιμώξεις και η παρατεταμένη χρήση καθετήρων αυξάνουν την πιθανότητα σχηματισμού λίθων. Το περιστατικό αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για τακτική ουρολογική παρακολούθηση και ενδελεχή εκτίμηση των ασθενών πριν την ένταξή τους σε εντατικά προγράμματα αποκατάστασης.

3.1.8.3. Περιστατικό ορθοστατικής υπότασης σε ασθενή με ADEM

Κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας παρέμβασης, ένας ασθενής με οξεία διάχυτη εγκεφαλομυελίτιδα (ADEM) εμφάνισε ορθοστατική υπόταση. Η ορθοστατική υπόταση είναι συχνή επιπλοκή σε ασθενείς με βλάβες Ν.Μ., ειδικά όταν αυτές επηρεάζουν τα ανώτερα θωρακικά ή αυχενικά επίπεδα. Η παθοφυσιολογία περιλαμβάνει διαταραχές στο αυτόνομο νευρικό σύστημα, που οδηγούν σε ανεπαρκή αγγειοσύσπαση και μείωση της καρδιακής παροχής κατά την αλλαγή θέσης από καθιστή σε όρθια. Οι κύριες εκδηλώσεις περιλαμβάνουν ζάλη, αίσθημα αδυναμίας και λιποθυμία. Το περιστατικό αυτό αναδεικνύει

την ανάγκη για προσεκτική κλιμάκωση της παρέμβασης, ειδικά σε ασθενείς με οξεία ή μεταβολική βλάβη, όπως το ADEM, ώστε να προλαμβάνονται παρόμοιες ανεπιθύμητες αντιδράσεις.

3.2. Αποτελέσματα Δημοσιευμένων Άρθρων

3.2.1. Αποτελέσματα του άρθρου ανασκόπησης: *“Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”*.

Η βάση δεδομένων Medline παρήγαγε 64 αναφορές, ενώ οι Science-Direct, Scopus και Cochrane παρείχαν 310, 49 και 2 αναφορές αντίστοιχα, συνολικά 425 πιθανές μελέτες. Μετά την εξάλειψη των διπλοτύπων και την εφαρμογή των κριτηρίων επιλεξιμότητας παρέμειναν 24 άρθρα. Μετά την εξέταση των 24 άρθρων, επιλέχθηκαν 6 μελέτες που προσέφεραν τα κατάλληλα δεδομένα για την παρούσα ανασκόπηση.

3.2.1.1. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των ασθενών με βλάβη N.M. με ή χωρίς πολλαπλούς τραυματισμούς

3.2.1.1.1. Θνησιμότητα

Η ποσότητα και/ή η ποιότητα των σχετιζόμενων βλαβών παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιβίωση του τραυματισμένου ασθενούς με βλάβη N.M.. Με περιγραφικό τρόπο, ο Lieutand και οι συνεργάτες του (και συν) [418] καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα θανάτωση θύματα υπέστησαν διπλάσιες συσχετιζόμενες βλάβες σε σχέση με τους επιζώντες ($p < 0,0001$) και ότι οι συσχετιζόμενες βλάβες ($AIS \geq 4$) παρατηρήθηκαν 10 φορές συχνότερα στους θανόντες από ό,τι στους επιζώντες.

3.2.1.1.2. Διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης (διάρκεια παραμονής, *Length of Stay/ LoS*)

Αυξημένη LoS αποκατάστασης διαπιστώθηκε από όλους τους συγγραφείς σε ασθενείς με πολλαπλούς τραυματισμούς με βλάβη N.M.. Μια μέση διαφορά 1,9 μηνών διαπιστώθηκε από τους Putz και συν. [419]. Οι Schivoletto και συν. [420] διαπίστωσαν ότι το LoS αποκατάστασης ήταν αυξημένο σε ασθενείς με βλάβη N.M. με πολλαπλούς τραυματισμούς σε σύγκριση με ασθενείς μόνο με βλάβη N.M. (Βλάβη N.M. με πολλαπλούς τραυματισμούς LoS: $159,1 \pm 1d$, μονοτραυματική βλάβη N.M.: $130,4 \pm 84d$) Τέλος, οι Hebert και Burnham [421] συσχέτισαν την αυξημένη LoS με αυξημένη ISS [422], η οποία είναι η συνηθέστερη περίπτωση κατά την σύγκριση ασθενών με πολυτραυματική και μονοτραυματική N.M..

3.2.1.1.3. Λειτουργικά αποτελέσματα (*FIM, SCIM, BI, WISCII, ASIA MS, χρόνος επιστροφής στην εργασία*)

Οι Hebert και Burnham, επίσης, περιγραφικά, στο ίδιο μοτίβο σκέψης που αναφέρθηκε παραπάνω, διαπίστωσαν ότι οι πολυτραυματίες ασθενείς με βλάβη N.M. είχαν μειωμένο

Functional Impairment measure (FIM) [423] κατά την έξοδο, σε επανεξέταση 1 και 2 έτη μετά την έξοδο τους από το κλινικό περιβάλλον, μειωμένη πιθανότητα επιστροφής στην εργασία και αυξημένο χρονικό διάστημα για την επιστροφή στην εργασία, συγκρίνοντας τους με τους μονοτραυματίες ασθενείς με βλάβη N.M.. Παρόμοιες βαθμολογίες Spinal Cord Impairment measure (SCIM) [424] αλλά με διαφορά στον χρόνο που απαιτείται για την επίτευξή τους καταγράφηκαν από τους Putz και συν. [419]. Τέλος, οι μονοτραυματίες ασθενείς με βλάβη N.M. σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις από τους πολυτραυματίες με βλάβη N.M. σε όλες τις κλίμακες λειτουργικότητας και τις κλίμακες που χρησιμοποίησαν οι Scivoletto και συν. [420]. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ωστόσο, ότι δεν βρέθηκε στατιστική σημαντικότητα στα προαναφερθέντα αποτελέσματα.

3.2.1.2. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των πολλαπλά τραυματισμένων ασθενών με ή χωρίς βλάβη N.M.

3.2.1.2.1. Διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης (διάρκεια παραμονής, *Length of Stay/ LoS*)

Στην εργασία των Schwartz και συν. [425] διαπιστώθηκε διπλάσια ή τριπλάσια LoS ενδονοσοκομειακής αποκατάστασης σε πολυτραυματίες ασθενείς με βλάβη N.M. σε σύγκριση με πολυτραυματίες ασθενείς χωρίς βλάβη N.M.. Η διαφορά αυτή μειώθηκε όταν εξετάστηκε το LoS αποκατάστασης στα εξωτερικά κέντρα αποκατάστασης.

3.2.1.2.2. Λειτουργικά αποτελέσματα (*FIM*)

Στην ίδια μελέτη [425] η FIM μετά την αποκατάσταση σε νοσοκομείο και κλινικές αποκατάστασης, ήταν σχεδόν ίση για ασθενείς με πολλαπλούς τραυματισμούς με ή χωρίς βλάβη N.M..

3.2.1.3. Σύγκριση πολυτραυματιών με βλάβη N.M. σε διαφορετικές συνθήκες

3.2.1.3.1. Σύγκριση πολυτραυματιών ασθενών με βλάβη N.M. με ή χωρίς νευρολογική βελτίωση

Μια ενδιαφέρουσα μελέτη των Putz και συν. [426] έδειξε ότι πολυτραυματίες ασθενείς με βλάβη N.M. χωρίς νευρολογική βελτίωση είχαν αυξημένη περίοδο αποκατάστασης (LoS) και μειωμένη αρχική και μετά από ένα έτος επανεξέτασης SCIM, σε σύγκριση με τις LoS και SCIM των πολυτραυματιών με νευρολογική βελτίωση. Ωστόσο, η διαφορά των βαθμολογιών SCIM (DSCIM) (SCIM κατά την παρακολούθηση ενός έτους - SCIM κατά την έναρξη της αποκατάστασης), για τις δύο ομάδες, ήταν παρόμοια.

3.2.1.3.2. Σύγκριση πολυτραυματιών με βλάβη N.M., θυμάτων τρομοκρατίας και μη τρομοκρατικών θυμάτων

Οι Schwartz και συν. [425] ασχολήθηκαν με τις διαφορές που διαπιστώθηκαν σε θύματα τρομοκρατίας και σε μη τρομοκρατικά θύματα, σε πολυτραυματίες με βλάβη N.M.. Δεν διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές στις LoS των εσωτερικών ή εξωτερικών ασθενών

μεταξύ των δύο ομάδων. Υπογραμμίζουν επίσης το γεγονός ότι τα θύματα πολλαπλών τραυματισμών από τρομοκρατία με βλάβη N.M. έχουν την ίδια LoS αποκατάστασης με οποιονδήποτε άλλο ασθενή με βλάβη N.M. στο Ισραήλ. Οι βαθμολογίες FIM, μετά από ενδονοσοκομειακή και εξωνοσοκομειακή αποκατάσταση, είναι επίσης παρόμοιες.

3.2.2. Αποτελέσματα του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”

3.2.2.1 Επιλογή μελετών

Ψάχνοντας στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων, βρήκαμε 302 άρθρα. Από αυτό το σύνολο, 35 άρθρα αποκλείστηκαν επειδή ήταν διπλότυπα και άλλο 1 άρθρο αποκλείστηκε λόγω έλλειψης πρόσβασης στο πλήρες κείμενο. Από τα 266 εναπομείναντα άρθρα, τα 256 αποκλείστηκαν επειδή δεν πληρούσαν ένα ή περισσότερα κριτήρια ένταξης. Τέλος, 10 άρθρα συμπεριλήφθηκαν στη συστηματική ανασκόπηση, εκ των οποίων τα 7 παρείχαν τα συγκρίσιμα δεδομένα για να συμπεριληφθούν στην ποσοτική σύνθεση και ανάλυση.

3.2.2.2. Παρουσίαση των άρθρων

3.2.2.2.1. Σύμφωνα με το σχεδιασμό της μελέτης

Όλες οι επιλέξιμες μελέτες [427–436] είχαν στο σχεδιασμό τους διαδικασία τυχαιοποίησης των ασθενών σύμφωνα με τα κριτήρια επιλεξιμότητας. Εννέα συγγραφείς περιέγραψαν τη μελέτη τους ως «μελέτη με ομάδα ελέγχου» [427, 429–436] και ένας ως «κλινική μελέτη» [428]. Μία μελέτη περιγράφεται ως «Προοπτική» [432]. Δύο μελέτες περιγράφονται, στον τίτλο του άρθρου ή στην ενότητα «Μεθοδολογία» ως «Πιλοτικές» [430, 432], ενώ άλλες δύο περιγράφουν τα αποτελέσματά τους ως «Προκαταρκτικά» [427, 428]. Τέλος, μία από τις μελέτες είναι «Crossover study» (διασταυρούμενη μελέτη) [433] και μία είναι «Multicenter study» (μελέτη πολλαπλών κέντρων αποκατάστασης) [434]. Τα κριτήρια επιλεξιμότητας των συμμετεχόντων, όπως η ηλικία, ο τύπος της πολλαπλής σκλήρυνσης, τα διαγνωστικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν, ο απαιτούμενος χρόνος από κάποια φάση υποτροπής, το επίπεδο αναπηρίας και η γνωστική ικανότητα, παρατέθηκαν σε πίνακα.

3.2.2.2.2. Σύμφωνα με τον πληθυσμό της μελέτης

Σε μία μελέτη συμμετείχαν <20 ασθενείς [430]. Η μία μελέτη με το σχεδιασμό crossover συμπεριέλαβε 19 ασθενείς [433]. Είκοσι έως σαράντα ασθενείς συμμετείχαν σε πέντε μελέτες [427–429, 431, 432] [434, 436]. Σε δύο μελέτες συμμετείχαν 41–60 ασθενείς και, τέλος, σε μία μελέτη συμμετείχαν 72 ασθενείς [435].

3.2.2.2.3. Σύμφωνα με την παρέμβαση

Εννέα μελέτες χρησιμοποίησαν ρομποτική ή ηλεκτρομηχανική υποβοήθηση βάδισης (RAGT ή EAGT, αντίστοιχα) [428–436]. Συγκεκριμένα, έξι μελέτες χρησιμοποίησαν ένα

Locomat®-Hocoma [428, 432–436], μία μελέτη χρησιμοποίησε το Gait Trainer GT1-Reha Stim [429], μία μελέτη χρησιμοποίησε το Robogait®-BAMA R&D [431] και μία μελέτη χρησιμοποίησε τη συσκευή προπόνησης βάδισης G-EO System™-Reha Technology [430] αντίστοιχα. Τέλος, μια μελέτη χρησιμοποίησε τον εξωσκελετό Ekso™-Ekso Bionics [427] για την προπόνηση βάδισης.

Ο χρόνος παρέμβασης REAGT υπολογίστηκε σε λεπτά για λόγους απλότητας, δεδομένου ότι η συχνότητα των παρεμβάσεων ανά εβδομάδα και η χρονική περίοδος, κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν οι παρεμβάσεις, διέφεραν σημαντικά. Επτά μελέτες χρησιμοποίησαν REAGT για <500' [429–432, 434, 435], μία μελέτη χρησιμοποίησε REAGT για 960' (μέγιστη χρήση) [427], μία μελέτη χρησιμοποίησε REAGT για 1600' [428] και τέλος μία μελέτη χρησιμοποίησε REAGT για 2250' [433].

Τα αποτελέσματα της «ομάδας παρέμβασης» συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα της «ομάδας ελέγχου». Όπως ήταν αναμενόμενο, η «ομάδα ελέγχου» υποβλήθηκε σε μια πιο «συμβατική» θεραπευτική προσέγγιση. Δεδομένου ότι η βέλτιστη κλινική πρακτική για τη θεραπεία των ασθενών με πολλαπλή σκλήρυνση διαφέρει στα εθνικά συστήματα υγείας, ο όρος «συμβατική» μπορεί να έχει ποικίλο περιεχόμενο, αν και σε κάθε μελέτη που συμπεριλήφθηκε, καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε η ομάδα «παρέμβασης» και η ομάδα «ελέγχου» να υποβληθούν σε παρόμοιο θεραπευτικό χρόνο. Υπογραμμίζοντας τα παραπάνω, πέντε μελέτες συνέκριναν τη συμβατική φυσικοθεραπεία («Conventional Physical Therapy», CPT) και τη REAGT με CPT και προπόνηση βάδισης στο έδαφος («Overground Walking Training», OWT) [427, 431, 433, 435, 436], δύο μελέτες συνέκριναν τη REAGT με OWT μη δίνοντας λεπτομέρειες για άλλες θεραπείες στους συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου της μελέτης [432, 434] και μία μελέτη συνέκρινε τη REAGT με την προπόνηση ισορροπίας αισθητηριακής ολοκλήρωσης («Sensory Integration Balance Training», SIBT) [429]. Μια μελέτη συνέκρινε την REAGT με ή χωρίς ενίσχυση εικονικής πραγματικότητας (VR), ενώ τα υποκείμενά τους έλαβαν την ίδια CPT [428], ενώ μια μελέτη με τις ίδιες ομάδες σύγκρισης συμβούλευε τους συμμετέχοντες να απέχουν από οποιαδήποτε άλλη θεραπεία [430].

3.2.2.2.4. Σύμφωνα με τα εργαλεία αξιολόγησης

Καταγράψαμε μια μεγάλη συλλογή διαφορετικών εργαλείων ψυχοκοινωνικής αξιολόγησης: Η ποιότητα ζωής αξιολογήθηκε με το Short Form-36 (SF-36) [342]. Χρησιμοποιώντας το Short Form-36, οι ψυχοκοινωνικές και διανοητικές καταστάσεις αξιολογήθηκαν είτε με τη σύνοψη της ψυχικής συνιστώσας (MCS-36 ή QoL SF-36 - MC) [437, 438] είτε με τις διάφορες υποκλίμακες της. Οι περιλήψεις ψυχικών συνιστωσών, γενικά, είναι οι περιλήψεις των διαφόρων συνιστωσών του ερωτηματολογίου QoL με σχετική συνεισφορά στη σύνοψη, ανάλογα με τη συσχέτισή τους με τις ψυχοκοινωνικές και διανοητικές καταστάσεις. Οι διαφορές στους αλγόριθμους βαθμολόγησης (όπως ο RAND) που διαπιστώθηκαν στην ανασκόπησή μας, φαίνεται να έχουν μικρές στατιστικές επιπτώσεις [439, 440]. Αποσαφηνίζοντας αυτές τις λεπτομέρειες, οι αξιολογήσεις της ποιότητας ζωής έγιναν με το MCS-36 και τις υποσυνιστώσες του SF-36 για την Κοινωνική Λειτουργία (Social Functioning/SF), τους περιορισμούς ρόλων λόγω συναισθηματικών προβλημάτων (Role limitations due to Emotional problems/ER), την αντίληψη των ασθενών για τη Γενική Υγεία τους (General Health patients' perspective/ GH) και τη Ζωτικότητα (Vitality/VT).

Παράλληλα με αυτά, οι αξιολογήσεις της ποιότητας ζωής έγιναν με τη διαστασιολόγηση EuroQoL-5 (EQ-5D) [441] και τη σύνθετη σύνοψη MSQOL-54 για την ψυχική υγεία (MSQOL-54-MHC), η οποία προέρχεται από το MSQOL-54 (MSQOL-54 Multiple Sclerosis Quality of Life-54) [442].

Άλλα εργαλεία αξιολόγησης της ψυχοκοινωνικής κατάστασης και της κόπωσης που χρησιμοποιήθηκαν είναι: η Απογραφή του Προσανατολισμού Αντιμετώπισης των Προβλημάτων που Αντιμετωπίζονται (Coping Orientation to Problems Experienced/COPE/Inventory) [443, 444] με τις πέντε κλίμακες της, η Κλίμακα Σοβαρότητας Κόπωσης (Fatigue Severity Scale/FSS) [445], το Πρόγραμμα Γενικής Ευημερίας (συγκεκριμένα, η 17η ερώτηση της Οπτικής Αναλογικής Κλίμακας (VAS)) (General Well-Being Schedule/GWBS q.17) [446], η Νοσοκομειακή Κλίμακα Άγχους και Κατάθλιψης (Hospital Anxiety & Depression Scale/HADS) [447], η Κλίμακα Αξιολόγησης Κατάθλιψης του Hamilton (Hamilton Rating Scale for Depression/HRSD) [448], η Τροποποιημένη Κλίμακα Επιπτώσεων της Κόπωσης (το Ψυχοκοινωνικό μέρος) (Modified Fatigue Impact Scale/MFIS-Psychosocial) [449], η Ψυχολογική Συνιστώσα της Κλίμακας Επιπτώσεων της Πολλαπλής Σκλήρυνσης (Psychological Component of the Multiple Sclerosis Impact Scale/MSIS-29-PC) [450] και το Ερωτηματολόγιο Υγείας των Ασθενών (Patient Health Questionnaire/PHQ-9) [451].

Τα εργαλεία αξιολόγησης της ποιότητας ζωής, της ψυχοκοινωνικής κατάστασης και της κόπωσης χρησιμοποιήθηκαν συνήθως για την εξαγωγή δευτερογενών αποτελεσμάτων μαζί με τα εργαλεία αξιολόγησης της κινητικότητας και της λειτουργικότητας. Η πλειονότητα των μελετών χρησιμοποίησε ένα [427, 430, 432, 433] ή δύο [428, 429, 436], αλλά υπήρχαν τρεις μελέτες, προσανατολισμένες περισσότερο στις επιδράσεις της REAGT στην ποιότητα ζωής, την αίσθηση της ψυχοκοινωνικής κατάστασης και της κόπωσης, οι οποίες χρησιμοποίησαν τρία [431, 434] ή τέσσερα [435] εργαλεία αξιολόγησης.

Συνολικά, τέσσερις μελέτες [432–435] χρησιμοποίησαν την QoL SF-36, είτε αναφέροντας αποτελέσματα από την QoL SF36 - MC είτε από οποιαδήποτε άλλη υποκλίμακα. Επίσης, τέσσερις μελέτες [429, 431, 434, 435] χρησιμοποίησαν το FSS. Τρεις μελέτες χρησιμοποίησαν το MSQOL-54-MHC [429–431] και δύο μελέτες χρησιμοποίησαν το PHQ-9 [434, 435]. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών ήταν επαρκή για να προχωρήσουμε σε ποσοτική σύνθεση. Όλα τα άλλα εργαλεία αξιολόγησης (COPE [428], EQ-5D [436], GWBS q.17 [436], HADS [431], HRSD [428], MFIS-Psychosocial [427] και MSIS-29-PC [435]) χρησιμοποιήθηκαν σε μία μελέτη.

3.2.2.2.5. Μεθοδολογική ποιότητα των περιληφθεισών μελετών - RoB2

Όπως αναφέρθηκε, η αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας των επιλέξιμων μελετών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο RoB2 [414]. Και οι 10 μελέτες περιέγραψαν μέθοδο τυχαιοποίησης και απόκρυψη της κατανομής [427–436]. Και οι 10 μελέτες πραγματοποίησαν κάποιου είδους τυφλοποίηση των συμμετεχόντων ή/και του προσωπικού, ενώ σε μία από αυτές επιτεύχθηκε διπλή τυφλοποίηση [433]. Οκτώ μελέτες περιέγραψαν επαρκώς τα αναφερόμενα αποτελέσματα της RCT στο πρωτόκολλο της μελέτης [427, 428, 430, 431, 433–436] και όλες οι μελέτες ανέφεραν τις αποσύρσεις, εάν υπήρξαν.

3.2.2.2.6. Μεθοδολογική ποιότητα των περιληφθεισών μελετών-GRADE

Η ποιότητα GRADE προσδιορίστηκε για τα ακόλουθα αποτελέσματα: QoL SF-36-GH (Γενική άποψη των ασθενών για την υγεία), QoL SF36 - MH (Ψυχική υγεία), PHQ-9 (Ερωτηματολόγιο υγείας ασθενών), FSS (Κλίμακα σοβαρότητας κόπωσης) και MSQOL-54-MHC (Σύνθετη περίληψη της ποιότητας ζωής από σκλήρυνση κατά πλάκας-54 για την ψυχική υγεία). Σύμφωνα με τον χαρακτηρισμό των αποδεικτικών στοιχείων κατά GRADE, όλα τα αναφερόμενα αποτελέσματα προέρχονταν από έρευνες που, εξ ορισμού, δεν μπορούσαν να επιτύχουν την τύφλωση των υποκειμένων που είχαν, προηγουμένως, δώσει συγκατάθεση μετά από ενημέρωση. Επιπλέον, όλα τα αναφερόμενα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τις αναφορές των ασθενών/τις γραπτές κλίμακες ή τα ερωτηματολόγια. Και τα δύο χαρακτηριστικά αυξάνουν τον κίνδυνο μεροληψίας, αλλά δεδομένου ότι δεν υπήρχαν άλλοι περιορισμοί στις μελέτες και δεν υπήρχαν πρακτικά εφικτές εναλλακτικές λύσεις στη μεθοδολογία της έρευνας σε αυτό το πεδίο ενδιαφέροντος, ο κίνδυνος αξιολογήθηκε από τους συγγραφείς ως «μέτριος». Λόγω του μικρού αριθμού μελετών, του μικρού αριθμού συμμετεχόντων, των σοβαρών ασυνεπειών και άλλων χαρακτηριστικών της μετα-ανάλυσης η αξιολόγηση της ποιότητας των αποτελεσμάτων ήταν «πολύ χαμηλή».

3.2.2.3. Αποτελέσματα των συνθέσεων

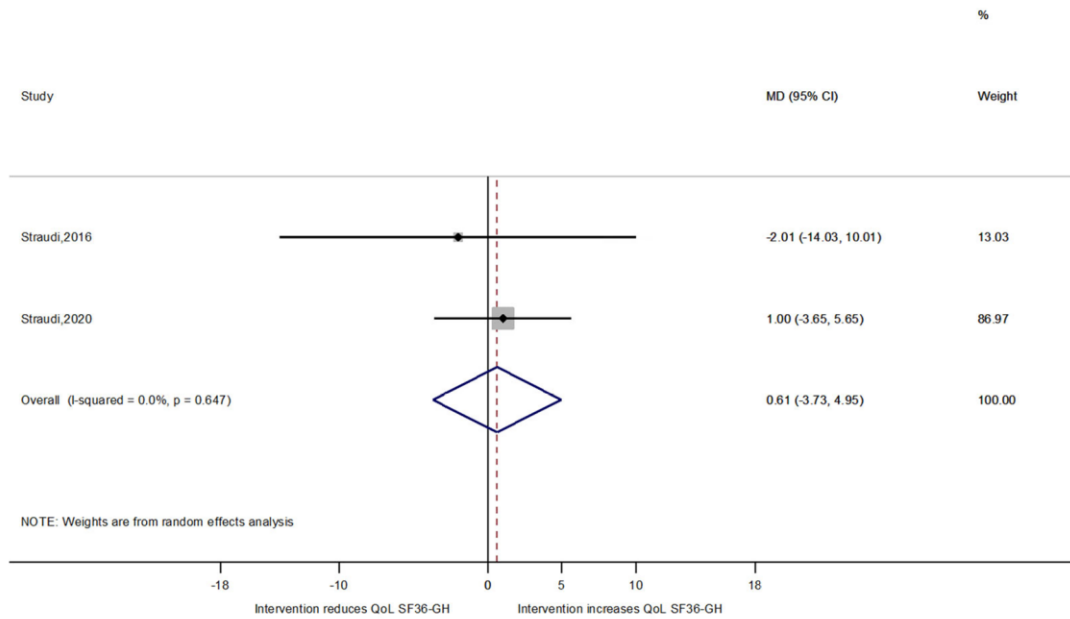
Όλες οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν παρείχαν πληροφορίες για μια ποικιλία αποτελεσμάτων. Καταφέραμε να λάβουμε επαρκή δεδομένα για να προχωρήσουμε σε ποσοτική σύνθεση για το MCS-36 (QoL SF-36-MC), QoL SF-36 - SF (Κοινωνική λειτουργικότητα), QoL SF-36 - ER (περιορισμοί ρόλων λόγω συναισθηματικών προβλημάτων), QoL SF-36 - GH (αντίληψη των ασθενών για τη γενική τους υγεία), QoL SF36 - VT (ζωτικότητα), QoL SF36 - MH (ψυχική υγεία), FSS (κλίμακα βαρύτητας κόπωσης), MSQOL-54-MHC (σύνθεση της ποιότητας ζωής από σκλήρυνση κατά πλάκας-54 για την ψυχική υγεία) και PHQ-9 (ερωτηματολόγιο υγείας ασθενών). Δεδομένου ότι υπολογίσαμε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα από την ποσοτική σύνθεση μόνο για τα QoL SF-36 - GH, QoL SF36 - MH και PHQ-9, συμπεριλάβαμε όλα τα υπόλοιπα αποτελέσματα της ποσοτικής σύνθεσης σε ένα διαδίκτυακό παράρημα.

3.2.2.3.1. QoL SF36 – GH

Δύο μελέτες ανέφεραν αποτελέσματα σχετικά με την εκτίμηση της ποιότητας ζωής SF36 - GH [434, 435]. Παρατηρήθηκε μη σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων συμμετεχόντων στο χρονικό σημείο πριν από την παρέμβαση (συνοπτική μέση διαφορά: 0,61, 95% CI: -3,73, 4,95, Σχήμα 2(A)) χωρίς να παρατηρηθεί ετερογένεια ($I^2 = 0\%$). Ωστόσο, μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά 6,74 μονάδων από την ομάδα που την έλαβε, σε σύγκριση με την άλλη ομάδα (CI: 0,83, 12,65, Σχήμα 2(B)), χωρίς να παρατηρηθεί ετερογένεια ($I^2 = 0\%$).

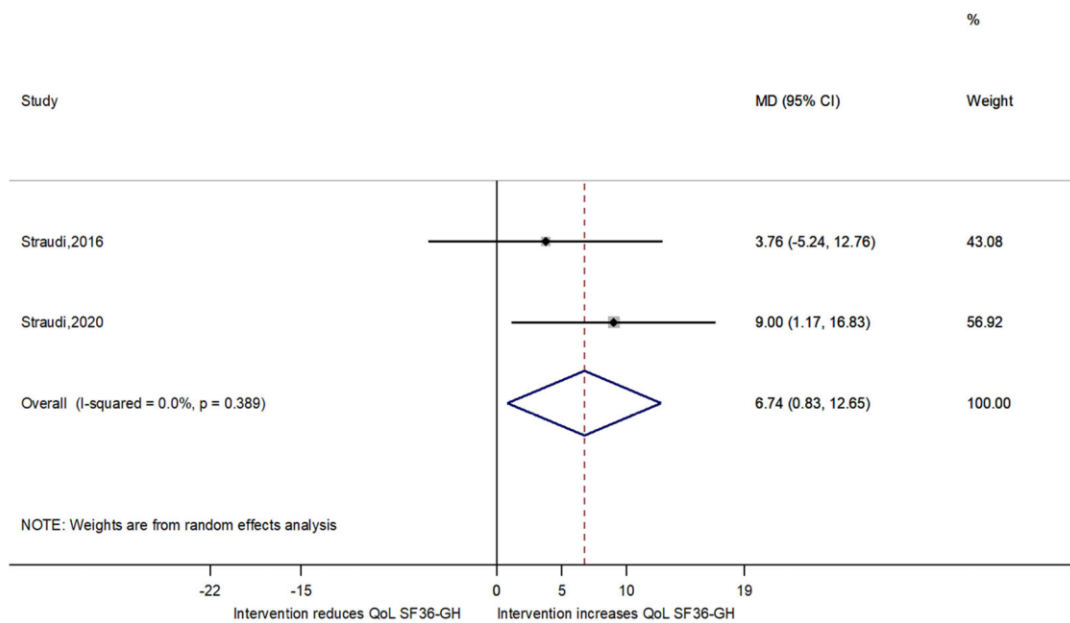
A

QoL SF36 – GH (General Health Perspective)



B

QoL SF36 – GH (General Health Perspective)



Σχήμα 2. (A) QoL SF-36-GH πριν από την παρέμβαση. (B) QoL SF-36-GH μετά την παρέμβαση.

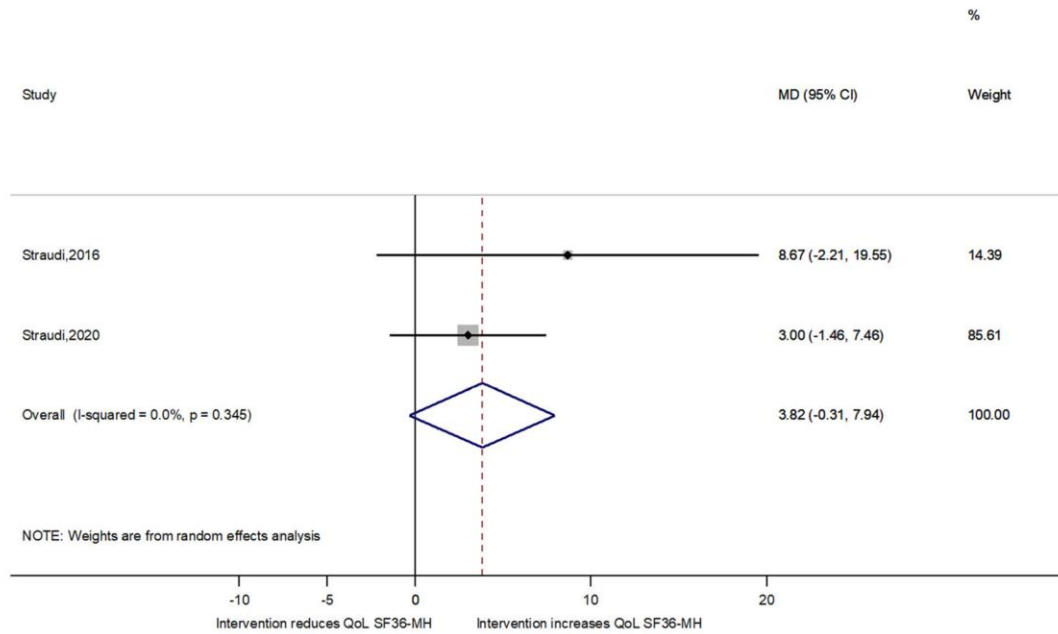
3.2.2.3.2. SF36 - MH

Δύο μελέτες ανέφεραν αποτελέσματα σχετικά με την ποιότητα ζωής SF36 - MH (ψυχική υγεία) [434, 435]. Παρατηρήθηκε μη σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων συμμετεχόντων στο χρονικό σημείο πριν από την παρέμβαση (συνολτική μέση διαφορά: 3,82, 95% CI: -0,31, 7,94, Σχήμα 3(A)) χωρίς να παρατηρηθεί ετερογένεια ($I^2 = 0\%$). Ωστόσο, μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά 6,90

μονάδων από την ομάδα που την έλαβε, σε σύγκριση με την άλλη ομάδα (CI: 2,95, 10,85, Σχήμα 3(B)), χωρίς να παρατηρηθεί ετερογένεια ($I^2 = 0\%$).

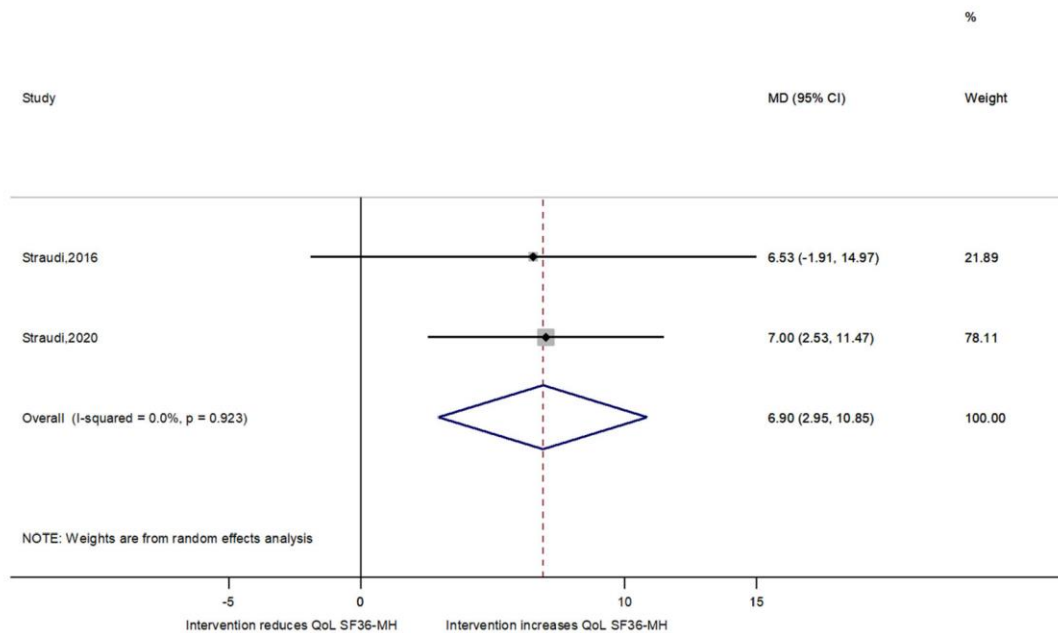
A

QoL SF36 – MH (Mental Health)



QoL SF36 – MH (Mental Health)

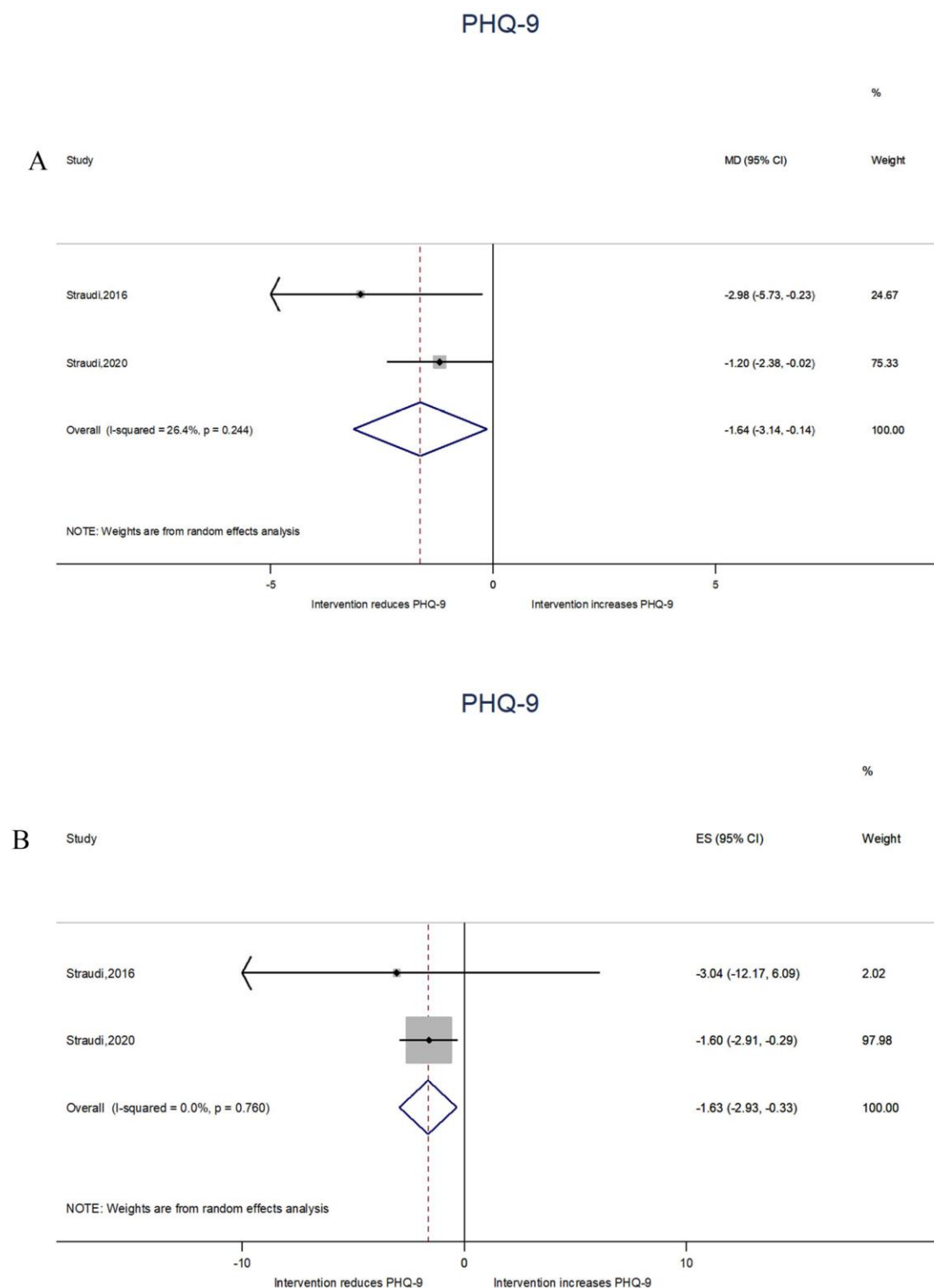
B



Σχήμα 3. (A) QoL SF-36-MH πριν από την παρέμβαση. (B) QoL SF-36-MH μετά την παρέμβαση.

3.2.2.3.3. PHQ-9

Δύο μελέτες ανέφεραν αποτελέσματα για το PHQ-9 [434, 435]. Συνολικά, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων συμμετεχόντων στον μέσο όρο του PHQ-9 και για τις δύο χρονικές μετρήσεις (πριν από την παρέμβαση: συνοπτική μέση διαφορά: -1,64, 95% CI: -3,14, -0,14, Σχήμα 4(A)- μετά την παρέμβαση: συνοπτική μέση διαφορά: -1,63; 95% CI: -2,93, -0,33 Σχήμα 4(B))- δεν παρατηρήθηκε ετερογένεια πριν και μετά την παρέμβαση ($I^2 = 0\%$).



Σχήμα 4. (A) PHQ-9 πριν από την παρέμβαση. (B) PHQ-9 μετά την παρέμβαση

4. Συζήτηση

4.1. Συζήτηση Κλινικής Μελέτης

Η παρούσα έρευνα είχε ως βασικό στόχο την αξιολόγηση της επίδρασης της βάρδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης βάρους σώματος σε ασθενείς με βλάβη νωτιαίου μυελού. Εξετάστηκαν πολλαπλές παράμετροι, περιλαμβάνοντας την ικανότητα βάρδισης, όπως η ταχύτητα βάρδισης και οι βαθμολογίες στο WISCI II, τη λειτουργικότητα, όπως η ανεξαρτησία στις καθημερινές δραστηριότητες, τη σπαστικότητα μέσω της κλίμακας MAS, την οστική πυκνότητα με μετρήσεις DEXA, χαρακτηριστικά της σωματοδομής, όπως ο δείκτης μάζας σώματος, τον οστικό μεταβολισμό μέσω αιματολογικών δεικτών όπως η οστεοκαλσίνη, και την ποιότητα ζωής με τη χρήση του εργαλείου WHOQOL-BREF.

Η μηδενική υπόθεση της μελέτης υποστήριζε ότι η παρέμβαση δεν θα έχει σημαντική επίδραση σε κανέναν από αυτούς τους τομείς. Ωστόσο, τα ευρήματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η παρέμβαση πέτυχε να βελτιώσει σημαντικά ορισμένες από τις παραμέτρους, ενώ σε άλλες οι αλλαγές ήταν λιγότερο εμφανείς ή μη στατιστικά σημαντικές.

Γενικά, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη δυναμική της υποβοηθούμενης βάρδισης στην αποκατάσταση της κινητικότητας, στη βελτίωση της λειτουργικότητας και στη μείωση της σπαστικότητας, ενώ προσφέρουν σημαντικές ενδείξεις για την επίδρασή της στον οστικό μεταβολισμό. Παράλληλα, η έλλειψη στατιστικά σημαντικών μεταβολών στην οστική πυκνότητα και στην ποιότητα ζωής υπογραμμίζει την ανάγκη για περαιτέρω μελέτες με μακροχρόνιες παρεμβάσεις.

Αυτή η γενική εκτίμηση καθιστά σαφές ότι η έρευνά μας όχι μόνο διερεύνησε σε βάθος τη μηδενική υπόθεση, αλλά προσφέρει και χρήσιμα δεδομένα που ενισχύουν τη συζήτηση για την αποκατάσταση σε ασθενείς με βλάβη ανώτερου κινητικού νευρώνα.

4.1.1. Δημογραφικά/Επιδημιολογικά στοιχεία

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό ανδρών σε σύγκριση με τις γυναίκες, καθώς και υψηλότερη αναλογία ασθενών με βαθμολογία D στην κλίμακα AIS σε σχέση με τις κατηγορίες A, B και C. Αυτά τα ευρήματα συνάδουν με τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας, αλλά παρουσιάζουν ορισμένες διαφοροποιήσεις που αξίζουν ανάλυσης.

Η υπεροχή των ανδρών στις κακώσεις νωτιαίου μυελού έχει τεκμηριωθεί εκτενώς. Σύμφωνα με τον Lee et al. [452], οι άνδρες παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά τραυματικών κακώσεων του νωτιαίου μυελού, γεγονός που αποδίδεται σε μεγαλύτερη έκθεση σε κινδύνους, όπως τροχαία ατυχήματα και αθλητικές δραστηριότητες. Παρόμοια ευρήματα παρουσιάζει και ο Lu et al. [453], ο οποίος αναφέρει ότι οι άνδρες έχουν 3,2 φορές περισσότερες πιθανότητες να υποστούν τραυματική βλάβη νωτιαίου μυελού.

Όσον αφορά την κατανομή των κατηγοριών AIS, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ τραυματικών και μη-τραυματικών κακώσεων. Σύμφωνα με τον Lu et al. (2024), σε περιπτώσεις τραυματικής βλάβης (TSCI), η κατηγορία AIS A παρουσιάζει τα υψηλότερα

ποσοστά, αντανakλώντας τη σοβαρότητα των τραυματικών κακώσεων. Αντίθετα, σε περιπτώσεις μη-τραυματικής βλάβης (NTSCI), η κατηγορία AIS D εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα, υποδηλώνοντας ηπιότερες μορφές βλάβης που επιτρέπουν τη διατήρηση κινητικής λειτουργίας. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι η φύση της αιτιολογίας επηρεάζει σημαντικά τη σοβαρότητα της βλάβης, όπως αυτή αποτυπώνεται στην κλίμακα AIS. Στην έρευνά μας, τα περιστατικά ήταν μεικτά, οπότε δεν μπορούμε να τα συγκρίνουμε τα αποτελέσματά μας με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Η παρατήρηση ότι οι ασθενείς της παρούσας μελέτης είχαν υψηλότερη αναλογία στην κατηγορία AIS D μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες. Πρώτον, το μικρό μέγεθος του δείγματος μπορεί να τυχαιοποιήσει προς διάφορες κατευθύνσεις την κατανομή της σοβαρότητας των κακώσεων. Δεύτερον, γραφειοκρατικές διαδικασίες ενδέχεται να εμποδίζουν ασθενείς με σοβαρότερες κακώσεις (AIS A και AIS B) να προμηθευθούν το εξατομικευμένο σύστημα βάδισης ARGO, το οποίο είναι απαραίτητο για να μπορέσει να επιτευχθεί η συμμετοχή τους στην έρευνα. Τέλος, η διαφυγή ασθενών με AIS A και AIS B σε κέντρα αποκατάστασης του εξωτερικού, με την ελπίδα συμμετοχής σε εξειδικευμένα προγράμματα που δεν παρέχονται στην Ελλάδα και ιδιαίτερα στον νομό Ν. Ηπείρου, όπου διεξήχθη η έρευνά μας, μπορεί επίσης να συνέβαλε στα αποτελέσματα.

Συνολικά, η σύγκριση με τη διεθνή βιβλιογραφία αναδεικνύει τη σημασία της κατανόησης των δημογραφικών και επιδημιολογικών χαρακτηριστικών στις κακώσεις νωτιαίου μυελού και υπογραμμίζει την ανάγκη για στοχευμένες παρεμβάσεις πρόληψης και αποκατάστασης.

4.1.2. Αιματικοί δείκτες του οστικού μεταβολισμού

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική αύξηση των επιπέδων της οστεοκαλσίνης στον ορό μετά την παρέμβαση, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη δραστηριότητα των οστεοβλαστών εξ ου και του οστικού σχηματισμού. Το εύρημα αυτό συνάδει με προηγούμενες έρευνες που αποδεικνύουν ότι η φυσική δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει θετικά τον οστικό μεταβολισμό σε άτομα με βλάβη N.M.

Για παράδειγμα, οι Chain et al. [454] διερεύνησαν την επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στη μάζα των οστών και τον μεταβολισμό σε τετραπληγικούς άνδρες. Η μελέτη τους έδειξε ότι η συμμετοχή σε φυσική δραστηριότητα συνδέθηκε με βελτιωμένη οστική πυκνότητα και αυξημένα επίπεδα ορμονών σχετικών με τον οστικό μεταβολισμό, όπως η οστεοκαλσίνη. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι η φυσική δραστηριότητα μπορεί να μειώσει την απώλεια οστού σε άτομα με βλάβη N.M., προάγοντας τον σχηματισμό οστού.

Αντίστοιχα, οι Maïmoun et al. [455] εξέτασαν βιοδείκτες οστών σε ασθενείς με χρόνια τραυματική βλάβη N.M. και διαπίστωσαν ότι η φυσική δραστηριότητα συνέβαλε σε ευνοϊκές αλλαγές στους δείκτες ανακατασκευής οστών, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης των επιπέδων της οστεοκαλσίνης. Το εύρημα αυτό υποστηρίζει την ιδέα ότι η ενσωμάτωση φυσικής δραστηριότητας σε προγράμματα αποκατάστασης ασθενών με βλάβη N.M. μπορεί να ενισχύσει την υγεία των οστών σε αυτόν τον πληθυσμό.

Όσον αφορά τους υπόλοιπους αιματικούς δείκτες οστικού μεταβολισμού, η μελέτη μας δεν παρατήρησε σημαντικές αλλαγές στα επίπεδα της καλσιτονίνης, της 25-OH βιταμίνης D, της βιταμίνης D $1,25(\text{OH})_2$, της αλκαλικής φωσφατάσης οστικής προέλευσης

(BAP/Ostase) και της παραθορμόνης (PTH) μετά την παρέμβαση. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με ευρήματα άλλων μελετών που έχουν αναφέρει αλλαγές στους δείκτες αυτούς ως απόκριση σε αύξηση της φυσικής δραστηριότητας.

Για παράδειγμα, οι Klausen et al. [456] διερεύνησαν τις επιδράσεις της άσκησης αντοχής στα επίπεδα της PTH, των συνενζύμων της βιταμίνης D και της καλσιτονίνης στο πλάσμα σε άνδρες μαραθωνοδρόμους. Παρατήρησαν σημαντική αύξηση στα επίπεδα της βιταμίνης D $1,25(\text{OH})_2$ και της PTH κατά τη διάρκεια περιόδων προπόνησης, υποδεικνύοντας ότι η φυσική δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει τους δείκτες αυτούς.

Τέλος, η μελέτη του Craven et al. [457] διερεύνησε παρόμοιους δείκτες οστικού μεταβολισμού σε ασθενείς με χρόνια ατελή βλάβη N.M. μετά από θεραπεία με υποβοηθούμενη βάδιση μέσω λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης (Functional Electrical Stimulation/FES). Οι ερευνητές παρατήρησαν αύξηση στα επίπεδα της οστεοκαλσίνης, γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματά μας. Επιπλέον, αναφέρθηκαν μετρήσεις για την BAP και την PTH, οι οποίες παρέμειναν σχετικά σταθερές, παρόμοια με τα ευρήματα της δικής μας μελέτης. Αυτή η σύγκριση ενισχύει τη συσχέτιση μεταξύ της προπόνησης βάδισης και της αύξησης της Οστεοκαλσίνης αλλά της διατήρησης των BAP και PTH.

Οι αποκλίσεις μεταξύ των ευρημάτων της δικής μας μελέτης και των άλλων μελετών μπορεί να αποδοθούν σε διάφορους παράγοντες, όπως οι διαφορές στον τύπο, την ένταση και τη διάρκεια των παρεμβάσεων φυσικής δραστηριότητας, καθώς και οι διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, όπως η αρχική θρεπτική κατάσταση και η σοβαρότητα της βλάβης. Επιπλέον, η σχετικά σύντομη διάρκεια της παρέμβασής μας μπορεί να μην ήταν επαρκής για να προκαλέσει μετρήσιμες αλλαγές σε συγκεκριμένους δείκτες οστικού μεταβολισμού.

Συμπερασματικά, ενώ η μελέτη μας έδειξε μια σημαντική αύξηση στα επίπεδα της οστεοκαλσίνης μετά την παρέμβαση, υποδεικνύοντας ενισχυμένο σχηματισμό οστού, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στους υπόλοιπους δείκτες οστικού μεταβολισμού. Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν την πολυπλοκότητα της ρύθμισης του οστικού μεταβολισμού και υποδεικνύουν ότι μπορεί να απαιτούνται πιο παρατεταμένες ή εντατικές παρεμβάσεις για την επίτευξη αλλαγών σε συγκεκριμένους δείκτες. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να διευκρινιστούν οι βέλτιστες παράμετροι των παρεμβάσεων φυσικής δραστηριότητας με στόχο τη βελτίωση της υγείας των οστών σε άτομα με βλάβη N.M..

4.1.3. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Βάδισης (WISCI II, Ταχύτητα Βάδισης και Διανυόμενη Απόσταση)

Στην παρούσα μελέτη, η Κλίμακα Βάδισης για Βλάβες Νωτιαίου Μυελού II (WISCI II) κατέγραψε στατιστικώς σημαντική βελτίωση μετά από την παρέμβαση προπόνησης βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης σωματικού βάρους (BWSTT), υποδεικνύοντας μια αύξηση στην ικανότητα βάδισης σε ασθενείς με βλάβη N.M.. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με ευρήματα παρόμοιων παρεμβάσεων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, παρά τις διαφορές στα χαρακτηριστικά των πληθυσμών και τις μεθόδους.

Πέρα από τις βελτιώσεις που καταγράφηκαν στην WISCI II, παρατηρήθηκαν αυξήσεις στην ταχύτητα βάδισης και τη διανυόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια της προπόνησης σε

ηλεκτροκίνητο διάδρομο. Συγκεκριμένα, η μέση ταχύτητα βάδισης αυξήθηκε κατά 206.67%, ενώ η διανυόμενη απόσταση αυξήθηκε κατά 343.48%. Παρόλο που αυτά τα δεδομένα μπορεί να υποδεικνύουν μια βελτίωση στην εργονομία και/ή την καρδιοαναπνευστική ικανότητα, η αντιστοίχισή τους με τη βάδιση στο έδαφος παραμένει πολύ περιορισμένη, λόγω των συνθηκών αξιολόγησης, του διαφορετικού απαιτούμενου κινητικού μοντέλου και την ποσοστιαία αναντιστοιχία παραγωγής έργου κατά τις διαφορετικές φάσεις της βάδισης.

Η μελέτη του Alcobendas-Maestro et al. [458] συνέκρινε την υποβοηθούμενη βάδιση με το ρομποτικό σύστημα βάδισης Lokomat με την προπόνηση βάδισης στο έδαφος σε ασθενείς με ατελείς βλάβες N.M. Και οι δύο ομάδες παρουσίασαν σημαντικές βελτιώσεις στις τιμές WISCI II, με την ομάδα της βάδισης στο έδαφος να είναι πιο συγκρίσιμη με την παρέμβασή μας λόγω της εστίασης σε ενεργητική, εθελοντική προσπάθεια βάδισης. Ωστόσο, σε αντίθεση με τον πληθυσμό μας, η μελέτη τους επικεντρώθηκε σε ασθενείς με υποξεία βλάβη N.M. (3 έως 6 μήνες μετά την βλάβη), γεγονός που πιθανώς επέτρεψε μεγαλύτερο δυναμικό νευροπλαστικότητας και αποκατάστασης. Αυτή η διαφορά στο χρονικό διάστημα παρέμβασης υπογραμμίζει την αποτελεσματικότητα της BWSTT ακόμη και σε χρόνιες φάσεις βλαβών N.M., όπως καταδεικνύεται από τα αποτελέσματά μας.

Η μελέτη του Wirz et al. [459] διερεύνησε την ρομποτική προπόνηση βάδισης σε ασθενείς με οξεία βλάβη N.M., κατηγορίας AIS B και C, μέσα σε ένα δομημένο και ελεγχόμενο πλαίσιο αποκατάστασης. Αντίθετα, η μελέτη μας περιέλαβε κυρίως ασθενείς AIS D και δέχτηκε συμμετέχοντες ανεξαρτήτως χρονικής περιόδου από την βλάβη, αντιμετωπίζοντας έτσι ένα ευρύτερο φάσμα χρόνιων βλαβών N.M. Παρόλο που οι Wirz et al. ανέφεραν στατιστικές σημαντικές βελτιώσεις στο WISCI II, η υποξεία φάση της βλάβης N.M. του πληθυσμού τους και τα αυστηρότερα κριτήρια εισαγωγής πιθανώς συνέβαλαν στα παρατηρούμενα αποτελέσματα. Οι διαφορές στις φάσεις παρέμβασης υπογραμμίζουν την ευελιξία της BWSTT στην αντιμετώπιση κινητικών ελλειμμάτων σε διαφορετικά στάδια και επίπεδα σοβαρότητας των βλαβών N.M.

Η μελέτη του Field-Fote and Roach [338] έδειξε ότι η BWSTT βελτίωσε σημαντικά την ταχύτητα βάδισης (10-Meter Walk Test) και την αντοχή (6-Minute Walk Test) σε άτομα με χρόνιες, ατελείς βλάβες N.M. Παρόλο που το WISCI II δεν χρησιμοποιήθηκε άμεσα στην αξιολόγηση, οι αναφερόμενες βελτιώσεις στη λειτουργία της βάδισης επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της BWSTT στην αντιμετώπιση κινητικών ελλειμμάτων. Αξιοσημείωτα, ο πληθυσμός τους περιλάμβανε συνδυασμό ασθενών AIS B, C και D, παρόμοιο με τον δικό μας. Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη καταγράφηκε αύξηση στην ταχύτητα βάδισης και στη διανυόμενη απόσταση στον διάδρομο, τα οποία συνάδουν με τις βελτιώσεις που παρατηρήθηκαν από τους Field-Fote και Roach. Αυτά τα ευρήματα ενισχύουν την αξιοπιστία των παρατηρήσεων για τη BWSTT, αν και οι μετρήσεις μας περιορίζονται σε συνθήκες διάδρομου. Ωστόσο, η χρήση του 10MWT και 6MWT στη μεθοδολογία τους προσφέρει μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση της ποιότητας βάδισης, που θα μπορούσε να συμπληρώσει την αξιολόγηση του WISCI II σε μελλοντικές έρευνες.

Η παρέμβασή μας διήρκεσε 6 εβδομάδες με 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα, εστιάζοντας στη σταδιακή μείωση της υποστήριξης του σωματικού βάρους και στην επανεκπαίδευση βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο. Αυτό διαφέρει από τα πρωτόκολλα Lokomat στις μελέτες Alcobendas-Maestro και τις εντατικές ρομποτικές προπονήσεις στη μελέτη Wirz et al., τα οποία βασίστηκαν κυρίως στη χρήση ρομποτικών συστημάτων υποβοηθούμενης βάδισης. Η εθελοντική προσπάθεια που απαιτείται στην BWSTT πιθανώς συνέβαλε στις

λειτουργικές βελτιώσεις με τρόπο που πλησιάζει περισσότερο τη φυσική βάδιση στο έδαφος. Επιπλέον, η χρόνια φύση των βλαβών των συμμετεχόντων μας παρουσίασε διαφορετικές προκλήσεις σε σχέση με τους πληθυσμούς στις αναφερόμενες μελέτες που ήταν κυρίως σε υποξεία βλάβη N.M.

Συμπερασματικά, ενώ υπάρχουν διαφορές στον σχεδιασμό των μελετών, στους πληθυσμούς ασθενών και στις μεθόδους παρέμβασης, οι συνεπείς βελτιώσεις στις τιμές WISCI II μεταξύ αυτών των μελετών υπογραμμίζουν την αξία των παρεμβάσεων προπόνησης βάδισης στην ενίσχυση της κινητικής ικανότητας. Τα αποτελέσματά μας ενισχύουν τη βιβλιογραφία που υποστηρίζει την BWSTT ως βιώσιμη στρατηγική αποκατάστασης για άτομα με χρόνια βλάβη N.M., ενώ παράλληλα αναδεικνύουν τη σημασία εξατομικευμένων παρεμβάσεων αναλόγως του χρόνου από την βλάβη και την αρχική λειτουργική κατάσταση, στον σχεδιασμό αποτελεσματικών παρεμβάσεων.

4.1.4. Λειτουργικότητα (Barthel Index)

Στην παρούσα μελέτη, ο Δείκτης Barthel κατέγραψε στατιστικώς σημαντική βελτίωση μετά από την παρέμβαση προπόνησης βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με μηχανισμό υποστήριξης σωματικού βάρους (BWSTT), υποδεικνύοντας μια αύξηση στην ανεξαρτησία στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής (Activities of Daily Living/ ADLs) σε ασθενείς με βλάβες ανώτερου κινητικού νευρώνα (SCI, Stroke). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν αλλά και διαφέρουν με ευρήματα παρόμοιων παρεμβάσεων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των πληθυσμών και τις μεθόδους.

Η μελέτη των Lou, Li και Chen [460] αξιολόγησε την επίδραση της προπόνησης κορμού σε ασταθή επιφάνεια σε σύγκριση με προπόνηση σε σταθερή επιφάνεια σε ασθενείς με ατελείς βλάβες N.M.. Η ομάδα της ασταθούς επιφάνειας παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις στις τιμές του Τροποποιημένου Δείκτη Barthel (Modified Barthel Index, MBI), γεγονός που υποδεικνύει την επίδραση της δυναμικής προπόνησης στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής. Σε σύγκριση με την παρέμβασή μας, η διαφοροποίηση έγκειται στη χρήση εστιασμένων ασκήσεων κορμού, ενώ εμείς εστίασαμε στην ολική επανεκπαίδευση βάδισης.

Η μελέτη των Huang et al. [461] διερεύνησε την αποτελεσματικότητα της προπόνησης με άρση σωματικού βάρους (BWST) σε διάφορες μορφές, όπως την BWSTT, την ρομποτικώς υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης (RAGT) και την υδροθεραπεία σε ασθενείς με βλάβη N.M.. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικώς σημαντική βελτίωση στις τιμές MBI για όλες τις μεθόδους, υποστηρίζοντας την πολυμορφία των παρεμβάσεων BWSTT στη βελτίωση των ADLs. Οι διαφορές στον πληθυσμό και τη συχνότητα παρέμβασης μπορεί να εξηγούν την ευρεία αποτελεσματικότητα.

Αντίθετα, η μελέτη των Okawara et al. [462] έδειξε ότι η BWSTT με τη χρήση εξωσκελετού (voluntary-driven exoskeleton) δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντική βελτίωση στις τιμές του δείκτη Barthel. Αυτή η διαφοροποίηση πιθανώς σχετίζεται με το προφίλ των συμμετεχόντων, καθώς η πλειοψηφία ανήκε σε ομάδες με χαμηλή κινητικότητα κατά την έναρξη. Επίσης, η περιορισμένη διάρκεια παρέμβασης (20 συνεδρίες) μπορεί να μην ήταν επαρκής για την επίτευξη αλλαγών σε αυτόν τον τύπο προπόνησης βάδισης.

Η παρέμβασή μας διήρκεσε 6 εβδομάδες με 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα, εστιάζοντας στη σταδιακή μείωση της υποστήριξης του σωματικού βάρους και στην ενεργητική

επανεκπαίδευση βάδισης. Αυτή η εστίαση στην ολική προσπάθεια επανεκπαίδευσης πιθανώς συνέβαλε στις βελτιώσεις των ADLs όπως παρουσιάζονται από την στατιστικώς σημαντική βελτίωση του δείκτη Barthel μετά την περίοδο παρέμβασης, υπογραμμίζοντας τη σημασία της συνεκτικής και συνεχούς εκπαίδευσης.

Συμπερασματικά, οι παρόμοιες αλλά και οι διαφοροποιημένες επιδράσεις στις τιμές του δείκτη Barthel των άλλων μελετών σε σχέση με την δική μας μελέτη αναδεικνύουν τη σημασία των εξατομικευμένων προσεγγίσεων στην αποκατάσταση. Τα ευρήματά μας ενισχύουν τη βιβλιογραφία που υποστηρίζει την BWSTT και τις παραλλαγές της ως αποτελεσματικές στρατηγικές για τη βελτίωση της ανεξαρτησίας και της ποιότητας ζωής, ενώ παράλληλα υπογραμμίζουν την ανάγκη περαιτέρω έρευνας σε διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες.

4.1.5. Σπαστικότητα (MAS)

Στην παρούσα μελέτη, το αποτέλεσμα της παρέμβασής μας στην σπαστικότητα αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας την Τροποποιημένη Κλίμακα Ashworth (MAS). Τα ευρήματα δεν κατέδειξαν στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις σε επίπεδο συνολικού δείγματος εξαιτίας του κατακερματισμού των μυών με σπαστικότητα και του μικρού δείγματος. Όταν όμως αναλύθηκαν οι μύες του κάθε ασθενούς με την μεγαλύτερη σπαστικότητα, η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατέδειξε μια στατιστικώς σημαντική βελτίωση. Τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας είναι μεικτά αναδεικνύοντας, ωστόσο, τις πιθανές θετικές επιδράσεις των παρεμβάσεων προπόνησης βάδισης στη διαχείριση της σπαστικότητας σε άτομα με βλάβη Ν.Μ.. Στην διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει αντίστοιχη μελέτη της επίδρασης της προπόνησης βάδισης με χρήση ηλεκτροκίνητου διαδρόμου με υποστήριξη σωματικού βάρους (BWSTT) στην σπαστικότητα με την χρήση της MAS, παρά μόνο μελέτες που χρησιμοποιούσαν τη ρομποτικά υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης (RAGT) ή την προπόνηση βάδισης με εξωσκελετό. Παρόλο που η παρούσα παρέμβαση βασίστηκε αποκλειστικά στη BWSTT, οι βασικές αρχές της προπόνησης βάδισης—όπως τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα κίνησης και τα αισθητηριακά ερεθίσματα—μοιράζονται κοινά στοιχεία με τη RAGT. Αυτές οι κοινές αρχές στοχεύουν στην ενίσχυση της νευροπλαστικότητας και την ευνοϊκή τροποποίηση των νευρομυϊκών ιδιοτήτων, παρά τις διαφοροποιήσεις στις τεχνικές εφαρμογής των δύο μεθόδων.

Η μελέτη των Fang et al. [463] παρέχει ισχυρές ενδείξεις μέσω μιας μετα-ανάλυσης ότι η RAGT δύναται να μειώσει σημαντικά τη σπαστικότητα σε ασθενείς με βλάβη Ν.Μ.. Χρησιμοποιώντας την MAS ως μέτρο αξιολόγησης, οι Fang και οι συνεργάτες τους κατέγραψαν συνεπείς μειώσεις της σπαστικότητας σε αρκετές μη-τυχαιοποιημένα ελεγχόμενες έρευνες. Οι πιθανοί μηχανισμοί, που περιγράφονται στο άρθρο, περιλαμβάνουν τη βελτίωση του νευρομυϊκού συντονισμού και τη μείωση της σπαστικότητας, απορρέουσες από τις επαναλαμβανόμενες, ρυθμικές κινήσεις που χαρακτηρίζουν τη RAGT.

Παρόμοιες ευνοϊκές παρατηρήσεις αναφέρονται και από τους Aach et al. [464], οι οποίοι ανέδειξαν σημαντική μείωση στις βαθμολογίες της MAS σε ασθενείς με χρόνια βλάβη Ν.Μ. μετά από προπόνηση με τη χρήση εξωσκελετού τύπου HAL. Παρόλο που η βελτίωση της σπαστικότητας ήταν περιορισμένη χρονικά, διαρκώντας 6–8 ώρες μετά την παρέμβαση, η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της συνεχούς και συστηματικής προπόνησης για τη

διατήρηση των θεραπευτικών αποτελεσμάτων. Η απουσία στατιστικώς σημαντικών μειώσεων στην λεπτομερή ανάλυση των βαθμολογιών της MAS στην παρούσα μελέτη ενδέχεται να σχετίζεται, πέραν από τον μικρό αριθμό των δειγμάτων, και με τη διαφορά στη διάρκεια της παρέμβασης, τις παραλλαγές στο σχεδιασμό της παρέμβασης, καθώς και τη χρόνια φύση της σπαστικότητας στο συγκεκριμένο πληθυσμό. Στην συγκεντρωτική ανάλυση των αποτελεσμάτων, τα αποτελέσματά μας συνάδουν με τα αποτελέσματα των Aach et. al. Παρά το ότι δεν μελετήθηκε η διάρκεια της επίδρασης της BWSTT στην σπαστικότητα.

Η συμβολή της μελέτης των Mirbagheri et al. [465] είναι επίσης αξιοσημείωτη. Παρόλο που η MAS δεν χρησιμοποιήθηκε άμεσα, η έρευνα ανέδειξε σημαντικές μειώσεις στη δυσκαμψία, τόσο αντανakλαστική όσο και εγγενή, μέσω της RAGT, αποτέλεσμα που ομοιάζει του δικού μας. Οι παρατηρήσεις αυτές υποδηλώνουν ότι η τροποποίηση των νευρομυϊκών ιδιοτήτων μέσω της προπόνησης βάδισης μπορεί να επιφέρει μειώσεις στη σπαστικότητα, ενισχύοντας τη θεώρηση ότι τόσο η RAGT όσο και η BWSTT βασίζονται σε κοινές αρχές για τη διαχείριση της μυϊκής υπερτονίας.

Παρά την απουσία στατιστικώς σημαντικών αποτελεσμάτων στην λεπτομερή ανάλυση των δεδομένων, η παρούσα μελέτη προσφέρει πολύτιμα δεδομένα για τη διαχείριση της σπαστικότητας. Ωστόσο, πρέπει να αναγνωριστούν συγκεκριμένοι περιορισμοί που πιθανώς επηρέασαν τα ευρήματα. Το μικρό μέγεθος του δείγματος περιόρισε τη στατιστική ισχύ, ενώ η ετερογένεια του δείγματος—αναφορικά με τον χρόνο από την κάκωση και την διαφορετικότητα στην κατάταξη νευρολογικής βλάβης της κλίμακας ASIA—περιέπλεξε την ερμηνεία των δεδομένων. Επιπλέον, η διαφοροποίηση στις μυϊκές ομάδες με σπαστικότητα δημιούργησε προκλήσεις στην ομοιογενή ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η απόφαση που λάβαμε να αναλύσουμε τους πιο επηρεασμένους από την βλάβη N.M. μύες παρουσιάστηκε ως η πιο λογική λύση για την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με την επίδραση της BWSTT στην σπαστικότητα ασθενών με βλάβες N.M.. Παρά την στατιστικώς σημαντική βελτίωση που κατέδειξε η συγκεκριμένη ανάλυση, δεν παύει να είναι πρωτότυπη, συγκρινόμενη με την διεθνή βιβλιογραφία.

Συμπερασματικά, η BWSTT παραμένει μια υποσχόμενη στρατηγική στη διαχείριση της σπαστικότητας, βασισμένη σε επιστημονικά τεκμηριωμένες αρχές της προπόνησης βάδισης. Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να περιλαμβάνουν μεγαλύτερα, πιο ομοιογενή δείγματα και τυποποιημένα πρωτόκολλα παρέμβασης, προκειμένου να επιβεβαιώσουν τα ευρήματα και να βελτιστοποιήσουν τις θεραπευτικές εφαρμογές στη διαχείριση της σπαστικότητας σε ασθενείς με βλάβη N.M..

4.1.6. Ποιότητα Ζωής (WHOQOL-BREF)

Στην παρούσα μελέτη, η επίδραση της παρέμβασής μας στην ποιότητα ζωής αξιολογήθηκε μέσω του ερωτηματολογίου WHOQOL-BREF. Τα αποτελέσματα δεν κατέδειξαν στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις σε κανένα από τα πεδία που αξιολογούνται από το εργαλείο (φυσική υγεία, ψυχολογική ευεξία, κοινωνικές σχέσεις και περιβάλλον). Ωστόσο, η απουσία στατιστικά σημαντικών αλλαγών δεν υποδεικνύει την έλλειψη επίδρασης, αλλά μάλλον αναδεικνύει την πολυπλοκότητα της ποιότητας ζωής ως έννοιας και τη σύνδεσή της με παράγοντες πέρα από τη φυσική αποκατάσταση.

Όπως έχουμε διαπραγματευτεί σε προηγούμενα κεφάλαια, οι διαφορετικές τεχνικές προπόνησης βάδισης, όπως το BWSTT, η ρομποτικά υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης (RAGT) και η προπόνηση βάδισης με εξωσκελετό, μοιράζονται κοινές αρχές. Αυτές περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενα μοτίβα βάδισης και αισθητηριακά ερεθίσματα που ενισχύουν τη νευροπλαστικότητα και την κινητική αποκατάσταση. Οι διαφορές στη δομή, την τυποποίηση και την εφαρμογή τους δεν υπονομεύουν τη συγκριτική τους αξία, καθώς οι κοινές αρχές παρέχουν μια ισχυρή βάση για τη συγκριτική ανάλυση της επίδρασής τους στην ποιότητα ζωής.

Η μελέτη των Hu et al. [466] διερεύνησε την επίδραση της προπόνησης βάδισης με εξωσκελετό στην ποιότητα ζωής ασθενών με βλάβη Ν.Μ., χρησιμοποιώντας το ερωτηματολόγιο WHOQOL-BREF. Αν και δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις στους τομείς της φυσικής υγείας, της ψυχολογικής ευεξίας, των κοινωνικών σχέσεων και του περιβάλλοντος, οι τάσεις βελτίωσης που καταγράφηκαν υποδηλώνουν την πιθανή ευεργετική επίδραση της προπόνησης βάδισης με εξωσκελετό. Παρομοίως, και στη δική μας μελέτη δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε παρόμοιες παραμέτρους, όπως η ετερογένεια του δείγματος και η διάρκεια της παρέμβασης.

Παρομοίως, οι Piira et al. [385] διερεύνησαν την επίδραση της προπόνησης βάδισης με υποστήριξη σωματικού βάρους (BWSTT) στην ποιότητα ζωής χρησιμοποιώντας το SF-36. Η παρέμβαση περιλάμβανε τόσο χειροκίνητη όσο και ρομποτικά υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης, δίνοντας έμφαση στην επαναληπτική κινητική εκπαίδευση. Η μελέτη τους ανέδειξε οριακές βελτιώσεις, κυρίως στην ψυχολογική ευεξία και τη φυσική υγεία, αλλά κατέδειξε τη δυσκολία στη μέτρηση της ποιότητας ζωής λόγω της πολυπαραγοντικής φύσης της και της αλληλεπίδρασής της με κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα ευρήματα αυτά είναι συγκρίσιμα με τη δική μας μελέτη, στην οποία επίσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις, πιθανόν λόγω της ετερογένειας του δείγματος και της περιορισμένης διάρκειας της παρέμβασης.

Η μελέτη των Sprungen et al. [467] χρησιμοποίησε εργαλεία όπως το Veterans RAND 36-Item Health Survey (VR-36) [468] και το SCI-QOL [469] για την αποτίμηση της ποιότητας ζωής σε ασθενείς που συμμετείχαν σε προπόνηση βάδισης με εξωσκελετό. Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν έδειξαν στατιστικώς σημαντικές βελτιώσεις, στοιχείο που συνάδει με τα ευρήματα της δικής μας μελέτης, όπου επίσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα ζωής. Αυτή η σύγκλιση των αποτελεσμάτων τονίζει την πολυπλοκότητα της μέτρησης και της επίτευξης βελτιώσεων στην ποιότητα ζωής μέσα από τέτοιες παρεμβάσεις. Ενώ τα αποτελέσματα δεν έδειξαν σημαντικές αλλαγές στις συνολικές βαθμολογίες, οι παρατηρήσεις της μελέτης παρέχουν δεδομένα για τον αντίκτυπο της εκπαίδευσης βάδισης στην καθημερινή ζωή και την κοινωνική ενσωμάτωση των συμμετεχόντων.

Τα ευρήματα της δικής μας μελέτης ενδέχεται να επηρεάστηκαν από διάφορους παράγοντες. Ένας από τους πιο σημαντικούς ήταν η κοινωνικο-οικονομική κατάσταση των συμμετεχόντων. Πολλοί ασθενείς προέρχονταν από χαμηλά κοινωνικο-οικονομικά στρώματα και, κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, είχαν πρόσβαση σε ένα ασφαλές και υποστηρικτικό περιβάλλον στην κλινική, το οποίο παρείχε καθαριότητα, ζεστασιά και τρία γεύματα ημερησίως για τους ίδιους και τους συνοδούς τους. Η χαμηλή βαθμολογία ποιότητας ζωής στο τέλος της παρέμβασης μπορεί να αντικατοπτρίζει την ανασφάλεια για

την επιστροφή τους στις ιδιωτικές τους συνθήκες ζωής, γεγονός που αναδεικνύει τη σημασία της συνεχούς υποστήριξης.

Συμπερασματικά, τα ευρήματα αυτής της ενότητας τονίζουν την ανάγκη για πολυδιάστατες παρεμβάσεις που συνδυάζουν φυσική αποκατάσταση με κοινωνική και ψυχολογική υποστήριξη. Επιπλέον, οι διαφορές στα εργαλεία αξιολόγησης και στις μεθόδους παρέμβασης που παρατηρούνται στη βιβλιογραφία αναδεικνύουν την ανάγκη για μεγαλύτερη τυποποίηση και συντονισμό στη μελλοντική έρευνα.

4.1.7. Αξιολόγηση Οστικής Πυκνότητας και Σύστασης Μάζας Σώματος (DEXA/DXA)

Στην παρούσα μελέτη, η οστική πυκνότητα (BMD) και η σύσταση μάζας σώματος αξιολογήθηκαν μέσω της μεθόδου DEXA σε περιοχές όπως η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, ο αυχένας και ο τροχαντήρας του μηριαίου οστού. Τα αποτελέσματα δεν κατέδειξαν στατιστικώς σημαντικές αλλαγές στην BMD, τους T-Score, Z-Score, ή τις μετρήσεις ολικής λιπώδους και άλιπης μάζας, πριν και μετά την παρέμβαση. Αυτή η έλλειψη στατιστικά σημαντικών βελτιώσεων παρατηρήθηκε επίσης και σε υποομάδες ασθενών, βάσει φύλου και κατηγοριοποίησης της βλάβης N.M. μέσω της κλίμακας ASIA. Η ελαφρά αύξηση στη συνολική λιπώδη και άλιπη μάζα, αν και μη στατιστικώς σημαντική, υποδεικνύει ότι η BWSTT είχε περιορισμένη επίδραση στη σύσταση σώματος, πιθανόν λόγω του περιορισμένου φορτίου μηχανικής καταπόνησης που παρέχει και του συνολικού απαιτούμενου έργου. Συγκριτικά, άλλες μέθοδοι όπως η ρομποτικά υποβοηθούμενη προπόνηση βάδισης (RAGT) ή η χρήση εξωσκελετών τείνουν να παρέχουν πιο σταθερή ή ενισχυμένη, αντιστοίχως, καταπόνηση, η οποία ενδέχεται να επιφέρει μεγαλύτερες βελτιώσεις στη μυϊκή και λιπώδη μάζα.

Η BMD αποτελεί έναν κρίσιμο δείκτη για την αξιολόγηση της υγείας των οστών σε άτομα με βλάβη N.M., καθώς η νευρογενής οστεοπόρωση είναι συχνό φαινόμενο σε αυτόν τον πληθυσμό. Η μελέτη των Fattal et al. [470] υπογραμμίζει την υψηλή συχνότητα καταγμάτων στα άτομα με χρόνιες βλάβες N.M., ιδιαίτερα στα κάτω άκρα, και τονίζει την ανάγκη για στοχευμένη εκπαίδευση στην πρόληψη καταγμάτων και παρακολούθηση της οστικής υγείας. Οι παρατηρήσεις τους ενισχύουν τη σημασία της έγκαιρης και τακτικής αξιολόγησης της BMD, ειδικά σε περιοχές υψηλού κινδύνου, όπως η περιφέρεια του μηριαίου οστού και η κνήμη. Το πλαίσιο αυτό επιβεβαιώνει τη θεωρητική βάση για την παρούσα μελέτη, που διερευνά την αποτελεσματικότητα της BWSTT στην οστική πυκνότητα.

Η μελέτη των Giangregorio et al. [471] ανέδειξε μετρήσεις σύστασης μάζας σώματος, συμπεριλαμβανομένης της συνολικής άλιπης και λιπώδους μάζας, καθώς και της διατομής μυών (CSA) στο μηρό και την κνήμη. Οι τάσεις που παρατηρήθηκαν στη CSA στη μελέτη τους συμφωνούν με τις παρατηρήσεις μας, υπογραμμίζοντας ότι οι επιδράσεις της BWSTT στη μυϊκή υγεία είναι περιορισμένες και ενδέχεται να απαιτούν ενισχυμένες στρατηγικές παρέμβασης. Παρόλο που οι μετρήσεις στη δική μας μελέτη δεν περιλάμβαναν τόσο λεπτομερή ανάλυση περιοχών, η συνολική σύγκριση αναδεικνύει κοινές τάσεις στην επίδραση της BWSTT στη λιπώδη και μυϊκή μάζα. Η χρήση πιο εξειδικευμένων τεχνικών, όπως αξονική τομογραφία (CT) για τη μέτρηση της CSA στη μελέτη των Giangregorio et al., υπογραμμίζει τη σημασία της περιφερειακής ανάλυσης για την κατανόηση των επιδράσεων στη μυϊκή υγεία. Επιπλέον, η ίδια μελέτη αξιολόγησε την BMD σε περιοχές όπως η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και το εγγύς μηριαίο οστό, όπως και στη

δική μας έρευνα. Αν και η μέθοδος BWSTT εφαρμόστηκε με παρόμοιο τρόπο, υπήρχαν διαφορές στη συχνότητα και την ένταση της παρέμβασης. Οι διαφορές αυτές θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα, καθώς υψηλότερη συχνότητα και ένταση προπονήσεων έχουν συσχετιστεί με μεγαλύτερη πρόκληση μηχανικού φορτίου, το οποίο μπορεί να συμβάλει πιο ουσιαστικά στη βελτίωση της BMD και της μυϊκής σύστασης. Παρά τις διαφορές στην δοσολογία της προπόνησης βάδισης, οι τιμές BMD στην οσφυϊκή μοίρα έδειξαν τάση σταθερότητας και στις δύο μελέτες, αλλά και οι διακυμάνσεις στο εγγύς μηριαίο οστό αφενός και στον αυχένα και τον τροχαντήρα του μηριαίου οστού αφετέρου ήταν παρομοίως μικρές και όχι στατιστικώς σημαντικές. Η ομοιότητα αυτών των αποτελεσμάτων ενισχύει τη αντίληψη ότι η BWSTT παρέχει περιορισμένο μηχανικό φορτίο, που πιθανόν να είναι ανεπαρκές για τη διατήρηση ή τη βελτίωση της BMD στις συγκεκριμένες περιοχές.

Στη μελέτη των Craven et al. [457], εκτός από την μελέτη για την μεταβολή των αιματικών δεικτών οστικού μεταβολισμού, όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, αξιολογήθηκαν και η BMD και η ολική σύσταση μάζας σώματος μέσω DEXA, επικεντρώνοντας σε περιοχές όπως η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και το εγγύς μηριαίο οστό. Παρόμοια με τη δική μας έρευνα, οι τιμές της BMD δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις συγκεκριμένες περιοχές. Ειδικότερα, η απουσία σημαντικών βελτιώσεων στην BMD τόσο στη δική μας παρέμβαση όσο και στη μελέτη των Craven et al. αποδίδεται στον περιορισμένο μηχανικό φορτίο των προσεγγίσεων BWSTT, γεγονός που ενδέχεται να μην επαρκεί για την πρόκληση θετικών αλλαγών στην BMD.

Η ανασκόπηση των Sutor et al. [472] παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την κατανόηση της νευρογενούς οστεοπόρωσης και των περιορισμών που συνοδεύουν τις φυσικοθεραπευτικές παρεμβάσεις σε ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. Το άρθρο αναδεικνύει τη σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ της έλλειψης μηχανικής φόρτισης και των ορμονικών αλλαγών που οδηγούν σε απώλεια οστικής μάζας, ενώ παράλληλα επισημαίνει την ανάγκη για προσαρμοσμένες θεραπευτικές προσεγγίσεις. Παρά το γεγονός ότι η BWSTT προσφέρει οφέλη στη λειτουργικότητα και την κινητικότητα, το άρθρο υπογραμμίζει ότι η επίδρασή της στην BMD παραμένει περιορισμένη, εάν δεν συνδυάζεται με άλλες ενισχυμένες παρεμβάσεις, όπως η χρήση εξωσκελετών ή η εφαρμογή επιπρόσθετων μηχανικών φορτίων. Η επισκόπηση αυτή ενισχύει τη σημασία της ενσωμάτωσης πολυτροπικών στρατηγικών στη θεραπεία, ιδιαίτερα για την πρόληψη των καταγμάτων και τη βελτίωση της οστικής υγείας.

Η περιορισμένη διάρκεια της παρέμβασης στην παρούσα μελέτη μπορεί να είναι ένας ακόμα παράγοντας για την απουσία στατιστικώς σημαντικών βελτιώσεων στην BMD. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι παρεμβάσεις που στοχεύουν στη βελτίωση της BMD απαιτούν συχνά μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα για να αποδώσουν μετρήσιμες αλλαγές. Η μελέτη των Ahola et al. [473] κατέδειξε ότι οι πιο έντονες βελτιώσεις στην BMD του αυχένα και του τροχαντήρα του μηριαίου οστού παρατηρήθηκαν μετά από έξι μήνες προοδευτικής άσκησης υψηλών κραδασμών και διατηρήθηκαν ή ενισχύθηκαν κατά το πέρας των 12 μηνών. Αντίστοιχα, οι Astorino et al. [474] εξέτασαν τη θεραπεία βασισμένη στη δραστηριότητα (Activity-Based Therapy/ABT) σε άτομα με βλάβη Ν.Μ. και ανέφεραν ήπιες αυξήσεις στη BMD της σπονδυλικής στήλης μετά από έξι μήνες, αν και οι αλλαγές στο μηριαίο οστό ήταν λιγότερο έντονες. Αυτά τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι η αναδόμηση των οστών είναι μια σταδιακή διαδικασία, η οποία επηρεάζεται σημαντικά από τη διάρκεια και την ένταση της μηχανικής φόρτισης ή άλλων παραγόντων που επιβαρύνουν

το ερειστικό σύστημα. Υπό αυτό το πρίσμα, η παρέμβαση διάρκειας έξι εβδομάδων στην παρούσα μελέτη πιθανώς δεν ήταν επαρκής για την πρόκληση ανιχνεύσιμων αλλαγών στη BMD, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για μεγαλύτερης διάρκειας παρεμβάσεις, προκειμένου να αξιολογηθεί πληρέστερα η θεραπευτική δυνατότητα της BWSTT για την υγεία των οστών σε αυτόν τον πληθυσμό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, κατά την περίοδο σχεδιασμού της παρούσας μελέτης, οι επικαιροποιημένες κατευθυντήριες οδηγίες για την αξιολόγηση της BMD σε ασθενείς με βλάβη N.M. δεν είχαν ακόμα δημοσιευθεί. Οι οδηγίες της Διεθνούς Εταιρείας Κλινικής Πυκνομετρίας (International Society for Clinical Densitometry/ISCD), εκδοθείσες το 2019 [475], προτείνουν τη χρήση περιοχών όπως το άπω μηριαίο οστό και το εγγύς τμήμα της κνήμης για την ακριβέστερη αποτίμηση του κινδύνου καταγμάτων. Ωστόσο, η επιλογή των περιοχών που μετρήθηκαν στη μελέτη μας—οσφυϊκή μοίρα, αυχένas και τροchanτήρας του μηριαίου οστού—ήταν σύμφωνη με τα ισχύοντα πρότυπα της εποχής, παρέχοντας πολύτιμα δεδομένα για τη συζήτηση της οστικής υγείας.

Οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης περιλαμβάνουν το μικρό μέγεθος δείγματος και την ετερογένεια του πληθυσμού, καθώς και την περιορισμένη χρονική διάρκεια της παρέμβασης. Αν και τα αποτελέσματά μας είναι σύμφωνα με τα ευρήματα της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας, αυτοί οι παράγοντες μπορεί να συνέβαλαν στην απουσία στατιστικά σημαντικών ευρημάτων, τονίζοντας την ανάγκη για μελλοντικές μελέτες με μεγαλύτερα, ομοιογενή δείγματα και βελτιωμένα πρωτόκολλα παρέμβασης.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υπογραμμίζουν την πρόκληση της διαχείρισης της οστικής απώλειας σε ασθενείς με βλάβη N.M. Η BWSTT παραμένει μια υποσχόμενη προσέγγιση για την ενίσχυση της λειτουργικότητας και της νευροπλαστικότητας, αλλά η χρησιμότητά της για την πρόληψη της οστικής απώλειας απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

4.1.8. Επίλογος και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε τη δυναμική της βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με υποστήριξη σωματικού βάρους (BWSTT) ως μια βιώσιμη προσέγγιση για την αποκατάσταση ασθενών με χρόνιες βλάβες N.M.. Τα ευρήματα υποστηρίζουν τη δυνατότητα βελτίωσης της λειτουργικότητας και της κινητικότητας μέσω της BWSTT, αν και οι επιδράσεις σε παραμέτρους όπως η οστική πυκνότητα και η ποιότητα ζωής παραμένουν περιορισμένες. Οι περιορισμοί της μελέτης, όπως το μικρό μέγεθος δείγματος, η ετερογένεια του πληθυσμού και η σύντομη διάρκεια της παρέμβασης, υπογραμμίζουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα.

Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να επικεντρωθούν στη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών μορφών υποβοηθούμενης βάδισης, όπως η BWSTT σε σχέση με τη χρήση εξωσκελετών. Ο εξωσκελετός που πρόσφατα αποκτήθηκε από το τμήμα Φ.Ι.Α. της κλινικής παρέχει μια μοναδική ευκαιρία για τη διεξαγωγή συγκριτικών μελετών. Ιδιαίτερα, η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της BWSTT και του εξωσκελετού σε παραμέτρους όπως η βελτίωση της οστικής πυκνότητας, η μυϊκή σύσταση και η ποιότητα ζωής, θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμα δεδομένα για την αποκατάσταση.

Επιπλέον, οι μακροχρόνιες παρεμβάσεις, διάρκειας έξι μηνών ή και μεγαλύτερης, θα μπορούσαν να διερευνηθούν για να αξιολογηθεί πληρέστερα η επίδραση της BWSTT στη

διατήρηση και βελτίωση της οστικής πυκνότητας και της συνολικής φυσικής κατάστασης. Η ενσωμάτωση πολυτροπικών στρατηγικών, όπως η συνδυαστική χρήση της BWSTT με προπόνηση αντοχής και διατροφικές παρεμβάσεις, μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ολικής υγείας των ασθενών.

Συνοψίζοντας, η BWSTT παραμένει μια υποσχόμενη στρατηγική, ωστόσο, η εξέλιξή της μέσω πιο εκτεταμένων και διαφοροποιημένων παρεμβάσεων θα μπορούσε να μεγιστοποιήσει τα οφέλη της, ενισχύοντας τη λειτουργικότητα, την υγεία των οστών και την ποιότητα ζωής σε άτομα με βλάβες Ν.Μ..

4.2. Συζήτηση Δημοσιευμένων Άρθρων

4.2.1. Συζήτηση του άρθρου ανασκόπησης: *“Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”*

Στην ανασκόπησης μας επιχειρήθηκε να αξιολογηθούν οι διαφορές στη διαδικασία αποκατάστασης και στην έκβαση μεταξύ ασθενών με πολλαπλούς τραυματισμούς με ή χωρίς SCI. Διαπιστώθηκε ότι οι πολυτραυματίες ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. που επέζησαν του τραύματός τους, είχαν μεγαλύτερες περιόδους αποκατάστασης ως εσωτερικοί ή εξωτερικοί ασθενείς, ξεκινώντας με μειωμένα λειτουργικά επίπεδα σε σύγκριση με τους αντίστοιχους ασθενείς χωρίς βλάβη Ν.Μ..

Ωστόσο, μέχρι τον Οκτώβριο του 2018, δεν υπήρχε ούτε μία μελέτη που να συγκρίνει άμεσα τις διαφορές μεταξύ αυτών των δύο ομάδων σε όλες τις πτυχές της διαδικασίας αποκατάστασης. Οι περισσότερες από τις μελέτες πολυτραυματιών με ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. περιλάμβαναν και ασθενείς με Τραυματική Εγκεφαλική βλάβη, αλλά αυτοί έπρεπε να αποκλειστούν για λόγους επιλεξιμότητας.

Το χρονικό διάστημα παραμονής στο νοσοκομείο (Length of Stay/ LOS) ήταν μια καθολική μέτρηση της σοβαρότητας και της πολυπλοκότητας του/των τραυματισμού/-ών για τους ασθενείς που μελετήθηκαν. Οι πολυτραυματίες ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. είχαν αυξημένο LOS σε σύγκριση με τους πολυτραυματίες ασθενείς χωρίς βλάβη Ν.Μ.. Και πάλι, οι πολλαπλά τραυματισμένοι ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. είχαν αυξημένο LOS σε σύγκριση με τους ασθενείς με βλάβη Ν.Μ. χωρίς άλλους τραυματισμούς. Δυστυχώς, δεν υπάρχει μια καθολική κατευθυντήρια γραμμή ως προς το σημείο που σταματά η αποκατάσταση, γεγονός που την καθιστά ακατάλληλη μέτρηση για μετα-ανάλυση.

Οι βαθμολογίες FIM ή SCIM ήταν οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν ως επί το πλείστον για τη μέτρηση της λειτουργικής κατάστασης των ασθενών. Διαπιστώσαμε ότι η FIM χρησιμοποιήθηκε κατά τη σύγκριση ασθενών με ποικίλους τραυματισμούς και η SCIM χρησιμοποιήθηκε κατά τη σύγκριση ασθενών με SCI. Μόνο οι Scivoletto et al. [420] χρησιμοποίησαν τα RMI, BI, WISCI II και ASIA MS για να συγκρίνουν τους ασθενείς τους καλύπτοντας μια μεγάλη ποικιλία λειτουργικών πτυχών. Από την άλλη πλευρά, ο χρόνος που απαιτείται για την επιστροφή των ασθενών στην εργασία και η ικανότητα επιστροφής στην εργασία ήταν ζωτικής σημασίας για την έρευνα των κοινωνιολογικών επιπτώσεων των πολλαπλών τραυματισμών. Από την άλλη πλευρά, το κίνητρο για την επιστροφή ενός ασθενούς στην εργασία μπορεί να ποικίλλει ανάλογα, μεταξύ άλλων παραγόντων, με το πρόγραμμα κοινωνικής ασφάλισης από το οποίο λαμβάνει παροχές.

Οι βαθμολογίες ISS [422] ή PTS [476] χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της σοβαρότητας του τραυματισμού. Όπως συζητήθηκε από τους Teijink et al. [477], η ISS είναι πιο αναλυτική με μεγάλη ποικιλία ποιοτικών διαφορών (π.χ. εγκαύματα). Η PTS, ωστόσο, φαίνεται να είναι απλούστερο και πιο «μυοσκελετικά» εστιασμένο. Η ηλικία, επίσης, βαθμολογείται στην PTS. Οι Lieutandt et al. [418] επεσήμαναν ότι, συμπεριλαμβανομένης της βλάβης N.M., το σχετικό τραύμα με AIS ίσο ή μεγαλύτερο από 4 (σοβαρός τραυματισμός) παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβιωσιμότητα του θύματος. Παρόλο που αναπτύχθηκαν νέα εργαλεία βαθμολόγησης σοβαρότητας τραυματισμών, όπως το New ISS (NISS) [478], το International Classification of Diseases Injury Severity Score (ICISS) [479], το Revised Trauma Score (RTS) [480] και το Trauma Score- Injury Severity Score (TRISS) [481], αξιολογούν, κυρίως, τη δυνατότητα επιβίωσης του θύματος. Ένας ασθενής με βαθμολογία ISS 16 θεωρείται σοβαρά τραυματισμένος ή πολυτραυματίας. Δεδομένου ότι οι βαθμοί αυτοί μπορούν να συγκεντρωθούν από διαφορετικές περιοχές του σώματος, είναι δύσκολο η ISS (ή η PTS) από μόνες τους να παρέχουν μια πρόγνωση της έκβασης της αποκατάστασης για έναν πολλαπλά τραυματισμένο ασθενή με βλάβη N.M..

Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής μας αναζήτησης, βρέθηκαν ορισμένα ενδιαφέροντα άρθρα, τα οποία δεν μπορέσαμε να συμπεριλάβουμε στην ανασκόπησή μας λόγω της συμπερίληψης δεδομένων πολυτραυματιών με Κρανιοεγκεφαλική Κάκωση (ΚΕΚ/ Traumatic Brain Injury, TBI), μαζί με τα δεδομένα που ελήφθησαν από πολυτραυματίες με βλάβη N.M.. Ωστόσο, μερικά από αυτά αξίζει να αναφερθούν: οι Kaminski et al. [482] μελέτησαν τους παράγοντες πρόβλεψης της έκβασης της αποκατάστασης (μετρούμενη με την SCIM III). Διαπιστώθηκε ότι το πολυτραύμα (με τη μορφή αυξημένου ISS) έπαιζε σημαντικό ρόλο, μετά τη βαθμολογία ASIA για ελαφρό άγγιγμα και τον συνολικό βαθμό AIS. Οι Richard-Dennis et al. [483], την ίδια στιγμή, σε παρόμοια μελέτη, αναγνώρισαν επίσης την ISS ως σημαντικό παράγοντα για το αποτέλεσμα της αποκατάστασης. Προφανώς, αναμένεται ότι η πλειονότητα των πολλαπλά τραυματισμένων ασθενών με βλάβη N.M. θα έχει υψηλότερη βαθμολογία ISS από τους μονοτραυματίες ασθενείς μόνο με βλάβη N.M.. Ο συγγραφέας υπογραμμίζει το ίδιο αποτέλεσμα σε ένα άρθρο ανασκόπησης [483] όπου μελετήθηκε μια πληθώρα συναφών παραγόντων που έπαιζαν ρόλο στην έκβαση της αποκατάστασης των ασθενών με βλάβη N.M.. Σε μια αναδρομική ανάλυση του 1995, οι Sluis et al. [484], εξετάζοντας 723 ασθενείς με ISS $\geq$ 16 (ασθενείς με πολλαπλούς τραυματισμούς) συσχετίζουν υψηλότερο ISS και την παρουσία τραύματος κεφαλής, αυχένα και θώρακα (βλάβη N.M.) με χαμηλότερες βαθμολογίες στην κλίμακα έκβασης της Γλασκώβης [485] (GOS 3 & 4). Οι Soberg et al. [486] συσχέτισαν τη βαθμολογία New Injury Severity Score (NISS) 16 ή υψηλότερη ως σημαντικό παράγοντα για αυξημένη (χειρότερη) βαθμολογία του World Health Organization Disability Assessment Schedule II (WHODAS II) [487]. Τέλος, οι Vassend et al. [488] μελέτησαν 75 ασθενείς με πολλαπλούς τραυματισμούς (19 από αυτούς είχαν βλάβη N.M.) και διαπίστωσαν μείωση της ψυχολογικής κατάστασης μετά από 4 χρόνια, υπογραμμίζοντας τη σημασία της αισιόδοξης προδιάθεσης στην έκβαση της αποκατάστασης.

Η συστηματική μας ανασκόπηση ήταν μια προσπάθεια να παρουσιάσουμε, με κάθε λεπτομέρεια, τις διαφορές στα αποτελέσματα της αποκατάστασης μεταξύ ασθενών με πολλαπλούς τραυματισμούς με και χωρίς βλάβη N.M.. Πρόκειται για μια μοναδική μελέτη, κυρίως επειδή δεν υπήρχαν μελέτες που να ασχολήθηκαν άμεσα με το θέμα. Οι λίγες μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια ένταξής μας, έπρεπε να εξεταστούν προσεκτικά για να συγκεντρωθούν τα κατάλληλα δεδομένα. Ένας άλλος περιορισμός αυτής της συστηματικής ανασκόπησης είναι η έλλειψη προοπτικών μελετών. Κατά συνέπεια,

συμπεριλαμβάνοντας έναν μικρό αριθμό αναδρομικών μελετών με μια καλειδοσκοπική ποικιλία τύπων πληθυσμού, χαρακτηριστικών και οργάνων μέτρησης δεν ήταν δυνατή μια μετα-ανάλυση.

Σε αυτή τη συστηματική ανασκόπηση, οι ασθενείς με πολλαπλούς τραυματισμούς με βλάβη N.M. παρουσίασαν μειωμένη επιβιωσιμότητα, αυξημένο LOS και μειωμένες λειτουργικές ικανότητες σε δεδομένη χρονική περίοδο, σε σύγκριση με ασθενείς με πολλαπλούς τραυματισμούς χωρίς βλάβη N.M. ή με ασθενείς μόνο με βλάβη N.M. Οι συνθήκες υπό τις οποίες έγιναν οι τραυματισμοί που μελετήθηκαν («αυτοκινητιστικά» και «μη αυτοκινητιστικά» τροχαία ατυχήματα/Motor Non-Motor Vehicle Accidents/MNMVA και «τρομοκρατική επίθεση») δεν φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην έκβαση της αποκατάστασης. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για τη διεξαγωγή περισσότερων, κατά προτίμηση προοπτικών, μελετών, ώστε οι μελλοντικοί ερευνητές να είναι σε θέση να εξάγουν περισσότερα και ομοιογενή δεδομένα που θα επιτρέψουν μια μετα-ανάλυση. Τέλος, υπάρχει ανάγκη για ένα εργαλείο βαθμολόγησης της σοβαρότητας του τραυματισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση της έκβασης της αποκατάστασης. Αυτό θα βοηθήσει τους παρόχους υπηρεσιών υγείας να σχεδιάσουν στρατηγικά ένα πιο ακριβές πρόγραμμα αποκατάστασης.

4.2.2. Συζήτηση του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης ήταν να κατανοηθεί ο αντίκτυπος της ρομποτικής και εξωσκελετικής εκπαίδευσης βάδισης (REAGT) στην αντίληψη των ασθενών με σκλήρυνση κατά πλάκας σχετικά με την ποιότητα ζωής και την κόπωση. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ως επί το πλείστον τα συστήματα RAGT Locomat®-Hocoma. Τέσσερις από τις εννέα επιλέξιμες μελέτες συνέκριναν την REAGT με την OWT, ενώ η συμβατική αποκατάσταση εφαρμόστηκε και στις δύο ομάδες. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ως επί το πλείστον για την αξιολόγηση της ποιότητας ζωής ήταν το SF-36 και για την αξιολόγηση της κόπωσης το FSS. Συνολικά, η REAGT δεν φάνηκε να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην Ποιότητα Ζωής και στην κόπωση των ασθενών με ΣΚΠ. Η μετα-ανάλυσή μας αποκάλυψε τρία στατιστικώς σημαντικά ευρήματα: αύξηση της αντίληψης της γενικής υγείας και της ψυχικής υγείας των ασθενών, η οποία τεκμηριώνεται από τις ενότητες του SF-36, QoL SF-36-GH και QoL SF-36-MH, αντίστοιχα, και ελαφρά μείωση (βελτίωση) του PHQ-9.

Με λίγες εξαιρέσεις, οι επιλέξιμες τυχαιοποιημένες μελέτες επικεντρώθηκαν σε λειτουργικές μετρήσεις, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους την ψυχολογική κατάσταση των ασθενών. Η εύρεση 10 επιλέξιμων μελετών για την παρούσα ανασκόπηση και μεταξύ αυτών 7 μελετών με έγκυρα αποτελέσματα για μια μετα-ανάλυση, ήταν ένα ικανοποιητικό και απροσδόκητο αποτέλεσμα. Η διερεύνηση των λειτουργικών παραμέτρων φαίνεται να είναι πιο δελεαστική για τους ερευνητές που είναι συνήθως ιατροί και φυσικοθεραπευτές, αλλά όπως έχει αποδειχθεί από προηγούμενες έρευνες σε αθλητές [489], οι σωματικές και ψυχολογικές συνιστώσες είναι συγκοινωνούντα δοχεία. Έχουμε ήδη ασχοληθεί με τον ρόλο της άσκησης στην ποιότητα ζωής και την κόπωση των ασθενών με ΣΚΠ [490, 491]. Η μελέτη RAGTIME έδειξε επίσης ότι οι ασθενείς με ΣΚΠ παρουσίασαν σημαντικά και προοδευτικά βελτιωμένο μιτοχονδριακό μεταβολισμό και ταυτόχρονα μειωμένο οξειδωτικό στρες υπέρ της RAGT σε σχέση με τη συμβατική προπόνηση βάδισης [492].

Κλινικά, οι πρωτογενείς μιτοχονδριακές βλάβες επηρεάζουν τον εγκέφαλο, το ενδοκρινικό και το ανοσοποιητικό σύστημα τα οποία παίζουν ρόλο στις ψυχοσωματικές διεργασίες, γεγονός που υποδηλώνει μια κοινή υποκείμενη μηχανιστική βάση [493]. Έτσι, ήταν αναμενόμενο για τους ασθενείς με ΣΚΠ που υποβάλλονται σε REAGT να έχουν βελτιωμένη αίσθηση ευεξίας που αντανακλάται στα εργαλεία αξιολόγησης της ποιότητας ζωής και της κόπωσης, ακόμη και αν δεν υπολογίσαμε στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για το τελευταίο στην ποσοτική μας σύνθεση.

Μεταξύ άλλων συχνών ασθενειών του ανώτερου κινητικού νευρώνα (UMND), όπως το εγκεφαλικό επεισόδιο και η βλάβη Ν.Μ., η ΣΚΠ είναι μια ασθένεια που προκαλεί το ενδιαφέρον και την έρευνα εδώ και πολλές δεκαετίες και ο τομέας της ποιότητας ζωής και των ψυχοκοινωνικών επιπτώσεων δεν αποτελεί εξαίρεση. Και οι τρεις έχουν τα δικά τους, ειδικά για τη νόσο, εργαλεία αξιολόγησης της ποιότητας ζωής και της ψυχοκοινωνικής κατάστασης, υπογραμμίζοντας τις τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής και τους ψυχοκοινωνικούς παράγοντες. Η βλάβη Ν.Μ. και το εγκεφαλικό επεισόδιο με την αιφνίδια εκδήλωσή τους θέτουν τους ασθενείς σε κίνδυνο ψυχολογικής νοσηρότητας και χαμηλής ποιότητας ζωής [494, 495] αλλά ακόμη και η αργά εξελισσόμενη ΣΚΠ έχει παρόμοια αποτελέσματα [496]. Οι στρατηγικές αντιμετώπισης, που δίνονται ως κατευθυντήριες γραμμές, από άρθρα και ιστοσελίδες οργανισμών, περιλαμβάνουν πάντα τη φυσική δραστηριότητα και τη διαρκή αποκατάσταση [497–499]. Η REAGT φαίνεται να συμπεριλαμβάνει αυτές τις στρατηγικές αντιμετώπισης της ψυχολογικής νοσηρότητας. Η εργασία μας φαίνεται να ενισχύει την επιστημονική βάση αυτών των κατευθυντήριων γραμμών, καθώς η REAGT θα μπορούσε να δράσει ευεργετικά στην ψυχολογία των ασθενών με ΣΚΠ, όπως αυτή απεικονίζεται στα εργαλεία αξιολόγησης της ποιότητας ζωής. Οι ψυχολόγοι της ομάδας αποκατάστασης θα μπορούσαν να δουν στο REAGT έναν σύμμαχο και όχι έναν ανταγωνιστή, δεδομένου ότι υπάρχουν ανησυχίες για αυξημένο ποσοστό εγκατάλειψης σε μελέτες όπου οι ασθενείς είχαν επιβαρυνμένη ψυχολογική κατάσταση μετά από μια ξαφνική εκδήλωση αναπηρίας [500].

Η μελέτη μας έριξε φως στις επιδράσεις της REAGT στην προοπτική της ποιότητας ζωής και της κόπωσης των ασθενών με ΣΚΠ. Δυστυχώς, η εργασία αυτή συνοδεύεται από ορισμένους περιορισμούς:

Η επιλογή ενός κατάλληλου εργαλείου για την καταγραφή των ψυχοκοινωνικών αλλαγών σε ασθενείς με ΣΚΠ φάνηκε να είναι ένας τομέας διαφοροποίησης. Το κύριο δίλημμα των ερευνητών ήταν είτε να χρησιμοποιήσουν ένα γενικό εργαλείο για ευκολότερη σύγκριση με άλλες μελέτες, είτε να χρησιμοποιήσουν ένα εργαλείο που να προσδιορίζει τη νόσο (όπως το Multiple Sclerosis Quality of Life-54) για μεγαλύτερη ακρίβεια στην επίδραση της παρέμβασης. Ας ελπίσουμε ότι η επιστημονική κοινότητα θα καταλήξει σε συναίνεση καθώς θα συνεχίζεται η έρευνα στον τομέα αυτό.

Παρόλο που βρήκαμε ορισμένα στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, τα συμπεράσματά μας για τα πλεονεκτήματα της REAGT έναντι της συμβατικής OWT δεν μπορούν να είναι καθοριστικά, δεδομένου ότι η σπανιότητα των επιλέξιμων μελετών μας οδήγησε, σε ορισμένες περιπτώσεις, στη μετα-ανάλυση των αποτελεσμάτων όχι περισσότερων από δύο μελετών. Είναι πιθανόν η συνέχιση της έρευνας στον τομέα αυτό να δώσει στο μέλλον πιο σημαντικά, στατιστικά, αποτελέσματα.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του RAGT + VR με το RAGT-VR θα μπορούσε να αποτελέσει πεδίο μελλοντικής έρευνας, δεδομένου ότι το αποτέλεσμα της εμβύθισης

στην εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality/ VR) είναι ζωτικής σημασίας για ασθενείς με περιορισμούς κινητικότητας και θα μπορούσε να αποτελέσει εναλλακτική λύση για ασθενείς που δεν είναι επιλέξιμοι για εκπαίδευση βάδισης με εξωσκελετό ή για κέντρα αποκατάστασης όπου δεν παρέχεται εκπαίδευση βάδισης με εξωσκελετό. Αναμένουμε να έχουμε περισσότερες τυχαιοποιημένες μελέτες με ομάδα ελέγχου (RCTs) σε αυτόν τον τομέα στο μέλλον. Περιμένουμε ακόμη, να έχουμε περισσότερες μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις της προπόνησης βάδισης με εξωσκελετό στην ποιότητα ζωής και την κόπωση, δεδομένου ότι η προπόνηση βάδισης με εξωσκελετό εκπροσωπήθηκε μόνο από μία (από τις εννέα επιλέξιμες) μελέτη.

Το REAGT είναι μια μέθοδος αποκατάστασης, που βελτιώνεται συνεχώς και προσαρμόζεται στις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις, καθώς και στις προηγούμενες σχεδιαστικές και μηχανικές δυσλειτουργίες. Σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές και μια πλήρη ομάδα αποκατάστασης, υποστηρίζουμε ότι η REAGT είναι ευεργετική για την αντίληψη των ασθενών με ΣΚΠ σχετικά με την ψυχική, κοινωνική και γνωσιακή ποιότητα ζωής.

5. Συμπεράσματα Διδακτορικού Έργου

5.1. Συμπεράσματα Διδακτορικής Διατριβής

➤ **Βασικός Στόχος Έρευνας:**

- Αξιολόγηση της επίδρασης της βάδισης με υποστήριξη σωματικού βάρους (BWSTT) σε ασθενείς με βλάβη νωτιαίου μυελού (N.M.).
- Μελέτη παραμέτρων όπως κινητικότητα, λειτουργικότητα, σπαστικότητα, οστική πυκνότητα και ποιότητα ζωής.

➤ **Γενική Εκτίμηση Ευρημάτων:**

- Σημαντικές βελτιώσεις σε κινητικότητα, λειτουργικότητα και σπαστικότητα.
- Μη στατιστικά σημαντικές αλλαγές στην οστική πυκνότητα και ποιότητα ζωής.

➤ **Δημογραφικά Στοιχεία:**

- Υψηλή συμμετοχή ανδρών, συμβατή με διεθνή βιβλιογραφία.
- Πλειονότητα ασθενών στην κατηγορία AIS D λόγω χαρακτηριστικών του δείγματος.

➤ **Αποτελέσματα Αναλύσεων:**

• **Αιματικοί Δείκτες Οστικού Μεταβολισμού:**

- Σημαντική αύξηση στην οστεοκαλσίνη, υποδεικνύοντας ενισχυμένη οστική δραστηριότητα. Η ανάλυση των αιματικών δεικτών του οστικού μεταβολισμού ανέδειξε σημαντική αύξηση της οστεοκαλσίνης, υποδεικνύοντας ότι η BWSTT ενδέχεται να επηρεάζει θετικά τον οστικό σχηματισμό. Παρόλο που δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε άλλους δείκτες, τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν την πιθανή επίδραση της προπόνησης βάδισης στη διατήρηση της οστικής υγείας των ατόμων με βλάβες N.M.

• **Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Βάδισης:**

- Στατιστική βελτίωση σε ταχύτητα βάδισης, διανυόμενη απόσταση και κλίμακα WISCI II. Η προπόνηση βάδισης με υποστήριξη σωματικού βάρους σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο (BWSTT) αποδείχθηκε αποτελεσματική στη βελτίωση της κινητικότητας των ασθενών με βλάβες του νωτιαίου μυελού. Η σημαντική αύξηση της ταχύτητας βάδισης και της διανυόμενης απόστασης μπορεί να καταδεικνύει τη δυνατότητα της παρέμβασης να ενισχύσει τη λειτουργική ικανότητα των ασθενών, συμβάλλοντας στην αποκατάσταση της κινητικής τους αυτονομίας.

• **Λειτουργικότητα (Δείκτης Barthel):**

- Η λειτουργικότητα, όπως αποτυπώνεται μέσω του Δείκτη Barthel, βελτιώθηκε σημαντικά, υποδεικνύοντας ότι η παρέμβαση συνέβαλε στην ενίσχυση της αυτονομίας των ασθενών σε καθημερινές δραστηριότητες. Η αύξηση της βαθμολογίας του δείκτη υπογραμμίζει τη θετική επίδραση της BWSTT στην ποιότητα ζωής των συμμετεχόντων, καθώς διευκολύνει την εκτέλεση βασικών λειτουργιών της καθημερινότητας.

• **Σπαστικότητα (MAS):**

- Σημαντικές βελτιώσεις στους πιο επηρεασμένους μύες, παρά τις μικτές συνολικές μεταβολές. Η ανάλυση της σπαστικότητας με τη χρήση της Τροποποιημένης Κλίμακας Ashworth (MAS) κατέδειξε μια στατιστικά

σημαντική μείωση της σπαστικότητας στους πλέον επηρεασμένους μύες των ασθενών. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει ότι η συγκεκριμένη προπονητική προσέγγιση μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη διαχείριση της σπαστικότητας διευκολύνοντας την κινητική απόδοση των ασθενών.

- **Ποιότητα Ζωής (WHOQOL-BREF):**
 - Απουσία στατιστικών βελτιώσεων, υπογραμμίζοντας την πολυπλοκότητα της έννοιας. Παρά τις θετικές επιδράσεις της παρέμβασης, η αξιολόγηση της ποιότητας ζωής μέσω του WHOQOL-BREF δεν κατέδειξε στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν τάσεις βελτίωσης σε επιμέρους τομείς, γεγονός που υποδηλώνει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τη μακροπρόθεσμη επίδραση της BWSTT σε ψυχοκοινωνικούς και ποιοτικούς δείκτες υγείας.
- **Περιορισμοί Μελέτης:**
 - Μικρό μέγεθος δείγματος και σύντομη διάρκεια παρέμβασης.
 - Ετερογένεια δείγματος όσον αφορά τον χρόνο από την κάκωση και τη σοβαρότητα της βλάβης.
- **Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα:**
 - Συγκριτικές μελέτες διαφορετικών μορφών υποβοηθούμενης βάδισης (π.χ. BWSTT vs. εξωσκελετοί).
 - Μακροχρόνιες παρεμβάσεις για ακριβέστερη αποτίμηση των θεραπευτικών δυνατοτήτων.
 - Εξατομικευμένες παρεμβάσεις για βέλτιστα αποτελέσματα.
- **Συμπερασματική Εκτίμηση:**
 - Συνολικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν ότι η προπόνηση βάδισης με υποστήριξη σωματικού βάρους μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική προσέγγιση για την αποκατάσταση των ασθενών με βλάβες του νωτιαίου μυελού. Παρόλα αυτά, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση με μεγαλύτερα δείγματα και πιο μακροχρόνιες παρεμβάσεις, προκειμένου να αποσαφηνιστεί η πλήρης έκταση των θεραπευτικών ωφελειών της μεθόδου.

5.2. Συμπεράσματα Δημοσιευμένων Άρθρων

5.2.1. Συμπεράσματα του άρθρου ανασκόπησης: “Rehabilitation of the multiple injured patient with spinal cord injury; a systematic review”

- Οι ασθενείς με πολλαπλά τραύματα και βλάβες του νωτιαίου μυελού (N.M.) εμφανίζουν αυξημένη διάρκεια παραμονής σε κέντρα αποκατάστασης, μειωμένα αρχικά λειτουργικά επίπεδα και λιγότερη βελτίωση μετά την αποκατάσταση συγκριτικά με ασθενείς με άλλους τύπους τραυμάτων.
- Η πολυπλοκότητα των βλαβών και η σοβαρότητα των τραυμάτων επηρεάζουν καθοριστικά τη διάρκεια και την αποτελεσματικότητα της αποκατάστασης, γεγονός που καταδεικνύει την ανάγκη για εξειδικευμένα εργαλεία αξιολόγησης και στρατηγικές θεραπείας.

- Η βιβλιογραφία υπογραμμίζει την ανάγκη για προοπτικές μελέτες και ενιαία μεθοδολογία, ώστε να αναλυθούν καλύτερα οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποκατάσταση και να αναπτυχθούν πιο στοχευμένες παρεμβάσεις.

5.2.2. Συμπεράσματα του άρθρου ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης: “Robotic assisted and exoskeleton gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A systematic review and a meta-analysis”

- Η ανασκόπηση και η μετα-ανάλυση ανέδειξαν ότι η Ρομποτικά και Εξωσκελετικά Υποβοηθούμενη Προπόνηση Βάδισης (REAGT) βελτιώνει σημαντικά την ψυχική υγεία και την αντίληψη για την ποιότητα ζωής σε ασθενείς με Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (ΣΚΠ), ιδίως όσον αφορά την γενική υγεία και την ψυχική διάσταση της ποιότητας ζωής.
- Οι δείκτες που αξιοποιήθηκαν για την εκτίμηση της κόπωσης (FSS) και της ψυχικής υγείας (SF-36, QoL SF-36-GH, QoL SF-36-MH και PHQ-9) κατέδειξαν βελτιώσεις, υπογραμμίζοντας τον θετικό ρόλο της REAGT στη διαχείριση των ψυχολογικών και φυσικών συμπτωμάτων των ασθενών.
- Το άρθρο ενισχύει τη σημασία ενσωμάτωσης τεχνολογιών αιχμής, όπως τα ρομποτικά και εξωσκελετικά συστήματα προπόνησης βάδισης, στα θεραπευτικά προγράμματα αποκατάστασης για ασθενείς με ΣΚΠ, για την επίτευξη πολυδιάστατων οφελών.

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη διερεύνηση της επίδρασης της προπόνησης βάδισης σε ηλεκτροκίνητο διάδρομο με υποστήριξη σωματικού βάρους (BWSTT) σε ασθενείς με βλάβη νωτιαίου μυελού (N.M.). Η έρευνα επικεντρώνεται στην αποκατάσταση της κινητικότητας, της λειτουργικότητας, της σπαστικότητας, της ποιότητας ζωής, καθώς και στη μελέτη παραμέτρων όπως ο οστικός μεταβολισμός και η σωματική σύσταση.

Μέθοδος: Στη μελέτη συμμετείχαν 26 ασθενείς με βλάβες N.M.. Η παρέμβαση διήρκεσε έξι εβδομάδες, με τρεις συνεδρίες BWSTT ανά εβδομάδα. Η αξιολόγηση των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση έγκυρων εργαλείων: την Κλίμακα WISCI II για την εκτίμηση της ικανότητας βάδισης, τον Δείκτη Barthel για την εκτίμηση της λειτουργικότητας, την Τροποποιημένη Κλίμακα Ashworth (MAS) για την αξιολόγηση της σπαστικότητας και το ερωτηματολόγιο WHOQOL-BREF για την αξιολόγηση της ποιότητας ζωής. Χρησιμοποιήθηκε απορροφησιμετρία ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DEXA) για την εκτίμηση της οστικής πυκνότητας και της σύστασης σώματος. Επιπλέον, καταγράφηκαν αιματικοί δείκτες οστικού μεταβολισμού, όπως η οστεοκαλσίνη, η παραθορμόνη (PTH), η καλσιτονίνη, η αλκαλική φωσφατάση οστικής προέλευσης (BAP) και οι βιταμίνες D (25-OH και 1,25(OH)₂). Τα δεδομένα συλλέχθηκαν πριν και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης.

Αποτελέσματα: Κινητικότητα: Παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική αύξηση της ταχύτητας βάδισης επάνω στον ηλεκτροκίνητο διάδρομο κατά 206,67% και της διανυόμενης απόστασης κατά 343,48%. Η τιμή του WISCI II παρουσίασε μέση αύξηση $1,50 \pm 10,91$, $p: 0,011$. Λειτουργικότητα: Ο Δείκτης Barthel κατέγραψε μέση αύξηση $8,66 \pm 33,07$, $p: 0,001$, υποδεικνύοντας αυξημένη αυτονομία στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής. Σπαστικότητα: Στη συγκεντρωτική ανάλυση της MAS, η μέση διαφορά πριν και μετά την παρέμβαση ήταν $-1,42 \pm 1,07$, $p: 0,0008$, υποδηλώνοντας στατιστικώς σημαντική μείωση της σπαστικότητας σε επιλεγμένους μυς. Οστικός Μεταβολισμός: Η μέση διαφορά στα επίπεδα οστεοκαλσίνης ήταν $4,22 \pm 28,62 \text{ ng/ml}$, $p: 0,004$, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη δραστηριότητα οστικού σχηματισμού. Οι υπόλοιποι δείκτες δεν κατέγραψαν στατιστικώς σημαντικές αλλαγές. Ποιότητα Ζωής: Αν και δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στις βαθμολογίες του WHOQOL-BREF, παρατηρήθηκαν ενδείξεις βελτίωσης σε επιμέρους τομείς. **Συμπεράσματα:** Τα ευρήματα της μελέτης καταδεικνύουν τη θετική επίδραση της BWSTT στην κινητικότητα, τη λειτουργικότητα και τον οστικό μεταβολισμό σε ασθενείς με βλάβη N.M., ενώ αναδεικνύουν τη δυνατότητα μείωσης της σπαστικότητας μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων. Ωστόσο, η απουσία σημαντικών βελτιώσεων στην οστική πυκνότητα και την ποιότητα ζωής ίσως να υπαγορεύει την ανάγκη για παρεμβάσεις μεγαλύτερης διάρκειας και έντασης. Η περαιτέρω διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της BWSTT, ιδίως μέσω συγκριτικών μελετών με τη χρήση εξωσκελετών, αποτελεί κρίσιμο πεδίο μελλοντικής έρευνας, με στόχο την ολοκληρωμένη διαχείριση ασθενών με βλάβες N.M..

Abstract

Title: “Body-Weight-Supported Treadmill Training as a Physical Therapy mean, to patients with Spinal Cord Injury”

Christodoulou N. Vasileios

The present study aims to investigate the effect of body weight supported treadmill (BWSTT) gait training in patients with spinal cord lesion or spinal cord injury (SCI). The research focuses on the restoration of mobility, functionality, spasticity, quality of life, and the study of parameters such as bone metabolism and body composition. **Methods:** 26 patients with spinal cord injuries participated in the study. The intervention lasted six weeks, with three BWSTT sessions per week. Participants were assessed using valid instruments: the WISCI II scale to evaluate walking ability, the Barthel Index to measure functional capacity, the Modified Ashworth Scale (MAS) to assess spasticity, and the WHOQOL-BREF questionnaire to estimate quality of life. Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) was used to measure bone density and body composition. In addition, blood markers of bone metabolism, such as osteocalcin, parathyroid hormone (PTH), calcitonin, bone alkaline phosphatase (BAP) and vitamins D (25-OH and 1,25(OH)₂) were recorded. Data was collected before and after the intervention. **Results:** Mobility: There was a statistically significant increase in walking speed on the powered treadmill by 206.67% and distance travelled by 343.48%. The WISCI II value showed a mean increase of 1.50 ± 10.91 , $p: 0.011$. Functionality: The Barthel Index recorded a mean increase of 8.66 ± 33.07 , $p: 0.001$, indicating increased autonomy in activities of daily living. Spasticity: In the pooled analysis of MAS, the mean difference before and after intervention was -1.42 ± 1.07 , $p: 0.0008$, indicating a statistically significant reduction in spasticity in selected muscles. Bone Metabolism: the mean difference in osteocalcin levels was $4.22 \pm 28.62\text{ng/ml}$, $p: 0.004$, suggesting increased bone formation activity. The other indices did not record statistically significant changes. Quality of Life: Although no statistically significant changes were found in the WHOQOL-BREF scores, evidence of improvement in individual domains was observed. **Conclusions:** The findings of this study demonstrate the positive effect of BWSTT on mobility, function and bone metabolism in patients with spinal cord injury and highlight the potential to reduce spasticity through targeted interventions. However, the absence of significant improvements in bone density and quality of life may dictate the need for interventions of longer duration and intensity. Further investigation of the efficacy of BWSTT, particularly through comparative studies using exoskeletons, is a critical area of future research, with the aim of integrated management of patients with spinal cord lesions.

Βιβλιογραφία

- 1 Moore, K. L., Dalley, A. F. and Agur, A. M. R. (2010) Clinically oriented anatomy
2η Ελληνική., Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- 2 Drake, R. L., Vogl, W., Mitchell, A. W. M., Gray, H. and Tibbitts, R. M. (2005)
Gray's anatomy for students: online access + interactive extras ;
studentconsult.com 2η Ελληνική., Elsevier, Churchill Livingstone, Philadelphia,
Pa.
- 3 Moore, K. L., Dalley, A. F. and Agur, A. M. R. (2010) Clinically oriented anatomy
2η Ελληνική., Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- 4 Platzer Werner. (1985) Εγχειρίδιο Ανατομικής του Ανθρώπου με Έγχρωμο
Άτλαντα., Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα
- 5 Cramer, G. D. and Darby, S. A. (1995) Basic and clinical anatomy of the spine,
spinal cord, and ANS, Mosby, St. Louis
- 6 Shultz, S. J., Houglum, P. A., Perrin, D. H. and Shultz, S. J. (2005) Examination of
musculoskeletal injuries (original), Εξέταση Μυοσκελετικών Κακώσεων 2nd ed.,
Human Kinetics (original), Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε.,
Champaign, IL (original), Μεταμόρφωση Αττικής
- 7 Wirth, B., van Hedel, H. J. A., Kommer, B., Dietz, V. and Curt, A. (2008) Changes
in activity after a complete spinal cord injury as measured by the Spinal Cord
Independence Measure II (SCIM II). *Neurorehabil Neural Repair* **22**, 279–287
- 8 (2013, July) National Institute of Neurological Disorders and Stroke “Spinal Cord
Injury: Hope Through Research” [https://www.ninds.nih.gov/health-](https://www.ninds.nih.gov/health-information/patient-caregiver-education/hope-through-research/spinal-cord-injury-hope-through-research)
[information/patient-caregiver-education/hope-through-research/spinal-cord-](https://www.ninds.nih.gov/health-information/patient-caregiver-education/hope-through-research/spinal-cord-injury-hope-through-research)
[injury-hope-through-research](https://www.ninds.nih.gov/health-information/patient-caregiver-education/hope-through-research/spinal-cord-injury-hope-through-research)

- 9 Ahuja, C. S., Wilson, J. R., Nori, S., Kotter, M. R. N., Druschel, C., Curt, A., et al. (2017) Traumatic spinal cord injury. *Nat Rev Dis Primers* **3**, 17018
<https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.18>
- 10 Witiw, C. D. and Fehlings, M. G. (2015) Acute Spinal Cord Injury. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* **28**, 202–210
<https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000287>
- 11 Solomon, L., Warwick, D. and Nayagam, S. (2007) Apley’s Σύγχρονη ορθοπαιδική και τραυματιολογία 8th ed., Π.Χ.Πασχαλίδης, Αθήνα
- 12 Ι.ΜΠΑΛΤΑΣ. (1995) Κακώσεις Κεντρικού Νευρικού συστήματος **5**, 129–135
- 13 Μουζόπουλος Γ., Τζουρμπάκη Μ., and Νικολάρας Γ. (2009). *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής* **5**, 611–624
- 14 Anderson, L. D. and D’Alonzo, R. T. (1974) Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* **56**, 1663–1674
- 15 Bragg, K. J. and Varacallo, M. (2022) Cervical Sprain. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 16 (2023) Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας (ΕΟΔΥ), Βακτηριακή Μηνιγγίτιδα
<https://eody.gov.gr/disease/vaktiriaki-miniggitida/>
- 17 Runde, T. J., Anjum, F. and Hafner, J. W. (2022) Bacterial Meningitis. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 18 Ράλλης Δ, Καλαϊτζάκη Σ, Παπαγεωργίου Ε, Φιλιππίδου Σ, and Κατσουλάκου Σ. (2012) Οξεία Διάσπαρτη Εγκεφαλομυελίτιδα. *Επιστημονικά Χρονικά* **17**, 139–145
- 19 Anilkumar, A. C., Foris, L. A. and Tadi, P. (2022) Acute Disseminated Encephalomyelitis. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)

- 20 Διακομή, Μ, Μακρής, Αλ., and Μελά, Α. (2017) Εγκάρσια μυελίτιδα: Βασικές γνώσεις και στοιχεία περιεγχειρητικής διαχείρισης. *Ασκληπιειακά Χρονικά* **5**, 28–31
- 21 Simone, C. G. and Emmady, P. D. (2022) Transverse Myelitis. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 22 Ameer, M. A., Knorr, T. L. and Mesfin, F. B. (2022) Spinal Epidural Abscess. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 23 Keefe, P., M Das, J. and Al-Dhahir, M. A. (2022) Spinal Cord Abscess. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 24 Peng, H. and Conermann, T. (2022) Arachnoiditis. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 25 (2022) National Institute of Neurological Disorders and Stroke “Neurosypilis” <https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/neurosypilis>
- 26 Ha, T., Tadi, P. and Dubensky, L. (2022) Neurosypilis. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 27 Wolman, L. and Bradshaw, P. (1967) Spinal cord embolism. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **30**, 446–454 <https://doi.org/10.1136/jnnp.30.5.446>
- 28 Bockenek, W. L. and Bach, J. R. (1990) Fibrocartilaginous emboli to the spinal cord: a review of the literature. *J Am Paraplegia Soc* **13**, 18–23 <https://doi.org/10.1080/01952307.1990.11735811>
- 29 Yamaguchi, H., Nagase, H., Nishiyama, M., Tokumoto, S., Toyoshima, D., Akasaka, Y., et al. (2019) Fibrocartilaginous Embolism of the Spinal Cord in Children: A Case Report and Review of Literature. *Pediatr Neurol* **99**, 3–6 <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2019.04.013>
- 30 Lee, S.-G., Cho, S. M., Whang, K., Jang, Y. G., Kim, J. and Choi, J. (2022) Spinal Cord Infarction After Transarterial Chemoembolization for Hepatocellular

- Carcinoma. *Korean J Neurotrauma* **18**, 404–409
<https://doi.org/10.13004/kjnt.2022.18.e65>
- 31 Xu, J., Zhou, X., Liu, Z. and Xu, Z. (2022) Spinal cord infarction secondary to pulmonary embolism-induced cardiac arrest: a case report. *BMC Anesthesiol* **22**, 275 <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01820-4>
- 32 Grigoriou, E., Dormans, J. P. and Arkader, A. (2020) Primary Aneurysmal Bone Cyst of the Spine in Children: Updated Outcomes of a Modern Surgical Technique. *Int J Spine Surg* **14**, 615–622 <https://doi.org/10.14444/7082>
- 33 Gu, Y., Chen, X., Zhou, L. and Liu, W. (2020) An aneurysmal bone cyst ruptured and compressed the spinal cord: a case report. *Transl Cancer Res* **9**, 5008–5014 <https://doi.org/10.21037/tcr-20-1124>
- 34 Yuen, J., Folpe, A. L. and Lehman, V. T. (2022) Spinal Aneurysmal Bone Cyst Causing Spinal Cord Compression. *Mayo Clin Proc* **97**, 417–418 <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2021.11.036>
- 35 Oláh, C., Kardos, Z., Kostyál, L., Hodosi, K., Tamási, L., Bereczki, D., et al. (2020) Assessment of cervical spine involvement in rheumatoid arthritis patients in the era of biologics: a real-life, cross-sectional MRI study. *Rheumatol Int* **40**, 915–921 <https://doi.org/10.1007/s00296-020-04549-w>
- 36 Shlobin, N. A. and Dahdaleh, N. S. (2021) Cervical spine manifestations of rheumatoid arthritis: a review. *Neurosurg Rev* **44**, 1957–1965 <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01412-1>
- 37 Dobson, A. (2004) 1. The Oxford Dictionary of Statistical Terms. Yadolah Dodge (ed.), Oxford University Press, Oxford, 2003, Hardcover. No. of pages: 506. Price: GBP 25.00. ISBN 0-19-850994-4. *Statistics in Medicine* **23**, 1824–1825 <https://doi.org/10.1002/sim.1812>

- 38 Gillick, J. L., Wainwright, J. and Das, K. (2015) Rheumatoid Arthritis and the Cervical Spine: A Review on the Role of Surgery. *Int J Rheumatol* **2015**, 252456
<https://doi.org/10.1155/2015/252456>
- 39 Kolen, E. R. and Schmidt, M. H. (2002) Rheumatoid arthritis of the cervical spine. *Semin Neurol* **22**, 179–186 <https://doi.org/10.1055/s-2002-36541>
- 40 Nguyen, H. V., Ludwig, S. C., Silber, J., Gelb, D. E., Anderson, P. A., Frank, L., et al. (2004) Rheumatoid arthritis of the cervical spine. *Spine J* **4**, 329–334
<https://doi.org/10.1016/j.spinee.2003.10.006>
- 41 van der Linden, S. and van der Heijde, D. (1998) ANKYLOSING SPONDYLITIS: Clinical Features. *Rheumatic Disease Clinics of North America* **24**, 663–676
[https://doi.org/10.1016/S0889-857X\(05\)70036-3](https://doi.org/10.1016/S0889-857X(05)70036-3)
- 42 Bowness, P. (2002) HLA B27 in health and disease: a double-edged sword? *Rheumatology* **41**, 857–868 <https://doi.org/10.1093/rheumatology/41.8.857>
- 43 Walker, J. (2006) Ankylosing spondylitis. *Nurs Stand* **20**, 48–52
<https://doi.org/10.7748/ns2006.07.20.46.48.c4472>
- 44 Bond, D. (2013) Ankylosing spondylitis: diagnosis and management. *Nurs Stand* **28**, 52–59; quiz 60 <https://doi.org/10.7748/ns2013.12.28.16.52.e7807>
- 45 Garg, N. and Smith, T. W. (2015) An update on immunopathogenesis, diagnosis, and treatment of multiple sclerosis. *Brain Behav* **5**, e00362
<https://doi.org/10.1002/brb3.362>
- 46 Doshi, A. and Chataway, J. (2016) Multiple sclerosis, a treatable disease. *Clin Med (Lond)* **16**, s53–s59 <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.16-6-s53>
- 47 Yamout, B. I. and Alroughani, R. (2018) Multiple Sclerosis. *Semin Neurol* **38**, 212–225 <https://doi.org/10.1055/s-0038-1649502>
- 48 Thorne, I. and Sutcliffe, N. (2017) Sjögren’s syndrome. *Br J Hosp Med (Lond)* **78**, 438–442 <https://doi.org/10.12968/hmed.2017.78.8.438>

- 49 Butryn, M., Neumann, J., Rolfes, L., Bartels, C., Wattjes, M. P., Mahmoudi, N., et al. (2020) Clinical, Radiological, and Laboratory Features of Spinal Cord Involvement in Primary Sjögren's Syndrome. *J Clin Med* **9**, 1482
<https://doi.org/10.3390/jcm9051482>
- 50 Kim, S. M., Waters, P., Vincent, A., Kim, S. Y., Kim, H. J., Hong, Y. H., et al. (2009) Sjogren's syndrome myelopathy: spinal cord involvement in Sjogren's syndrome might be a manifestation of neuromyelitis optica. *Mult Scler* **15**, 1062–1068
<https://doi.org/10.1177/1352458509106636>
- 51 Sobue, G., Yasuda, T., Kumazawa, K., Yamamoto, K. and Mitsuma, T. (1995) MRI demonstrates dorsal column involvement of the spinal cord in Sjögren's syndrome-associated neuropathy. *Neurology* **45**, 592–593
<https://doi.org/10.1212/wnl.45.3.592>
- 52 Hanly, J. G. (2014) Diagnosis and management of neuropsychiatric SLE. *Nat Rev Rheumatol* **10**, 338–347 <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2014.15>
- 53 Ota, Y., Srinivasan, A., Capizzano, A. A., Bapuraj, J. R., Kim, J., Kurokawa, R., et al. (2022) Central Nervous System Systemic Lupus Erythematosus: Pathophysiologic, Clinical, and Imaging Features. *Radiographics* **42**, 212–232
<https://doi.org/10.1148/rg.210045>
- 54 Ceccarelli, F., Perricone, C., Cipriano, E., Massaro, L., Natalucci, F., Capalbo, G., et al. (2017) Joint involvement in systemic lupus erythematosus: From pathogenesis to clinical assessment. *Semin Arthritis Rheum* **47**, 53–64
<https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2017.03.022>
- 55 Diaremes, P., Braun, S. and Meurer, A. (2022) [Scheuermann's disease]. *Orthopade* **51**, 339–348 <https://doi.org/10.1007/s00132-022-04239-4>
- 56 Lowe, T. G. (1999) Scheuermann's disease. *Orthop Clin North Am* **30**, 475–487, ix [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(05\)70100-0](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70100-0)

- 57 Sardar, Z. M., Ames, R. J. and Lenke, L. (2019) Scheuermann's Kyphosis: Diagnosis, Management, and Selecting Fusion Levels. *J Am Acad Orthop Surg* **27**, e462–e472 <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00748>
- 58 Bhojraj, S. Y. and Dandawate, A. V. (1994) Progressive cord compression secondary to thoracic disc lesions in Scheuermann's kyphosis managed by posterolateral decompression, interbody fusion and pedicular fixation: A new approach to management of a rare clinical entity. *Eur Spine J* **3**, 66–69 <https://doi.org/10.1007/BF02221442>
- 59 Ciesla, N., Dinglas, V., Fan, E., Kho, M., Kuramoto, J. and Needham, D. (2011) Manual Muscle Testing: A Method of Measuring Extremity Muscle Strength Applied to Critically Ill Patients. *JoVE* 2632 <https://doi.org/10.3791/2632>
- 60 Castro, M. J., Apple Jr, D. F., Hillegass, E. A. and Dudley, G. A. (1999) Influence of complete spinal cord injury on skeletal muscle cross-sectional area within the first 6 months of injury. *Eur J Appl Physiol* **80**, 373–378 <https://doi.org/10.1007/s004210050606>
- 61 Wojtara, T., Alnajjar, F., Shimoda, S. and Kimura, H. (2014) Muscle synergy stability and human balance maintenance. *J NeuroEngineering Rehabil* **11**, 129 <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-129>
- 62 Fahn, S., Bressman, S. B. and Marsden, C. D. (1998) Classification of dystonia. *Adv Neurol* **78**, 1–10
- 63 Hiasa, Y., Mitsui, T., Kunishige, M., Oshima, Y. and Matsumoto, T. (2005) Central motor conduction in cervical dystonia with cervical spondylotic myelopathy. *Clinical Neurology and Neurosurgery* **107**, 482–485 <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2004.12.006>

- 64 Akhaddar, A. and Hammoune, N. (2020) Brown Sequard's syndrome (spinal hemiplegia) and calcified cervical disc herniation. *PAMJ-CM* **3**
<https://doi.org/10.11604/pamj-cm.2020.3.97.24417>
- 65 Teoli, D., Rocha Cabrero, F., Smith, T. and Ghassemzadeh, S. (2023) Lhermitte Sign. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 66 Dietz, V. and Sinkjaer, T. (2012) Spasticity. *Handb Clin Neurol* **109**, 197–211
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52137-8.00012-7>
- 67 Thibaut, A., Chatelle, C., Ziegler, E., Bruno, M.-A., Laureys, S. and Gosseries, O. (2013) Spasticity after stroke: physiology, assessment and treatment. *Brain Inj* **27**, 1093–1105 <https://doi.org/10.3109/02699052.2013.804202>
- 68 (2025) Spinal Cord Injury. *National Institute of Neurological Disorders and Stroke* <https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/spinal-cord-injury>
- 69 (2007) Examination of the Motor System: Approach to Weakness and Tremor. In Evidence-Based Physical Diagnosis, pp 707–735, Elsevier
<https://doi.org/10.1016/B978-141602898-7.50061-7>
- 70 Lee, S.-S., Han, H.-S. and Shin, D.-I. (2009) Paroxysmal Chorea as a Relapse of Myelopathy in a Patient with Neuromyelitis Optica. *JMD* **2**, 78–79
<https://doi.org/10.14802/jmd.09020>
- 71 Frisbie, J. H. and Aguilera, E. J. (1990) Chronic pain after spinal cord injury: an expedient diagnostic approach. *Paraplegia* **28**, 460–465
<https://doi.org/10.1038/sc.1990.62>
- 72 Jensen, T. S. and Finnerup, N. B. (2014) Allodynia and hyperalgesia in neuropathic pain: clinical manifestations and mechanisms. *Lancet Neurol* **13**, 924–935 [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70102-4](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70102-4)

- 73 Birch, R. (2009) Causalgia: a restatement. *Neurosurgery* **65**, A222-228
<https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000358956.28018.84>
- 74 Nelson, C. N., Glauser, G., Kessler, R. A. and Jack, M. M. (2022) Causalgia: a military pain syndrome. *Neurosurg Focus* **53**, E9
<https://doi.org/10.3171/2022.6.FOCUS22270>
- 75 Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., et al. (2020) The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain* **161**, 1976–1982
<https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939>
- 76 Bryce, T. N., Biering-Sørensen, F., Finnerup, N. B., Cardenas, D. D., Defrin, R., Lundeberg, T., et al. (2012) International spinal cord injury pain classification: part I. Background and description. March 6-7, 2009. *Spinal Cord* **50**, 413–417
<https://doi.org/10.1038/sc.2011.156>
- 77 Burke, D., Fullen, B. M., Stokes, D. and Lennon, O. (2017) Neuropathic pain prevalence following spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Pain* **21**, 29–44 <https://doi.org/10.1002/ejp.905>
- 78 Schuld, C., Franz, S., Brüggemann, K., Heutehaus, L., Weidner, N., Kirshblum, S. C., et al. (2016) International standards for neurological classification of spinal cord injury: impact of the revised worksheet (revision 02/13) on classification performance. *J Spinal Cord Med* **39**, 504–512
<https://doi.org/10.1080/10790268.2016.1180831>
- 79 Finnerup, N. B., Jensen, M. P., Norrbrink, C., Trok, K., Johannesen, I. L., Jensen, T. S., et al. (2016) A prospective study of pain and psychological functioning following traumatic spinal cord injury. *Spinal Cord* **54**, 816–821
<https://doi.org/10.1038/sc.2015.236>

- 80 Werhagen, L., Budh, C. N., Hultling, C. and Molander, C. (2004) Neuropathic pain after traumatic spinal cord injury--relations to gender, spinal level, completeness, and age at the time of injury. *Spinal Cord* **42**, 665–673
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101641>
- 81 Pappan, N. and Rehman, A. (2023) Dyslipidemia. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 82 Nuhliceck, D. N., Spurr, G. B., Barboriak, J. J., Rooney, C. B., el Ghatit, A. Z. and Bongard, R. D. (1988) Body composition of patients with spinal cord injury. *Eur J Clin Nutr* **42**, 765–773
- 83 La Fountaine, M. F., Cirnigliaro, C. M., Emmons, R. R., Kirshblum, S. C., Galea, M., Spungen, A. M., et al. (2015) Lipoprotein heterogeneity in persons with Spinal Cord Injury: a model of prolonged sitting and restricted physical activity. *Lipids Health Dis* **14**, 81 <https://doi.org/10.1186/s12944-015-0084-4>
- 84 Gater, D. R. (2007) Obesity after spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am* **18**, 333–351, vii <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2007.03.004>
- 85 Dulloo, A. G., Jacquet, J., Solinas, G., Montani, J.-P. and Schutz, Y. (2010) Body composition phenotypes in pathways to obesity and the metabolic syndrome. *Int J Obes (Lond)* **34 Suppl 2**, S4-17 <https://doi.org/10.1038/ijo.2010.234>
- 86 Flegal, K. M., Carroll, M. D., Ogden, C. L. and Johnson, C. L. (2002) Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2000. *JAMA* **288**, 1723–1727
<https://doi.org/10.1001/jama.288.14.1723>
- 87 Gater, D. R., Farkas, G. J., Berg, A. S. and Castillo, C. (2019) Prevalence of metabolic syndrome in veterans with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* **42**, 86–93 <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1423266>

- 88 Crane, D. A., Little, J. W. and Burns, S. P. (2011) Weight gain following spinal cord injury: a pilot study. *J Spinal Cord Med* **34**, 227–232
<https://doi.org/10.1179/2045772311Y.0000000001>
- 89 Farkas, G. J. and Gater, D. R. (2018) Neurogenic obesity and systemic inflammation following spinal cord injury: A review. *J Spinal Cord Med* **41**, 378–387 <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1357104>
- 90 Chatterjee, S., Khunti, K. and Davies, M. J. (2017) Type 2 diabetes. *The Lancet* **389**, 2239–2251 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30058-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30058-2)
- 91 Goyal, R., Nguyen, M. and Jialal, I. (2023) Glucose Intolerance. In StatPearls, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)
- 92 (2023) What Is Diabetes? - NIDDK. *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases* <https://www.niddk.nih.gov/health-information/diabetes/overview/what-is-diabetes>
- 93 Cragg, J. J., Noonan, V. K., Dvorak, M., Krassioukov, A., Mancini, G. B. J. and Borisoff, J. F. (2013) Spinal cord injury and type 2 diabetes. *Neurology* **81**, 1864–1868 <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000436074.98534.6e>
- 94 Abdelrahman, S., Ireland, A., Winter, E. M., Purcell, M. and Coupaud, S. (2021) Osteoporosis after spinal cord injury: aetiology, effects and therapeutic approaches. *J Musculoskelet Neuronal Interact* **21**, 26–50
- 95 Champs, A. P. S., Maia, G. A. G., Oliveira, F. G., de Melo, G. C. N. and Soares, M. M. S. (2020) Osteoporosis-related fractures after spinal cord injury: a retrospective study from Brazil. *Spinal Cord* **58**, 484–489
<https://doi.org/10.1038/s41393-019-0387-9>
- 96 Ditunno, J. F., Little, J. W., Tessler, A. and Burns, A. S. (2004) Spinal shock revisited: a four-phase model. *Spinal Cord* **42**, 383–395
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101603>

- 97 Menter, R. R., Bach, J., Brown, D. J., Gutteridge, G. and Watt, J. (1997) A review of the respiratory management of a patient with high level tetraplegia. *Spinal Cord* **35**, 805–808 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100577>
- 98 Fishburn, M. J., Marino, R. J. and Ditunno, J. F. (1990) Atelectasis and pneumonia in acute spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* **71**, 197–200
- 99 Bhaskar, K. R., Brown, R., O’Sullivan, D. D., Melia, S., Duggan, M. and Reid, L. (1991) Bronchial mucus hypersecretion in acute quadriplegia. Macromolecular yields and glycoconjugate composition. *Am Rev Respir Dis* **143**, 640–648 <https://doi.org/10.1164/ajrccm/143.3.640>
- 100 Claxton, A. R., Wong, D. T., Chung, F. and Fehlings, M. G. (1998) Predictors of hospital mortality and mechanical ventilation in patients with cervical spinal cord injury. *Can J Anaesth* **45**, 144–149 <https://doi.org/10.1007/BF03013253>
- 101 Berly, M. and Shem, K. (2007) Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* **30**, 309–318 <https://doi.org/10.1080/10790268.2007.11753946>
- 102 Torres, A., Blasi, F., Peetermans, W. E., Viegi, G. and Welte, T. (2014) The aetiology and antibiotic management of community-acquired pneumonia in adults in Europe: a literature review. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* **33**, 1065–1079 <https://doi.org/10.1007/s10096-014-2067-1>
- 103 Wang, A. Y., Jaeger, R. J., Yarkony, G. M. and Turba, R. M. (1997) Cough in spinal cord injured patients: the relationship between motor level and peak expiratory flow. *Spinal Cord* **35**, 299–302 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100370>
- 104 Savic, G., DeVivo, M. J., Frankel, H. L., Jamous, M. A., Soni, B. M. and Charlifue, S. (2017) Causes of death after traumatic spinal cord injury-a 70-year British study. *Spinal Cord* **55**, 891–897 <https://doi.org/10.1038/sc.2017.64>

- 105 Garshick, E., Kelley, A., Cohen, S. A., Garrison, A., Tun, C. G., Gagnon, D., et al. (2005) A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord* **43**, 408–416 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101729>
- 106 Phillips, W. T., Kiratli, B. J., Sarkarati, M., Weraarchakul, G., Myers, J., Franklin, B. A., et al. (1998) Effect of spinal cord injury on the heart and cardiovascular fitness. *Curr Probl Cardiol* **23**, 641–716 [https://doi.org/10.1016/s0146-2806\(98\)80003-0](https://doi.org/10.1016/s0146-2806(98)80003-0)
- 107 Yekutieli, M., Brooks, M. E., Ohry, A., Yarom, J. and Carel, R. (1989) The prevalence of hypertension, ischaemic heart disease and diabetes in traumatic spinal cord injured patients and amputees. *Paraplegia* **27**, 58–62 <https://doi.org/10.1038/sc.1989.9>
- 108 Karlsson, A. (1999) Autonomic dysreflexia. *Spinal Cord* **37**, 383–391 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100867>
- 109 Eldahan, K. C. and Rabchevsky, A. G. (2018) Autonomic dysreflexia after spinal cord injury: Systemic pathophysiology and methods of management. *Autonomic Neuroscience* **209**, 59–70 <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2017.05.002>
- 110 Edsberg, L. E., Black, J. M., Goldberg, M., McNichol, L., Moore, L. and Sieggreen, M. (2016) Revised National Pressure Ulcer Advisory Panel Pressure Injury Staging System: Revised Pressure Injury Staging System. *Journal of Wound, Ostomy & Continence Nursing* **43**, 585–597 <https://doi.org/10.1097/WON.0000000000000281>
- 111 Vangilder, C., Macfarlane, G. D. and Meyer, S. (2008) Results of nine international pressure ulcer prevalence surveys: 1989 to 2005. *Ostomy Wound Manage* **54**, 40–54
- 112 Caliri, M. H. L. (2005) Spinal cord injury and pressure ulcers. *Nurs Clin North Am* **40**, 337–347 <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2004.09.009>

- 113 Anderson, K. D., Borisoff, J. F., Johnson, R. D., Stiens, S. A. and Elliott, S. L. (2007) Long-term effects of spinal cord injury on sexual function in men: implications for neuroplasticity. *Spinal Cord* **45**, 338–348
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101978>
- 114 Anderson, K. D., Borisoff, J. F., Johnson, R. D., Stiens, S. A. and Elliott, S. L. (2007) The impact of spinal cord injury on sexual function: concerns of the general population. *Spinal Cord* **45**, 328–337
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101977>
- 115 Anderson, K. D., Borisoff, J. F., Johnson, R. D., Stiens, S. A. and Elliott, S. L. (2007) Spinal cord injury influences psychogenic as well as physical components of female sexual ability. *Spinal Cord* **45**, 349–359
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101979>
- 116 Elliott, S. L. (2006) Problems of sexual function after spinal cord injury. *Prog Brain Res* **152**, 387–399 [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)52026-0](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)52026-0)
- 117 Ibrahim, E., Brackett, N. L. and Lynne, C. M. (2016) Advances in the management of infertility in men with spinal cord injury. *Asian J Androl* **18**, 382–390 <https://doi.org/10.4103/1008-682X.178851>
- 118 Fode, M., Ohl, D. A. and Sønksen, J. (2015) A step-wise approach to sperm retrieval in men with neurogenic anejaculation. *Nat Rev Urol* **12**, 607–616
<https://doi.org/10.1038/nrurol.2015.241>
- 119 Soler, J.-M., Previnaire, J. G. and Mieusset, R. (2016) Evidence of a new pattern of ejaculation in men with spinal cord injury: ejaculation dyssynergia and implications for fertility. *Spinal Cord* **54**, 1210–1214
<https://doi.org/10.1038/sc.2016.78>
- 120 Qiu, Y., Wang, L.-G., Zhang, L.-H., Zhang, A.-D. and Wang, Z.-Y. (2012) Quality of sperm obtained by penile vibratory stimulation and percutaneous vasal sperm

- aspiration in men with spinal cord injury. *J Androl* **33**, 1036–1046
<https://doi.org/10.2164/jandrol.111.014902>
- 121 Basu, S., Aballa, T. C., Ferrell, S. M., Lynne, C. M. and Brackett, N. L. (2004) Inflammatory cytokine concentrations are elevated in seminal plasma of men with spinal cord injuries. *J Androl* **25**, 250–254 <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2004.tb02785.x>
- 122 Brackett, N. L., Cohen, D. R., Ibrahim, E., Aballa, T. C. and Lynne, C. M. (2007) Neutralization of cytokine activity at the receptor level improves sperm motility in men with spinal cord injuries. *J Androl* **28**, 717–721
<https://doi.org/10.2164/jandrol.106.002022>
- 123 Glickman, S. and Kamm, M. A. (1996) Bowel dysfunction in spinal-cord-injury patients. *Lancet* **347**, 1651–1653 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(96\)91487-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(96)91487-7)
- 124 Krogh, K., Nielsen, J., Djurhuus, J. C., Mosdal, C., Sabroe, S. and Laurberg, S. (1997) Colorectal function in patients with spinal cord lesions. *Dis Colon Rectum* **40**, 1233–1239 <https://doi.org/10.1007/BF02055170>
- 125 Emmanuel, A. (2010) Managing neurogenic bowel dysfunction. *Clin Rehabil* **24**, 483–488 <https://doi.org/10.1177/0269215509353253>
- 126 Stone, J. M., Nino-Murcia, M., Wolfe, V. A. and Perkas, I. (1990) Chronic gastrointestinal problems in spinal cord injury patients: a prospective analysis. *Am J Gastroenterol* **85**, 1114–1119
- 127 DeLisa, J. A. and Kirshblum, S. (1997) A review: frustrations and needs in clinical care of spinal cord injury patients. *J Spinal Cord Med* **20**, 384–390
<https://doi.org/10.1080/10790268.1997.11719494>
- 128 Manack, A., Motsko, S. P., Haag-Molkenteller, C., Dmochowski, R. R., Goehring Jr., E. L., Nguyen-Kho, B.-A., et al. (2011) Epidemiology and healthcare utilization

- of neurogenic bladder patients in a US claims database. *Neurourology and Urodynamics* **30**, 395–401 <https://doi.org/10.1002/nau.21003>
- 129 Alsulihem, A. and Corcos, J. (2019) Evaluation, treatment, and surveillance of neurogenic detrusor overactivity in spinal cord injury patients. *NN* **2019** <https://doi.org/10.20517/2347-8659.2019.007>
- 130 Kavanagh, A., Baverstock, R., Campeau, L., Carlson, K., Cox, A., Hickling, D., et al. (2019) Canadian Urological Association guideline: Diagnosis, management, and surveillance of neurogenic lower urinary tract dysfunction - Full text. *Canadian Urological Association Journal* **13**, E157–E176 <https://doi.org/10.5489/cuaj.5912>
- 131 Welk, B., Schneider, M. P., Thavaseelan, J., Traini, L. R., Curt, A. and Kessler, T. M. (2018) Early urological care of patients with spinal cord injury. *World Journal of Urology* **36**, 1537–1544 <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2367-7>
- 132 Sachdeva, R., Gao, F., Chan, C. C. H. and Krassioukov, A. V. (2018) Cognitive function after spinal cord injury: A systematic review. *Neurology* **91**, 611–621 <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000006244>
- 133 Roth, E., Davidoff, G., Thomas, P., Doljanac, R., Dijkers, M., Berent, S., et al. (1989) A controlled study of neuropsychological deficits in acute spinal cord injury patients. *Paraplegia* **27**, 480–489 <https://doi.org/10.1038/sc.1989.75>
- 134 Huang, S.-W., Wang, W.-T., Chou, L.-C., Liou, T.-H. and Lin, H.-W. (2017) Risk of Dementia in Patients with Spinal Cord Injury: A Nationwide Population-Based Cohort Study. *J Neurotrauma* **34**, 615–622 <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4525>
- 135 Craig, A., Tran, Y. and Middleton, J. (2009) Psychological morbidity and spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord* **47**, 108–114 <https://doi.org/10.1038/sc.2008.115>

- 136 Saurí, J., Chamarro, A., Gilabert, A., Gifre, M., Rodriguez, N., Lopez-Blazquez, R., et al. (2017) Depression in Individuals With Traumatic and Nontraumatic Spinal Cord Injury Living in the Community. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **98**, 1165–1173 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.11.011>
- 137 Post, M. W. M. and van Leeuwen, C. M. C. (2012) Psychosocial issues in spinal cord injury: a review. *Spinal Cord*, Nature Publishing Group **50**, 382–389 <https://doi.org/10.1038/sc.2011.182>
- 138 Migliorini, C. E., New, P. W. and Tonge, B. J. (2009) Comparison of depression, anxiety and stress in persons with traumatic and non-traumatic post-acute spinal cord injury. *Spinal Cord* **47**, 783–788 <https://doi.org/10.1038/sc.2009.43>
- 139 Shin, J. C., Goo, H. R., Yu, S. J., Kim, D. H. and Yoon, S. Y. (2012) Depression and Quality of Life in Patients within the First 6 Months after the Spinal Cord Injury. *Ann Rehabil Med* **36**, 119–125 <https://doi.org/10.5535/arm.2012.36.1.119>
- 140 Nicotra, A., Critchley, H. D., Mathias, C. J. and Dolan, R. J. (2006) Emotional and autonomic consequences of spinal cord injury explored using functional brain imaging. *Brain* **129**, 718–728 <https://doi.org/10.1093/brain/awh699>
- 141 Ziegler, G., Grabher, P., Thompson, A., Altmann, D., Hupp, M., Ashburner, J., et al. (2018) Progressive neurodegeneration following spinal cord injury: Implications for clinical trials. *Neurology* **90**, e1257–e1266 <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000005258>
- 142 Harvey, L. A. (2016) Physiotherapy rehabilitation for people with spinal cord injuries. *Journal of Physiotherapy* **62**, 4–11 <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.11.004>
- 143 Groah, S. L., Schladen, M., Pineda, C. G. and Hsieh, C.-H. J. (2015) Prevention of Pressure Ulcers Among People With Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *PM&R* **7**, 613–636 <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.11.014>

- 144 Bani-Ahmed, A. (2019) The evidence for prolonged muscle stretching in ankle joint management in upper motor neuron lesions: considerations for rehabilitation – a systematic review. *Topics in Stroke Rehabilitation*, Taylor & Francis **26**, 153–161 <https://doi.org/10.1080/10749357.2018.1550958>
- 145 Harvey, L. A., Katalinic, O. M., Herbert, R. D., Moseley, A. M., Lannin, N. A. and Schurr, K. (2017) Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Cochrane Musculoskeletal Group, ed.) **2017** <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007455.pub3>
- 146 (2006) Medicine ACoS ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription. 7th, Lippincot Williams Wilkins, Baltimore
- 147 Page, P. (2012) CURRENT CONCEPTS IN MUSCLE STRETCHING FOR EXERCISE AND REHABILITATION. *Int J Sports Phys Ther* **7**, 109–119
- 148 Bohannon, R. W. (1993) Tilt table standing for reducing spasticity after spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **74**, 1121–1122 [https://doi.org/10.1016/0003-9993\(93\)90073-J](https://doi.org/10.1016/0003-9993(93)90073-J)
- 149 Frye, S. K. and Geigle, P. R. (2020) Current U.S. splinting practices for individuals with cervical spinal cord injury. *Spinal Cord Ser Cases* **6**, 49 <https://doi.org/10.1038/s41394-020-0295-4>
- 150 (2025) Therapeutic Interventions for Spinal Cord Injury. *Physiopedia* https://www.physio-pedia.com/Therapeutic_Interventions_for_Spinal_Cord_Injury
- 151 Murillo, N., Valls-Sole, J., Vidal, J., Opisso, E., Medina, J. and Kumru, H. (2014) Focal vibration in neurorehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med* **50**, 231–242
- 152 Læssøe, L., Nielsen, J. B., Biering-Sørensen, F. and Sønksen, J. (2004) Antispastic effect of penile vibration in men with spinal cord lesion11No commercial party having a direct financial interest in the results of the research

- supporting this article has or will confer a benefit on the author(s) or on any organization with which the author(s) is/are associated. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **85**, 919–924
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.08.082>
- 153 Alaca, R., Goktepe, A. S., Yildiz, N., Yilmaz, B. and Gunduz, S. (2005) Effect of Penile Vibratory Stimulation on Spasticity in Men with Spinal Cord Injury. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* **84**, 875
<https://doi.org/10.1097/01.phm.0000184235.32803.ca>
- 154 Murillo, N., Kumru, H., Vidal-Samso, J., Benito, J., Medina, J., Navarro, X., et al. (2011) Decrease of spasticity with muscle vibration in patients with spinal cord injury. *Clin Neurophysiol* **122**, 1183–1189
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.11.012>
- 155 Butler, J. E., Godfrey, S. and Thomas, C. K. (2006) Depression of involuntary activity in muscles paralyzed by spinal cord injury. *Muscle & Nerve* **33**, 637–644
<https://doi.org/10.1002/mus.20500>
- 156 Ribot-Ciscar, E., Butler, J. E. and Thomas, C. K. (2003) Facilitation of triceps brachii muscle contraction by tendon vibration after chronic cervical spinal cord injury. *Journal of Applied Physiology*, American Physiological Society **94**, 2358–2367 <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00894.2002>
- 157 Cavka, K., Fuller, D. D., Tonuzi, G. and Fox, E. J. (2021) Diaphragm Pacing and a Model for Respiratory Rehabilitation After Spinal Cord Injury. *Journal of Neurologic Physical Therapy* **45**, 235
<https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000360>
- 158 Kent, M. (Ed.). (2006) The Oxford dictionary of sports science & medicine 3rd ed., Oxford University Press, Oxford ; New York

- 159 Eerden, S., Dekker, R. and Hettinga, F. J. (2018) Maximal and submaximal aerobic tests for wheelchair-dependent persons with spinal cord injury: a systematic review to summarize and identify useful applications for clinical rehabilitation. *Disability and Rehabilitation* **40**, 497–521
<https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1287623>
- 160 Noonan, V. and Dean, E. (2000) Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther* **80**, 782–807
- 161 Hebisz, P., Jastrzębska, A. D. and Hebisz, R. (2021) Real Assessment of Maximum Oxygen Uptake as a Verification After an Incremental Test Versus Without a Test. *Front. Physiol.* **12**, 739745
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.739745>
- 162 Harvey, L. (2008) Management of spinal cord injuries: a guide for physiotherapists 3rd ed., Butterworth-Heinemann, Edinburgh
- 163 West, C. R., Leicht, C. A., Goosey-Tolfrey, V. L. and Romer, L. M. (2016) Perspective: Does Laboratory-Based Maximal Incremental Exercise Testing Elicit Maximum Physiological Responses in Highly-Trained Athletes with Cervical Spinal Cord Injury? *Front. Physiol.* **6**
<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00419>
- 164 Goosey-Tolfrey, V. (Ed.). (2010) Wheelchair sport: a complete guide for athletes, coaches, and teachers, Human Kinetics, Champaign, Ill
- 165 Glynn, A. and Fiddler, H. (2009) The physiotherapist's pocket guide to exercise: assessment, prescription and training, Churchill Livingstone/Elsevier, Edinburgh ; New York
- 166 Martin Ginis, K. A., Van Der Scheer, J. W., Latimer-Cheung, A. E., Barrow, A., Bourne, C., Carruthers, P., et al. (2018) Evidence-based scientific exercise

- guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal Cord* **56**, 308–321 <https://doi.org/10.1038/s41393-017-0017-3>
- 167 Van Der Scheer, J. W., Hutchinson, M. J., Paulson, T., Martin Ginis, K. A. and Goosey-Tolfrey, V. L. (2018) Reliability and Validity of Subjective Measures of Aerobic Intensity in Adults With Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *PM&R* **10**, 194–207 <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2017.08.440>
- 168 Warburton, Darren ER, Krassioukov, Andrei, Sproule, Shannon, and Eng, Janice J. (2018) Cardiovascular Health and Exercise Following Spinal Cord Injury, the SCIRE project, Version 6.0 https://scireproject.com/wp-content/uploads/2022/02/CARDIO-CHAPTER-June-21-2018-FINAL_CC-MQ.pdf
- 169 De Groot, P. C. E., Hjeltne, N., Heijboer, A. C., Stal, W. and Birkeland, K. (2003) Effect of training intensity on physical capacity, lipid profile and insulin sensitivity in early rehabilitation of spinal cord injured individuals. *Spinal Cord* **41**, 673–679 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101534>
- 170 Davis, G. M., Shephard, R. J. and Leenen, F. H. H. (1987) Cardiac effects of short term arm crank training in paraplegics: echocardiographic evidence. *Europ. J. Appl. Physiol.* **56**, 90–96 <https://doi.org/10.1007/BF00696382>
- 171 Milia, R., Roberto, S., Marongiu, E., Olla, S., Sanna, I., Angius, L., et al. (2014) Improvement in Hemodynamic Responses to Metaboreflex Activation after One Year of Training in Spinal Cord Injured Humans. *BioMed Research International* **2014**, 1–9 <https://doi.org/10.1155/2014/893468>
- 172 Hjeltne, N. and Wallberg-Henriksson, H. (1998) Improved work capacity but unchanged peak oxygen uptake during primary rehabilitation in tetraplegic patients. *Spinal Cord* **36**, 691–698 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100687>
- 173 Valent, L. J., Dallmeijer, A. J., Houdijk, H., Slootman, H. J., Post, M. W. and Van Der Woude, L. H. (2008) Influence of Hand Cycling on Physical Capacity in the

- Rehabilitation of Persons With a Spinal Cord Injury: A Longitudinal Cohort Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **89**, 1016–1022
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.10.034>
- 174 Nooijen, C. F., Van Den Brand, I. L., Ter Horst, P., Wynants, M., Valent, L. J., Stam, H. J., et al. (2015) Feasibility of Handcycle Training During Inpatient Rehabilitation in Persons With Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **96**, 1654–1657 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.05.014>
- 175 Hubli, M., Currie, K. D., West, C. R., Gee, C. M. and Krassioukov, A. V. (2014) Physical exercise improves arterial stiffness after spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **37**, 782–785
<https://doi.org/10.1179/2045772314Y.0000000232>
- 176 Yang, F.-A., Chen, S.-C., Chiu, J.-F., Shih, Y.-C., Liou, T.-H., Escorpizo, R., et al. (2022) Body weight-supported gait training for patients with spinal cord injury: a network meta-analysis of randomised controlled trials. *Sci Rep* **12**, 19262
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-23873-8>
- 177 Millar, P. J., Rakobowchuk, M., Adams, M. M., Hicks, A. L., McCartney, N. and MacDonald, M. J. (2009) Effects of short-term training on heart rate dynamics in individuals with spinal cord injury. *Autonomic Neuroscience* **150**, 116–121
<https://doi.org/10.1016/j.autneu.2009.03.012>
- 178 Jeffries, E. C., Hoffman, S. M., De Leon, R., Dominguez, J. F., Semerjian, T. Z., Melgar, I. A., et al. (2015) Energy Expenditure and Heart Rate Responses to Increased Loading in Individuals With Motor Complete Spinal Cord Injury Performing Body Weight–Supported Exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **96**, 1467–1473 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.03.020>
- 179 De Carvalho, D. C. L., Martins, C. L., Cardoso, S. D. and Cliquet, A. (2006) Improvement of Metabolic and Cardiorespiratory Responses Through Treadmill

- Gait Training With Neuromuscular Electrical Stimulation in Quadriplegic Subjects. *Artificial Organs* **30**, 56–63 <https://doi.org/10.1111/j.1525-1594.2006.00180.x>
- 180 Ditor, D. S., MacDonald, M. J., Kamath, M. V., Bugaresti, J., Adams, M., McCartney, N., et al. (2005) The effects of body-weight supported treadmill training on cardiovascular regulation in individuals with motor-complete SCI. *Spinal Cord* **43**, 664–673 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101785>
- 181 Stevens, S. and Morgan, D. (2015) Heart Rate Response During Underwater Treadmill Training in Adults with Incomplete Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* **21**, 40–48 <https://doi.org/10.1310/sci2101-40>
- 182 Alajam, R., Alqahtani, A. S. and Liu, W. (2019) Effect of Body Weight–Supported Treadmill Training on Cardiovascular and Pulmonary Function in People With Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* **25**, 355–369 <https://doi.org/10.1310/sci2504-355>
- 183 Jack, L. P., Allan, D. B. and Hunt, K. J. (2009) Cardiopulmonary exercise testing during body weight supported treadmill exercise in incomplete spinal cord injury: A feasibility study. *THC* **17**, 13–23 <https://doi.org/10.3233/THC-2009-0528>
- 184 Bakkum, A., Paulson, T., Bishop, N., Goosey-Tolfrey, V., Stolwijk-Swaste, J., Kuppevelt, D., et al. (2015) Effects of hybrid cycle and handcycle exercise on cardiovascular disease risk factors in people with spinal cord injury: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med* **47**, 523–530 <https://doi.org/10.2340/16501977-1946>
- 185 Taylor, J. A., Picard, G. and Widrick, J. J. (2011) Aerobic Capacity With Hybrid FES Rowing in Spinal Cord Injury: Comparison With Arms-Only Exercise and

- Preliminary Findings With Regular Training. *PM&R* **3**, 817–824
<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.03.020>
- 186 Kahn, N. N., Feldman, S. P. and Bauman, W. A. (2010) Lower-Extremity Functional Electrical Stimulation Decreases Platelet Aggregation and Blood Coagulation in Persons With Chronic Spinal Cord Injury: A Pilot Study. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **33**, 150–158
<https://doi.org/10.1080/10790268.2010.11689690>
- 187 Gerrits, H. L., De Haan, A., Sargeant, A. J., Van Langen, H. and Hopman, M. T. (2001) Peripheral vascular changes after electrically stimulated cycle training in people with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **82**, 832–839 <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23305>
- 188 Hopman, M. T. E., Groothuis, J. T., Flendrie, M., Gerrits, K. H. L. and Houtman, S. (2002) Increased vascular resistance in paralyzed legs after spinal cord injury is reversible by training. *Journal of Applied Physiology* **93**, 1966–1972
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00897.2001>
- 189 Ragnarsson, K. T., Pollack, S., O'Daniel, W., Edgar, R., Petrofsky, J. and Nash, M. S. (1988) Clinical evaluation of computerized functional electrical stimulation after spinal cord injury: a multicenter pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* **69**, 672–677
- 190 Barstow, T. J., Scremin, A. M. E., Mutton, D. L., Kunkel, C. F., Cagle, T. G. and Whipp, B. J. (1996) Changes in gas exchange kinetics with training in patients with spinal cord injury: *Medicine & Science in Sports & Exercise* **28**, 1221–1228 <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00003>
- 191 Cramer, R. M., Cooper, P., Sinclair, P. J., Bryant, G. and Weston, A. (2004) Effect of load during electrical stimulation training in spinal cord injury. *Muscle and Nerve* **29**, 104–111 <https://doi.org/10.1002/mus.10522>

- 192 Faghri, P. D., Glaser, R. M. and Figoni, S. F. (1992) Functional electrical stimulation leg cycle ergometer exercise: training effects on cardiorespiratory responses of spinal cord injured subjects at rest and during submaximal exercise. *Arch Phys Med Rehabil* **73**, 1085–1093
- 193 Griffin, L., Decker, M. J., Hwang, J. Y., Wang, B., Kitchen, K., Ding, Z., et al. (2009) Functional electrical stimulation cycling improves body composition, metabolic and neural factors in persons with spinal cord injury. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **19**, 614–622
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.03.002>
- 194 Hooker, S. P., Figoni, S. F., Rodgers, M. M., Glaser, R. M., Mathews, T., Suryaprasad, A. G., et al. (1992) Physiologic effects of electrical stimulation leg cycle exercise training in spinal cord injured persons. *Arch Phys Med Rehabil* **73**, 470–476
- 195 Mohr, T., Andersen, J. L., Biering-Sørensen, F., Galbo, H., Bangsbo, J., Wagner, A., et al. (1997) Long term adaptation to electrically induced cycle training in severe spinal cord injured individuals. *Spinal Cord* **35**, 1–16
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100343>
- 196 Zbogor, D., Eng, J. J., Krassioukov, A. V., Scott, J. M., Esch, B. T. A. and Warburton, D. E. R. (2008) The effects of functional electrical stimulation leg cycle ergometry training on arterial compliance in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord* **46**, 722–726 <https://doi.org/10.1038/sc.2008.34>
- 197 Bakkum, A. J. T., De Groot, S., Onderwater, M. Q., De Jong, J. and Janssen, T. W. J. (2014) Metabolic rate and cardiorespiratory response during hybrid cycling versus handcycling at equal subjective exercise intensity levels in people with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **37**, 758–764
<https://doi.org/10.1179/2045772313Y.0000000164>

- 198 Selph, S. S., Skelly, A. C., Wasson, N., Dettori, J. R., Brodt, E. D., Ensrud, E., et al. (2021) Physical Activity and the Health of Wheelchair Users: A Systematic Review in Multiple Sclerosis, Cerebral Palsy, and Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* **102**, 2464-2481.e33 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.10.002>
- 199 (2025) Introduction to Complex Orthoses. *Physiopedia* https://www.physio-pedia.com/Introduction_to_Complex_Orthoses
- 200 Lavis, T. D. and Codamon, L. (2019) Lower Limb Orthoses for Persons With Spinal Cord Injury. In *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*, pp 247-255.e4, Elsevier <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48323-0.00023-8>
- 201 Major, R. E., Stallard, J. and Rose, G. K. (1981) The dynamics of walking using the hip guidance orthosis (hgo) with crutches. *Prosthet Orthot Int* **5**, 19–22 <https://doi.org/10.3109/03093648109146224>
- 202 Jefferson, R. J. and Whittle, M. W. (1990) Performance of three walking orthoses for the paralysed: a case study using gait analysis. *Prosthet Orthot Int* **14**, 103–110 <https://doi.org/10.3109/030936490009080335>
- 203 Alexeeva, N., Sames, C., Jacobs, P. L., Hobday, L., DiStasio, M. M., Mitchell, S. A., et al. (2011) Comparison of training methods to improve walking in persons with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, Taylor & Francis **34**, 362–379 <https://doi.org/10.1179/2045772311Y.0000000018>
- 204 Norman, K. E., Pepin, A., Ladouceur, M. and Barbeau, H. (1995) A treadmill apparatus and harness support for evaluation and rehabilitation of gait. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **76**, 772–778 [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(95\)80533-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(95)80533-8)
- 205 Dimitrijevic, M. R., Dimitrijevic, M. M., Faganel, J. and Sherwood, A. M. (1984) Suprasegmentally induced motor unit activity in paralyzed muscles of patients

- with established spinal cord injury. *Ann Neurol* **16**, 216–221
<https://doi.org/10.1002/ana.410160208>
- 206 Sharma, P., Naglah, A., Aslan, S., Khalifa, F., El-Baz, A., Harkema, S., et al.
 (2023) Preservation of functional descending input to paralyzed upper extremity
 muscles in motor complete cervical spinal cord injury. *Clin Neurophysiol* **150**,
 56–68 <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2023.03.003>
- 207 Quinzaños, J., Villa, A. R., Flores, A. A. and Pérez, R. (2014) Proposal and
 validation of a clinical trunk control test in individuals with spinal cord injury.
Spinal Cord **52**, 449–454 <https://doi.org/10.1038/sc.2014.34>
- 208 van Middendorp, J. J., Hosman, A. J. F., Donders, A. R. T., Pouw, M. H., Ditunno,
 J. F., Curt, A., et al. (2011) A clinical prediction rule for ambulation outcomes
 after traumatic spinal cord injury: a longitudinal cohort study. *Lancet* **377**, 1004–
 1010 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)62276-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)62276-3)
- 209 Pascual-Leone, A., Freitas, C., Oberman, L., Horvath, J. C., Halko, M., Eldaief,
 M., et al. (2011) Characterizing brain cortical plasticity and network dynamics
 across the age-span in health and disease with TMS-EEG and TMS-fMRI. *Brain*
Topogr **24**, 302–315 <https://doi.org/10.1007/s10548-011-0196-8>
- 210 Behrman, A. L., Ardolino, E. M. and Harkema, S. J. (2017) Activity-Based Therapy:
 From Basic Science to Clinical Application for Recovery After Spinal Cord Injury.
J Neurol Phys Ther **41 Suppl 3**, S39–S45
<https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000184>
- 211 Dollar, A. M. and Herr, H. (2008) Lower Extremity Exoskeletons and Active
 Orthoses: Challenges and State-of-the-Art. *IEEE Trans. Robot.* **24**, 144–158
<https://doi.org/10.1109/TRO.2008.915453>
- 212 Gilron, R., Little, S., Perrone, R., Wilt, R., de Hemptinne, C., Yaroshinsky, M. S.,
 et al. (2021) Long-term wireless streaming of neural recordings for circuit

- discovery and adaptive stimulation in individuals with Parkinson's disease. *Nat Biotechnol* **39**, 1078–1085 <https://doi.org/10.1038/s41587-021-00897-5>
- 213 Krook-Magnuson, E., Gelinas, J. N., Soltesz, I. and Buzsáki, G. (2015) Neuroelectronics and Biooptics: Closed-Loop Technologies in Neurological Disorders. *JAMA Neurol* **72**, 823 <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2015.0608>
- 214 Little, S., Pogosyan, A., Neal, S., Zavala, B., Zrinzo, L., Hariz, M., et al. (2013) Adaptive deep brain stimulation in advanced Parkinson disease. *Annals of Neurology* **74**, 449–457 <https://doi.org/10.1002/ana.23951>
- 215 Liu, Y., Li, J., Song, S., Kang, J., Tsao, Y., Chen, S., et al. (2020) Morphing electronics enable neuromodulation in growing tissue. *Nat Biotechnol* **38**, 1031–1036 <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0495-2>
- 216 Angeli, C. A., Edgerton, V. R., Gerasimenko, Y. P. and Harkema, S. J. (2014) Altering spinal cord excitability enables voluntary movements after chronic complete paralysis in humans. *Brain* **137**, 1394–1409 <https://doi.org/10.1093/brain/awu038>
- 217 Calvert, J. S., Grahn, P. J., Zhao, K. D. and Lee, K. H. (2019) Emergence of Epidural Electrical Stimulation to Facilitate Sensorimotor Network Functionality After Spinal Cord Injury. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* **22**, 244–252 <https://doi.org/10.1111/ner.12938>
- 218 Asboth, L., Friedli, L., Beauparlant, J., Martinez-Gonzalez, C., Anil, S., Rey, E., et al. (2018) Cortico–reticulo–spinal circuit reorganization enables functional recovery after severe spinal cord contusion. *Nat Neurosci* **21**, 576–588 <https://doi.org/10.1038/s41593-018-0093-5>
- 219 Van Den Brand, R., Heutschi, J., Barraud, Q., DiGiovanna, J., Bartholdi, K., Huerlimann, M., et al. (2012) Restoring Voluntary Control of Locomotion after

- Paralyzing Spinal Cord Injury. *Science* **336**, 1182–1185
<https://doi.org/10.1126/science.1217416>
- 220 Wenger, N., Moraud, E. M., Gandar, J., Musienko, P., Capogrosso, M., Baud, L., et al. (2016) Spatiotemporal neuromodulation therapies engaging muscle synergies improve motor control after spinal cord injury. *Nat Med* **22**, 138–145
<https://doi.org/10.1038/nm.4025>
- 221 Wagner, F. B., Mignardot, J.-B., Le Goff-Mignardot, C. G., Demesmaeker, R., Komi, S., Capogrosso, M., et al. (2018) Targeted neurotechnology restores walking in humans with spinal cord injury. *Nature* **563**, 65–71
<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0649-2>
- 222 Wenger, N., Moraud, E. M., Raspopovic, S., Bonizzato, M., DiGiovanna, J., Musienko, P., et al. (2014) Closed-loop neuromodulation of spinal sensorimotor circuits controls refined locomotion after complete spinal cord injury. *Sci. Transl. Med.* **6** <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3008325>
- 223 Mekhail, N., Visnjevac, O., Azer, G., Mehanny, D. S., Agrawal, P. and Foorsov, V. (2018) Spinal Cord Stimulation 50 Years Later: Clinical Outcomes of Spinal Cord Stimulation Based on Randomized Clinical Trials—A Systematic Review. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* **43**, 391–406
<https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000744>
- 224 Shealy, C. N., Mortimer, J. T. and Reswick, J. B. (1967) Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg* **46**, 489–491
- 225 Hussain, A. and Erdek, M. (2014) Interventional Pain Management for Failed Back Surgery Syndrome. *Pain Practice* **14**, 64–78
<https://doi.org/10.1111/papr.12035>

- 226 Izenberg, A., Perkins, B. and Bril, V. (2015) Diabetic Neuropathies. *Semin Neurol* **35**, 424–430 <https://doi.org/10.1055/s-0035-1558972>
- 227 Dua, A. and Lee, C. J. (2016) Epidemiology of Peripheral Arterial Disease and Critical Limb Ischemia. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology* **19**, 91–95 <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.04.001>
- 228 Allison, D. J., Ahrens, J., Mirkowski, M., Mehta, S. and Loh, E. (2024) The effect of neuropathic pain treatments on pain interference following spinal cord injury: A systematic review. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **47**, 465–476 <https://doi.org/10.1080/10790268.2023.2218186>
- 229 Sahu, S., Venkataraman, S., Chanu, A. R. and Singh, U. (2024) Transcutaneous neuromodulation versus oxybutynin for neurogenic detrusor overactivity in persons with spinal cord injury: A randomized, investigator blinded, parallel group, non-inferiority controlled trial. *The Journal of Spinal Cord Medicine* 1–8 <https://doi.org/10.1080/10790268.2024.2370099>
- 230 Shi, C., Chen, Y., Ye, L., Feng, J., Dong, G. and Lu, S. (2024) Transcutaneous spinal cord stimulation on motor function in patients with spinal cord injury: A meta-analysis. *NRE* **54**, 563–573 <https://doi.org/10.3233/NRE-240057>
- 231 Kanakis, A. K., Benetos, I. S., Evangelopoulos, D. S., Vlamis, J., Vasiliadis, E. S., Kotroni, A., et al. (2024) Electrical Stimulation and Motor Function Rehabilitation in Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Cureus* **16**, e61436 <https://doi.org/10.7759/cureus.61436>
- 232 Zhou, K., Wei, W., Yang, D., Zhang, H., Yang, W., Zhang, Y., et al. (2024) Dual electrical stimulation at spinal-muscular interface reconstructs spinal sensorimotor circuits after spinal cord injury. *Nat Commun* **15**, 619 <https://doi.org/10.1038/s41467-024-44898-9>

- 233 Harel, N. Y. and Carmel, J. B. (2016) Paired Stimulation to Promote Lasting Augmentation of Corticospinal Circuits. *Neural Plasticity* **2016**, 1–11
<https://doi.org/10.1155/2016/7043767>
- 234 Mishra, A. M., Pal, A., Gupta, D. and Carmel, J. B. (2017) Paired motor cortex and cervical epidural electrical stimulation timed to converge in the spinal cord promotes lasting increases in motor responses. *The Journal of Physiology* **595**, 6953–6968 <https://doi.org/10.1113/JP274663>
- 235 Yang, Q., Ramamurthy, A., Lall, S., Santos, J., Ratnadurai-Giridharan, S., Lopane, M., et al. (2019) Independent replication of motor cortex and cervical spinal cord electrical stimulation to promote forelimb motor function after spinal cord injury in rats. *Experimental Neurology* **320**, 112962
<https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2019.112962>
- 236 Shah, P. and Gerasimenko, Y. (2016) Multi-site spinal stimulation strategies to enhance locomotion after paralysis. *Neural Regen Res* **11**, 1926
<https://doi.org/10.4103/1673-5374.197131>
- 237 Shah, P. K., Sureddi, S., Alam, M., Zhong, H., Roy, R. R., Edgerton, V. R., et al. (2016) Unique Spatiotemporal Neuromodulation of the Lumbosacral Circuitry Shapes Locomotor Success after Spinal Cord Injury. *Journal of Neurotrauma* **33**, 1709–1723 <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4256>
- 238 McDonald, J. W. and Sadowsky, C. (2002) Spinal-cord injury. *The Lancet* **359**, 417–425 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)07603-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07603-1)
- 239 Thornton, M. A., Mehta, M. D., Morad, T. T., Ingraham, K. L., Khankan, R. R., Griffis, K. G., et al. (2018) Evidence of axon connectivity across a spinal cord transection in rats treated with epidural stimulation and motor training combined with olfactory ensheathing cell transplantation. *Experimental Neurology* **309**, 119–133 <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2018.07.015>

- 240 Ho, C. H., Triolo, R. J., Elias, A. L., Kilgore, K. L., DiMarco, A. F., Bogie, K., et al. (2014) Functional Electrical Stimulation and Spinal Cord Injury. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* **25**, 631–654
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.05.001>
- 241 Patil, S., Raza, W. A., Jamil, F., Caley, R. and O'Connor, R. J. (2015) Functional electrical stimulation for the upper limb in tetraplegic spinal cord injury: a systematic review. *Journal of Medical Engineering & Technology* **39**, 419–423
<https://doi.org/10.3109/03091902.2015.1088095>
- 242 Brucker, B. S. and Buylaeva, N. V. (1996) Biofeedback effect on electromyography responses in patients with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **77**, 133–137
[https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90157-4](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90157-4)
- 243 De Biase, M. E. M., Politti, F., Palomari, E. T., Barros-Filho, T. E. P. and De Camargo, O. P. (2011) Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord injury. *Physiotherapy* **97**, 175–179 <https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.05.005>
- 244 Govil, K. and Noohu, M. M. (2013) Effect of EMG biofeedback training of gluteus maximus muscle on gait parameters in incomplete spinal cord injury. *NRE* (Krebs, H. I., ed.) **33**, 147–152 <https://doi.org/10.3233/NRE-130939>
- 245 Stein, R. B., Brucker, B. S. and Ayyar, D. R. (1990) Motor units in incomplete spinal cord injury: electrical activity, contractile properties and the effects of biofeedback. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* **53**, 880–885
<https://doi.org/10.1136/jnnp.53.10.880>
- 246 Klose, K. J., Needham, B. M., Schmidt, D., Broton, J. G. and Green, B. A. (1993) An assessment of the contribution of electromyographic biofeedback as an adjunct therapy in the physical training of spinal cord injured persons. *Archives*

- of Physical Medicine and Rehabilitation* **74**, 453–456
[https://doi.org/10.1016/0003-9993\(93\)90103-H](https://doi.org/10.1016/0003-9993(93)90103-H)
- 247 Belci, M., Catley, M., Husain, M., Frankel, H. L. and Davey, N. J. (2004) Magnetic brain stimulation can improve clinical outcome in incomplete spinal cord injured patients. *Spinal Cord* **42**, 417–419 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101613>
- 248 Leszczyńska, K., Wincek, A., Fortuna, W., Huber, J., Łukaszek, J., Okurowski, S., et al. (2020) Treatment of patients with cervical and upper thoracic incomplete spinal cord injury using repetitive transcranial magnetic stimulation. *Int J Artif Organs* **43**, 323–331 <https://doi.org/10.1177/0391398819887754>
- 249 Murray, L. M., Edwards, D. J., Ruffini, G., Labar, D., Stampas, A., Pascual-Leone, A., et al. (2015) Intensity Dependent Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Corticospinal Excitability in Chronic Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **96**, S114–S121
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.11.004>
- 250 Bunday, K. L., Tazoe, T., Rothwell, J. C. and Perez, M. A. (2014) Subcortical Control of Precision Grip after Human Spinal Cord Injury. *J. Neurosci.* **34**, 7341–7350 <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0390-14.2014>
- 251 Wydenkeller, S., Liechti, M., Müller, R. and Curt, A. (2006) Impaired scaling of responses to vestibular stimulation in incomplete SCI. *Exp Brain Res* **175**, 191–195 <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0688-z>
- 252 Wirz, M. (2001) Long term effects of locomotor training in spinal humans. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* **71**, 93–96
<https://doi.org/10.1136/jnnp.71.1.93>
- 253 Grasso, R. (2004) Distributed plasticity of locomotor pattern generators in spinal cord injured patients. *Brain* **127**, 1019–1034
<https://doi.org/10.1093/brain/awh115>

- 254 Beres-Jones, J. A. (2004) The human spinal cord interprets velocity-dependent afferent input during stepping. *Brain* **127**, 2232–2246
<https://doi.org/10.1093/brain/awh252>
- 255 Yang, J. F., Norton, J., Nevett-Duchcherer, J., Roy, F. D., Gross, D. P. and Gorassini, M. A. (2011) Volitional Muscle Strength in the Legs Predicts Changes in Walking Speed Following Locomotor Training in People With Chronic Spinal Cord Injury. *Physical Therapy* **91**, 931–943 <https://doi.org/10.2522/ptj.20100163>
- 256 Meyns, P., Van De Crommert, H. W. A. A., Rijken, H., Van Kuppevelt, D. H. J. M. and Duysens, J. (2014) Locomotor training with body weight support in SCI: EMG improvement is more optimally expressed at a low testing speed. *Spinal Cord* **52**, 887–893 <https://doi.org/10.1038/sc.2014.172>
- 257 Nymark, J., DeForge, D., Barbeau, H., Badour, M., Bercovitch, S., Tomas, J., et al. (1998) Body Weight Support Treadmill Gait Training in the Subacute Recovery Phase of Incomplete Spinal Cord Injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair* **12**, 119–136 <https://doi.org/10.1177/154596839801200307>
- 258 Borin, J. S., Capelari, T. V., Goldhardt, M. G., Issa, M. C., Santos, D. A. P. B. D. and Cechetti, F. (2018) Advantage in muscle activation in gait with support of body weight in spinal cord injury. *Fisioter. mov.* **31** <https://doi.org/10.1590/1980-5918.031.ao29>
- 259 Yen, S.-C., Landry, J. M. and Wu, M. (2013) Size of kinematic error affects retention of locomotor adaptation in human spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev* **50**, 1187–1200 <https://doi.org/10.1682/JRRD.2012.09.0175>
- 260 Dietz, V., Colombo, G. and Jensen, L. (1994) Locomotor activity in spinal man. *The Lancet* **344**, 1260–1263 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(94\)90751-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(94)90751-X)

- 261 Dietz, V., Colombo, G., Jensen, L. and Baumgartner, L. (1995) Locomotor capacity of spinal cord in paraplegic patients. *Annals of Neurology* **37**, 574–582
<https://doi.org/10.1002/ana.410370506>
- 262 Knikou, M. and Mummidisetty, C. K. (2014) Locomotor training improves premotoneuronal control after chronic spinal cord injury. *Journal of Neurophysiology* **111**, 2264–2275 <https://doi.org/10.1152/jn.00871.2013>
- 263 Manella, K. J. and Field-Fote, E. C. (2013) Modulatory effects of locomotor training on extensor spasticity in individuals with motor-incomplete spinal cord injury. *Restorative Neurology and Neuroscience* **31**, 633–646
<https://doi.org/10.3233/RNN-120255>
- 264 Ardestani, M. M., Henderson, C. E., Salehi, S. H., Mahtani, G. B., Schmit, B. D. and Hornby, T. G. (2019) Kinematic and Neuromuscular Adaptations in Incomplete Spinal Cord Injury after High- versus Low-Intensity Locomotor Training. *Journal of Neurotrauma* **36**, 2036–2044
<https://doi.org/10.1089/neu.2018.5900>
- 265 Leech, K. A., Kinnaird, C. R., Holleran, C. L., Kahn, J. and Hornby, T. G. (2016) Effects of Locomotor Exercise Intensity on Gait Performance in Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury. *Physical Therapy* **96**, 1919–1929
<https://doi.org/10.2522/ptj.20150646>
- 266 Khan, A. S., Patrick, S. K., Roy, F. D., Gorassini, M. A. and Yang, J. F. (2016) Training-Specific Neural Plasticity in Spinal Reflexes after Incomplete Spinal Cord Injury. *Neural Plasticity* **2016**, 1–13 <https://doi.org/10.1155/2016/6718763>
- 267 Thompson, A. K., Pomerantz, F. R. and Wolpaw, J. R. (2013) Operant Conditioning of a Spinal Reflex Can Improve Locomotion after Spinal Cord Injury in Humans. *J. Neurosci.* **33**, 2365–2375
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3968-12.2013>

- 268 Murray, D., Keyser, R. E., Chin, L. M. K., Bulea, T. C., Wutzke, C. J. and Guccione, A. A. (2022) EMG median frequency shifts without change in muscle oxygenation following novel locomotor training in individuals with incomplete spinal cord injury. *Disability and Rehabilitation* **44**, 52–58
<https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1755729>
- 269 Lee, S. S. M., Lam, T., Pahl, K. and Wakeling, J. M. (2020) Quantifying muscle coactivation in individuals with incomplete spinal cord injury using wavelets. *Clinical Biomechanics* **73**, 101–107
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.01.001>
- 270 Erni, T. and Colombo, G. (1998) Locomotor training in paraplegic patients: a new approach to assess changes in leg muscle EMG patterns. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Electromyography and Motor Control* **109**, 135–139 [https://doi.org/10.1016/S0924-980X\(98\)00005-8](https://doi.org/10.1016/S0924-980X(98)00005-8)
- 271 Balbinot, G., Li, G., Wiest, M. J., Pakosh, M., Furlan, J. C., Kalsi-Ryan, S., et al. (2021) Properties of the surface electromyogram following traumatic spinal cord injury: a scoping review. *J NeuroEngineering Rehabil* **18**, 105
<https://doi.org/10.1186/s12984-021-00888-2>
- 272 Alamro, R. A., Chisholm, A. E., Williams, A. M. M., Carpenter, M. G. and Lam, T. (2018) Overground walking with a robotic exoskeleton elicits trunk muscle activity in people with high-thoracic motor-complete spinal cord injury. *J NeuroEngineering Rehabil* **15**, 109 <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0453-0>
- 273 Israel, J. F., Campbell, D. D., Kahn, J. H. and Hornby, T. G. (2006) Metabolic Costs and Muscle Activity Patterns During Robotic- and Therapist-Assisted Treadmill Walking in Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury. *Physical Therapy* **86**, 1466–1478 <https://doi.org/10.2522/ptj.20050266>

- 274 Ramanujam, A., Cirnigliaro, C. M., Garbarini, E., Asselin, P., Pilkar, R. and Forrest, G. F. (2018) Neuromechanical adaptations during a robotic powered exoskeleton assisted walking session. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **41**, 518–528 <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1314900>
- 275 Shimizu, Y., Kadone, H., Kubota, S., Suzuki, K., Abe, T., Ueno, T., et al. (2017) Voluntary Ambulation by Upper Limb-Triggered HAL® in Patients with Complete Quadri/Paraplegia Due to Chronic Spinal Cord Injury. *Front. Neurosci.* **11**, 649 <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00649>
- 276 Duschau-Wicke, A., Caprez, A. and Riener, R. (2010) Patient-cooperative control increases active participation of individuals with SCI during robot-aided gait training. *J NeuroEngineering Rehabil* **7**, 43 <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-43>
- 277 Hornby, T. G., Kinnaird, C. R., Holleran, C. L., Rafferty, M. R., Rodriguez, K. S. and Cain, J. B. (2012) Kinematic, Muscular, and Metabolic Responses During Exoskeletal-, Elliptical-, or Therapist-Assisted Stepping in People With Incomplete Spinal Cord Injury. *Physical Therapy* **92**, 1278–1291 <https://doi.org/10.2522/ptj.20110310>
- 278 Sylos-Labini, F., La Scaleia, V., d’Avella, A., Pisotta, I., Tamburella, F., Scivoletto, G., et al. (2014) EMG patterns during assisted walking in the exoskeleton. *Front. Hum. Neurosci.* **8** <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00423>
- 279 Janssen-Potten, Y. J. M., Seelen, H. A. M., Bongers-Janssen, H. M. H. and Van Der Woude, L. H. V. (2008) Assessment of upper extremity muscle function in persons with tetraplegia. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **18**, 516–526 <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.09.013>

- 280 Zoghi, M. and Galea, M. (2018) Brain Motor Control Assessment Post Early Intensive Hand Rehabilitation After Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* **24**, 157–166 <https://doi.org/10.1310/sci17-00008>
- 281 Trumbower, R. D., Hayes, H. B., Mitchell, G. S., Wolf, S. L. and Stahl, V. A. (2017) Effects of acute intermittent hypoxia on hand use after spinal cord trauma: A preliminary study. *Neurology* **89**, 1904–1907 <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004596>
- 282 Segal, R. L. and Wolf, S. L. (1994) Operant Conditioning of Spinal Stretch Reflexes in Patients with Spinal Cord Injuries. *Experimental Neurology* **130**, 202–213 <https://doi.org/10.1006/exnr.1994.1199>
- 283 Jaramillo, J. P., Johanson, M. E. and Kiratli, B. J. (2019) Upper limb muscle activation during sports video gaming of persons with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **42**, 77–85 <https://doi.org/10.1080/10790268.2018.1452391>
- 284 Olenik, L. M., Laskin, J. J., Burnham, R., Wheeler, G. D. and Steadward, R. D. (1995) Efficacy of rowing, backward wheeling and isolated scapular retractor exercise as remedial strength activities for wheelchair users: application of electromyography. *Spinal Cord* **33**, 148–152 <https://doi.org/10.1038/sc.1995.32>
- 285 Spaulding, S. J. and Robinson, K. L. (1984) Electromyographic Study of the Upper Extremity During Bilateral Sanding: Unresisted and Resisted Conditions. *The American Journal of Occupational Therapy* **38**, 258–262 <https://doi.org/10.5014/ajot.38.4.258>
- 286 Williams, A. M. M., Chisholm, A. E., Lynn, A., Malik, R. N., Eginyan, G. and Lam, T. (2020) Arm crank ergometer “spin” training improves seated balance and aerobic capacity in people with spinal cord injury. *Scandinavian Med Sci Sports* **30**, 361–369 <https://doi.org/10.1111/sms.13580>

- 287 Kloosterman, M. G. . M., Snoek, G. J., Kouwenhoven, M., Nene, A. V. and Jannink, M. J. A. (2010) Influence of gravity compensation on kinematics and muscle activation patterns during reach and retrieval in subjects with cervical spinal cord injury: An explorative study. *JRRD* **47**, 617
<https://doi.org/10.1682/JRRD.2010.02.0014>
- 288 McDonald, C. G., Sullivan, J. L., Dennis, T. A. and O'Malley, M. K. (2020) A Myoelectric Control Interface for Upper-Limb Robotic Rehabilitation Following Spinal Cord Injury. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* **28**, 978–987
<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.2979743>
- 289 Sherrington, S. Charles. (1920) *The Integrative Action of the Nervous System* 6th., NEW HAVEN: YALE UNIVERSITY PRESS
- 290 Grillner, S. (1975) Locomotion in vertebrates: central mechanisms and reflex interaction. *Physiological Reviews* **55**, 247–304
<https://doi.org/10.1152/physrev.1975.55.2.247>
- 291 Forssberg, H. and Grillner, S. (1973) The locomotion of the acute spinal cat injected with clonidine i.v. *Brain Research* **50**, 184–186
[https://doi.org/10.1016/0006-8993\(73\)90606-9](https://doi.org/10.1016/0006-8993(73)90606-9)
- 292 Forssberg, H., Grillner, S., Halbertsma, J. and Rossignol, S. (1980) The locomotion of the low spinal cat. II. Interlimb coordination. *Acta Physiologica Scandinavica* **108**, 283–295 <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1980.tb06534.x>
- 293 Barbeau, H., Julien, C. and Rossignol, S. (1987) The effects of clonidine and yohimbine on locomotion and cutaneous reflexes in the adult chronic spinal cat. *Brain Research* **437**, 83–96 [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(87\)91529-0](https://doi.org/10.1016/0006-8993(87)91529-0)
- 294 Barbeau, H. and Rossignol, S. (1987) Recovery of locomotion after chronic spinalization in the adult cat. *Brain Research* **412**, 84–95
[https://doi.org/10.1016/0006-8993\(87\)91442-9](https://doi.org/10.1016/0006-8993(87)91442-9)

- 295 Lovely, R. G., Gregor, R. J., Roy, R. R. and Edgerton, V. R. (1986) Effects of training on the recovery of full-weight-bearing stepping in the adult spinal cat. *Experimental Neurology* **92**, 421–435 [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(86\)90094-4](https://doi.org/10.1016/0014-4886(86)90094-4)
- 296 Robinson, G. A. and Goldberger, M. E. (1986) The development and recovery of motor function in spinal cats: I. The infant lesion effect. *Exp Brain Res* **62**, 373–386 <https://doi.org/10.1007/BF00238857>
- 297 Robinson, G. A. and Goldberger, M. E. (1986) The development and recovery of motor function in spinal cats: II. Pharmacological enhancement of recovery. *Exp Brain Res* **62**, 387–400 <https://doi.org/10.1007/BF00238858>
- 298 Grillner, S. and Rossignol, S. (1978) On the initiation of the swing phase of locomotion in chronic spinal cats. *Brain Research* **146**, 269–277 [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(78\)90973-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(78)90973-3)
- 299 Wernig, A., Müller, S., Nanassy, A. and Cagol, E. (1995) Laufband Therapy Based on ‘Rules of Spinal Locomotion’ is Effective in Spinal Cord Injured Persons. *Eur J of Neuroscience* **7**, 823–829 <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.1995.tb00686.x>
- 300 De Leon, R. D., Hodgson, J. A., Roy, R. R. and Edgerton, V. R. (1998) Locomotor Capacity Attributable to Step Training Versus Spontaneous Recovery After Spinalization in Adult Cats. *Journal of Neurophysiology* **79**, 1329–1340 <https://doi.org/10.1152/jn.1998.79.3.1329>
- 301 Barbeau, H., Wainberg, M. and Finch, L. (1987) Description and application of a system for locomotor rehabilitation. *Med. Biol. Eng. Comput.* **25**, 341–344 <https://doi.org/10.1007/BF02447435>

- 302 Dobkin, B. H., Harkema, S., Requejo, P. and Edgerton, V. R. (1995) Modulation of locomotor-like EMG activity in subjects with complete and incomplete spinal cord injury. *J Neurol Rehabil* **9**, 183–190
- 303 Wernig, A. and Müller, S. (1992) Laufband locomotion with body weight support improved walking in persons with severe spinal cord injuries. *Spinal Cord* **30**, 229–238 <https://doi.org/10.1038/sc.1992.61>
- 304 Behrman, A. L. and Harkema, S. J. (2000) Locomotor training after human spinal cord injury: a series of case studies. *Phys Ther* **80**, 688–700
- 305 Barbeau, H., Fung, J., Leroux, A. and Ladouceur, M. (2002) Chapter 2 A review of the adaptability and recovery of locomotion after spinal cord injury. In *Progress in Brain Research*, pp 9–25, Elsevier [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(02\)37004-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(02)37004-3)
- 306 Barbeau, H., Nadeau, S. and Garneau, C. (2006) Physical Determinants, Emerging Concepts, and Training Approaches in Gait of Individuals with Spinal Cord Injury. *Journal of Neurotrauma* **23**, 571–585 <https://doi.org/10.1089/neu.2006.23.571>
- 307 Dobkin, B. H., Apple, D., Barbeau, H., Basso, M., Behrman, A., Deforge, D., et al. (2003) Methods for a Randomized Trial of Weight-Supported Treadmill Training Versus Conventional Training for Walking During Inpatient Rehabilitation after Incomplete Traumatic Spinal Cord Injury. *Neurorehabil Neural Repair* **17**, 153–167 <https://doi.org/10.1177/0888439003255508>
- 308 Colombo, G., Joerg, M., Schreier, R. and Dietz, V. (2000) Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *J Rehabil Res Dev* **37**, 693–700
- 309 Hesse, S., Werner, C. and Bardeleben, A. (2004) Electromechanical gait training with functional electrical stimulation: case studies in spinal cord injury. *Spinal Cord* **42**, 346–352 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101595>

- 310 Hornby, T. G., Zemon, D. H. and Campbell, D. (2005) Robotic-assisted, body-weight-supported treadmill training in individuals following motor incomplete spinal cord injury. *Phys Ther* **85**, 52–66
- 311 Visintin, M. and Barbeau, H. (1989) The Effects of Body Weight Support on the Locomotor Pattern of Spastic Paretic Patients. *Can. j. neurol. sci.* **16**, 315–325
<https://doi.org/10.1017/S0317167100029152>
- 312 Gardner, M. B., Holden, M. K., Leikaukas, J. M. and Richard, R. L. (1998) Partial Body Weight Support With Treadmill Locomotion to Improve Gait After Incomplete Spinal Cord Injury: A Single-Subject Experimental Design. *Physical Therapy* **78**, 361–374 <https://doi.org/10.1093/ptj/78.4.361>
- 313 Protas, E. J., Holmes, S. A., Qureshy, H., Johnson, A., Lee, D. and Sherwood, A. M. (2001) Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **82**, 825–831
<https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23198>
- 314 Wernig, A., Nanassy, A. and Müller, S. (1998) Maintenance of locomotor abilities following Laufband (treadmill) therapy in para- and tetraplegic persons: follow-up studies. *Spinal Cord* **36**, 744–749 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100670>
- 315 Wernig, A., Nanassy, A. and Müller, S. (1999) Laufband (Treadmill) Therapy in Incomplete Paraplegia and Tetraplegia. *Journal of Neurotrauma* **16**, 719–726
<https://doi.org/10.1089/neu.1999.16.719>
- 316 Tan, K., Koyama, S., Sakurai, H., Teranishi, T., Kanada, Y. and Tanabe, S. (2021) Wearable robotic exoskeleton for gait reconstruction in patients with spinal cord injury: A literature review. *Journal of Orthopaedic Translation* **28**, 55–64
<https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.01.001>
- 317 Fisahn, C., Aach, M., Jansen, O., Moisi, M., Mayadev, A., Pagarigan, K. T., et al. (2016) The Effectiveness and Safety of Exoskeletons as Assistive and

- Rehabilitation Devices in the Treatment of Neurologic Gait Disorders in Patients with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Global Spine Journal* **6**, 822–841
<https://doi.org/10.1055/s-0036-1593805>
- 318 Mehrholz, J., Harvey, L. A., Thomas, S. and Elsner, B. (2017) Is body-weight-supported treadmill training or robotic-assisted gait training superior to overground gait training and other forms of physiotherapy in people with spinal cord injury? A systematic review. *Spinal Cord* **55**, 722–729
<https://doi.org/10.1038/sc.2017.31>
- 319 Zhang, L., Lin, F., Sun, L. and Chen, C. (2022) Comparison of Efficacy of Lokomat and Wearable Exoskeleton-Assisted Gait Training in People With Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Front. Neurol.* **13**, 772660 <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.772660>
- 320 Malouin, F. (1995) Observational gait analysis. In *Gait Analysis: Theory and Applications* (Craik, RL and Oatis, CA, eds.), pp 112–124, Mosby, St Louis, Mo
- 321 Daniels, L. and Worthingham, C. (1986) *Muscle testing : techniques of manual examination* 5th ed., Saunders, Philadelphia
- 322 Bohannon, R. W. and Smith, M. B. (1987) Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. *Physical Therapy* **67**, 206–207
<https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.206>
- 323 Postans, N. J., Hasler, J. P., Granat, M. H. and Maxwell, D. J. (2004) Functional electric stimulation to augment partial weight-bearing supported treadmill training for patients with acute incomplete spinal cord injury: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **85**, 604–610
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.08.083>
- 324 Hall, K. M., Cohen, M. E., Wright, J., Call, M. and Werner, P. (1999) Characteristics of the Functional Independence Measure in traumatic spinal

- cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* **80**, 1471–1476
[https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(99\)90260-5](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90260-5)
- 325 Eng, J. J., Chu, K. S., Dawson, A. S., Kim, C. M. and Hepburn, K. E. (2002) Functional Walk Tests in Individuals With Stroke: Relation to Perceived Exertion and Myocardial Exertion. *Stroke* **33**, 756–761
<https://doi.org/10.1161/hs0302.104195>
- 326 Dittuno, P. and Dittuno Jr, J. (2001) Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. *Spinal Cord* **39**, 654–656 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101223>
- 327 Marino, R. J. and Graves, D. E. (2004) Metric properties of the ASIA motor score: Subscales improve correlation with functional activities¹¹No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **85**, 1804–1810 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.04.026>
- 328 Vickrey, B. G., Hays, R. D., Harooni, R., Myers, L. W. and Ellison, G. W. (1995) A health-related quality of life measure for multiple sclerosis. *Qual Life Res* **4**, 187–206 <https://doi.org/10.1007/BF02260859>
- 329 Dobkin, B., Apple, D., Barbeau, H., Basso, M., Behrman, A., Deforge, D., et al. (2006) Weight-supported treadmill vs over-ground training for walking after acute incomplete SCI. *Neurology* **66**, 484–493
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000202600.72018.39>
- 330 Dobkin, B., Barbeau, H., Deforge, D., Dittuno, J., Elashoff, R., Apple, D., et al. (2007) The Evolution of Walking-Related Outcomes Over the First 12 Weeks of Rehabilitation for Incomplete Traumatic Spinal Cord Injury: The Multicenter Randomized Spinal Cord Injury Locomotor Trial. *Neurorehabil Neural Repair* **21**, 25–35 <https://doi.org/10.1177/1545968306295556>

- 331 Carvalho, D. C. L., Garlipp, C. R., Bottini, P. V., Afaz, S. H., Moda, M. A. and Cliquet Jr., A. (2006) Effect of treadmill gait on bone markers and bone mineral density of quadriplegic subjects. *Braz J Med Biol Res* **39**, 1357–1363
<https://doi.org/10.1590/S0100-879X2006001000012>
- 332 De Abreu, D. C. C., Cliquet, A., Rondina, J. M. and Cendes, F. (2009) Electrical Stimulation During Gait Promotes Increase of Muscle Cross-sectional Area in Quadriplegics: A Preliminary Study. *Clinical Orthopaedics & Related Research* **467**, 553–557 <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0496-9>
- 333 Galea, M. P., Levinger, P., Lythgo, N., Cimoli, C., Weller, R., Tully, E., et al. (2008) A Targeted Home- and Center-Based Exercise Program for People After Total Hip Replacement: A Randomized Clinical Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **89**, 1442–1447 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.058>
- 334 Tepavac, D. and Field-Fote, E. C. (2001) Vector Coding: A Technique for Quantification of Intersegmental Coupling in Multicyclic Behaviors. *Journal of Applied Biomechanics* **17**, 259–270 <https://doi.org/10.1123/jab.17.3.259>
- 335 Field-Fote, E. C. and Tepavac, D. (2002) Improved intralimb coordination in people with incomplete spinal cord injury following training with body weight support and electrical stimulation. *Phys Ther* **82**, 707–715
- 336 Nooijen, C. F., Ter Hoeve, N. and Field-Fote, E. C. (2009) Gait quality is improved by locomotor training in individuals with SCI regardless of training approach. *J NeuroEngineering Rehabil* **6**, 36 <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-36>
- 337 Rupp, R., Biering-Sørensen, F., Burns, S. P., Graves, D. E., Guest, J., Jones, L., et al. (2021) International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* **27**, 1–22
<https://doi.org/10.46292/sci2702-1>

- 338 Field-Fote, E. C. and Roach, K. E. (2011) Influence of a Locomotor Training Approach on Walking Speed and Distance in People With Chronic Spinal Cord Injury: A Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy* **91**, 48–60
<https://doi.org/10.2522/ptj.20090359>
- 339 Tinetti, M. E. (1986) Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. *J American Geriatrics Society* **34**, 119–126
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1986.tb05480.x>
- 340 Waring, W. P., Biering-Sorensen, F., Burns, S., Donovan, W., Graves, D., Jha, A., et al. (2010) 2009 Review and Revisions of the International Standards for the Neurological Classification of Spinal Cord Injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **33**, 346–352 <https://doi.org/10.1080/10790268.2010.11689712>
- 341 Katz, P. P. and Alfieri, W. S. (1997) Satisfaction with abilities and well-being: Development and validation of a questionnaire for use among persons with rheumatoid arthritis. *Arthritis & Rheumatism* **10**, 89–98
<https://doi.org/10.1002/art.1790100204>
- 342 Ware, J. E. and Sherbourne, C. D. (1992) The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care* **30**, 473–483
- 343 Lucareli, P. R., Lima, M. O., Lima, F. P. S., De Almeida, J. G., Brech, G. C. and D’Andréa Greve, J. M. (2011) Gait analysis following treadmill training with body weight support versus conventional physical therapy: a prospective randomized controlled single blind study. *Spinal Cord* **49**, 1001–1007
<https://doi.org/10.1038/sc.2011.37>
- 344 Giangregorio, L., Craven, C., Richards, K., Kapadia, N., Hitzig, S. L., Masani, K., et al. (2012) A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in

- incomplete spinal cord injury: effects on body composition. *J Spinal Cord Med* **35**, 351–360 <https://doi.org/10.1179/2045772312Y.0000000041>
- 345 Catz, A., Itzkovich, M., Agranov, E., Ring, H. and Tamir, A. (1997) SCIM – spinal cord independence measure: a new disability scale for patients with spinal cord lesions. *Spinal Cord* **35**, 850–856 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100504>
- 346 Catz, A., Itzkovich, M., Tesio, L., Biering-Sorensen, F., Weeks, C., Laramée, M. T., et al. (2007) A multicenter international study on the Spinal Cord Independence Measure, version III: Rasch psychometric validation. *Spinal Cord* **45**, 275–291 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101960>
- 347 Itzkovich, M., Gelernter, I., Biering-Sorensen, F., Weeks, C., Laramée, M. T., Craven, B. C., et al. (2007) The Spinal Cord Independence Measure (SCIM) version III: Reliability and validity in a multi-center international study. *Disability and Rehabilitation* **29**, 1926–1933 <https://doi.org/10.1080/09638280601046302>
- 348 Diener, E., Emmons, R. A., Larsen, R. J. and Griffin, S. (1985) The Satisfaction With Life Scale. *Journal of Personality Assessment* **49**, 71–75 https://doi.org/10.1207/s15327752jpa4901_13
- 349 Dijkers, M. P. J. M. (1999) Correlates of life satisfaction among persons with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **80**, 867–876 [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90076-X](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90076-X)
- 350 Lawton, M. P. and Brody, E. M. (1969) Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* **9**, 179–186
- 351 Hall, K., Dijkers, M., Whiteneck, G., Brooks, C. A. and Krause, J. S. (1998) The Craig Handicap Assessment and Reporting Technique (CHART): Metric Properties and Scoring. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* **4**, 16–30 <https://doi.org/10.1310/V5RU-FRFE-50E6-E2NA>

- 352 Whiteneck, G. G., Charlifue, S. W., Gerhart, K. A., Overholser, J. D. and Richardson, G. N. (1992) Quantifying handicap: a new measure of long-term rehabilitation outcomes. *Arch Phys Med Rehabil* **73**, 519–526
- 353 Hitzig, S. L., Romero Escobar, E. M., Noreau, L. and Craven, B. C. (2012) Validation of the Reintegration to Normal Living Index for Community-Dwelling Persons With Chronic Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **93**, 108–114 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.07.200>
- 354 Wood-Dauphinee, S. L., Opzoomer, M. A., Williams, J. I., Marchand, B. and Spitzer, W. O. (1988) Assessment of global function: The Reintegration to Normal Living Index. *Arch Phys Med Rehabil* **69**, 583–590
- 355 Hitzig, S., Craven, B., Panjwani, A., Kapadia, N., Giangregorio, L., Richards, K., et al. (2013) Randomized Trial of Functional Electrical Stimulation Therapy for Walking in Incomplete Spinal Cord Injury: Effects on Quality of Life and Community Participation. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* **19**, 245–258 <https://doi.org/10.1310/sci1904-245>
- 356 Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Fallen, E. L., Pugsley, S. O., Taylor, D. W., et al. (1985) The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J* **132**, 919–923
- 357 Van Hedel, H. J., Wirz, M. and Dietz, V. (2005) Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: Validity and reliability of 3 walking tests. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **86**, 190–196 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.02.010>
- 358 Leahy, T. E. (2010) Impact of a limited trial of walking training using body weight support and a treadmill on the gait characteristics of an individual with chronic, incomplete spinal cord injury. *Physiotherapy Theory and Practice* **26**, 483–489 <https://doi.org/10.3109/09593980903580225>

- 359 Shumway-Cook, A., Brauer, S. and Woollacott, M. (2000) Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* **80**, 896–903
- 360 Itzkovich, M., Tamir, A., Philo, O., Steinberg, F., Ronen, J., Spasser, R., et al. (2003) Reliability of the Catz-Itzkovich Spinal Cord Independence Measure Assessment by Interview and Comparison with Observation: *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* **82**, 267–272
<https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000057226.22271.44>
- 361 Sköld, C., Harms-Ringdahl, K., Hultling, C., Levi, R. and Seiger, Å. (1998) Simultaneous ashworth measurements and electromyographic recordings in tetraplegic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **79**, 959–965 [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(98\)90095-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(98)90095-8)
- 362 Jamshidi, M. and Smith, A. W. (1996) Clinical measurement of spasticity using the pendulum test: Comparison of electrogoniometric and videotape analyses. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **77**, 1129–1132
[https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90134-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90134-3)
- 363 Kapadia, N., Masani, K., Catharine Craven, B., Giangregorio, L. M., Hitzig, S. L., Richards, K., et al. (2014) A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: Effects on walking competency. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **37**, 511–524
<https://doi.org/10.1179/2045772314Y.00000000263>
- 364 Musselman, K., Brunton, K., Lam, T. and Yang, J. (2011) Spinal Cord Injury Functional Ambulation Profile: A New Measure of Walking Ability. *Neurorehabil Neural Repair* **25**, 285–293 <https://doi.org/10.1177/1545968310381250>
- 365 Ditunno, J. F., Barbeau, H., Dobkin, B. H., Elashoff, R., Harkema, S., Marino, R. J., et al. (2007) Validity of the Walking Scale for Spinal Cord Injury and Other

- Domains of Function in a Multicenter Clinical Trial. *Neurorehabil Neural Repair* **21**, 539–550 <https://doi.org/10.1177/1545968307301880>
- 366 Powell, L. E. and Myers, A. M. (1995) The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **50A**, M28–M34 <https://doi.org/10.1093/gerona/50A.1.M28>
- 367 Weissman, M. M., Sholomskas, D., Pottenger, M., Prusoff, B. A. and Locke, B. Z. (1977) ASSESSING DEPRESSIVE SYMPTOMS IN FIVE PSYCHIATRIC POPULATIONS: A VALIDATION STUDY. *American Journal of Epidemiology* **106**, 203–214 <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a112455>
- 368 Yang, J. F., Musselman, K. E., Livingstone, D., Brunton, K., Hendricks, G., Hill, D., et al. (2014) Repetitive Mass Practice or Focused Precise Practice for Retraining Walking After Incomplete Spinal Cord Injury? A Pilot Randomized Clinical Trial. *Neurorehabil Neural Repair* **28**, 314–324 <https://doi.org/10.1177/1545968313508473>
- 369 Scivoletto, G., Tamburella, F., Laurenza, L., Foti, C., Ditunno, J. F. and Molinari, M. (2011) Validity and reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients. *Spinal Cord* **49**, 736–740 <https://doi.org/10.1038/sc.2010.180>
- 370 Winchester, P., Smith, P., Foreman, N., Mosby, J. M., Pacheco, F., Querry, R., et al. (2009) A Prediction Model for Determining Over Ground Walking Speed After Locomotor Training in Persons With Motor Incomplete Spinal Cord Injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **32**, 63–71 <https://doi.org/10.1080/10790268.2009.11760754>
- 371 Sadeghi, H., Banitalebi, E. and Raeisi Dehkordi, M. (2015) The Effect of Body-Weight-Supported Training Exercises on Functional Ambulation Profile in Patients with Paraplegic Spinal Cord Injury. *PTJ* **4**, 205–212

- 372 Ditunno, J., Ditunno, P., Graziani, V., Scivoletto, G., Bernardi, M., Castellano, V., et al. (2000) Walking index for spinal cord injury (WISCI): an international multicenter validity and reliability study. *Spinal Cord* **38**, 234–243
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100993>
- 373 Maynard, F. M., Bracken, M. B., Creasey, G., Jr, J. F. D., Donovan, W. H., Ducker, T. B., et al. (1997) International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. *Spinal Cord* **35**, 266–274
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100432>
- 374 Senthilvelkumar, T., Magimairaj, H., Fletcher, J., Tharion, G. and George, J. (2015) Comparison of body weight-supported treadmill training versus body weight-supported overground training in people with incomplete tetraplegia: a pilot randomized trial. *Clin Rehabil* **29**, 42–49
<https://doi.org/10.1177/0269215514538068>
- 375 Sandler, E. B., Roach, K. E. and Field-Fote, E. C. (2017) Dose-Response Outcomes Associated with Different Forms of Locomotor Training in Persons with Chronic Motor-Incomplete Spinal Cord Injury. *Journal of Neurotrauma* **34**, 1903–1908 <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4555>
- 376 Pérez-Sanpablo, A. I., Quinzaños-Fresnedo, J., Loera-Cruz, R., Quiñones-Uriostegui, I., Rodríguez-Reyes, G. and Pérez-Zavala, R. (2017) Erratum: Validation of the instrumented evaluation of spatio-temporal gait parameters in patients with motor incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord* **55**, 712–712
<https://doi.org/10.1038/sc.2017.51>
- 377 Jackson, A., Cernel, C., Ditunno, J., Read, M. S., Boninger, M., Schmeler, M., et al. (2008) Outcome Measures for Gait and Ambulation in the Spinal Cord Injury Population. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **31**, 487–499
<https://doi.org/10.1080/10790268.2008.11753644>

- 378 Haas, B. M., Bergström, E., Jamous, A. and Bennie, A. (1996) The inter rater reliability of the original and of the modified Ashworth scale for the assessment of spasticity in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord* **34**, 560–564 <https://doi.org/10.1038/sc.1996.100>
- 379 Berg, K. O., Maki, B. E., Williams, J. I., Holliday, P. J. and Wood-Dauphinee, S. L. (1992) Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil* **73**, 1073–1080
- 380 Wirz, M., Müller, R. and Bastiaenen, C. (2010) Falls in persons with spinal cord injury: validity and reliability of the Berg Balance Scale. *Neurorehabil Neural Repair* **24**, 70–77 <https://doi.org/10.1177/1545968309341059>
- 381 McHorney, C. A., Ware, J. E., Lu, J. F. and Sherbourne, C. D. (1994) The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups. *Med Care* **32**, 40–66 <https://doi.org/10.1097/00005650-199401000-00004>
- 382 Wu, M., Kim, J. and Wei, F. (2018) Facilitating Weight Shifting During Treadmill Training Improves Walking Function in Humans With Spinal Cord Injury: A Randomized Controlled Pilot Study. *Am J Phys Med Rehabil* **97**, 585–592 <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000927>
- 383 Berg, K. O., Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I. and Maki, B. (1992) Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* **83 Suppl 2**, S7-11
- 384 Lynch, S. M., Leahy, P. and Barker, S. P. (1998) Reliability of Measurements Obtained With a Modified Functional Reach Test in Subjects With Spinal Cord Injury. *Physical Therapy* **78**, 128–133 <https://doi.org/10.1093/ptj/78.2.128>
- 385 Piira, A., Lannem, A., Sørensen, M., Glott, T., Knutsen, R., Jørgensen, L., et al. (2019) Manually assisted body-weight supported locomotor training does not re-

- establish walking in non-walking subjects with chronic incomplete spinal cord injury: A randomized clinical trial. *J Rehabil Med* **51**, 113–119
<https://doi.org/10.2340/16501977-2508>
- 386 Currie, K. D., Hubli, M. and Krassioukov, A. V. (2014) Applanation tonometry: a reliable technique to assess aortic pulse wave velocity in spinal cord injury. *Spinal Cord* **52**, 272–275 <https://doi.org/10.1038/sc.2013.176>
- 387 Van Bortel, L. M., Laurent, S., Boutouyrie, P., Chowienczyk, P., Cruickshank, J. K., De Backer, T., et al. (2012) Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *Journal of Hypertension* **30**, 445–448
<https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32834fa8b0>
- 388 Au, J. S., Sithamparapillai, A., Currie, K. D., Krassioukov, A. V., MacDonald, M. J. and Hicks, A. L. (2018) Assessing Ventilatory Threshold in Individuals With Motor-Complete Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **99**, 1991–1997 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.05.015>
- 389 Alrashidi, A. A., Nightingale, T. E., Currie, K. D., Hubli, M., MacDonald, M. J., Hicks, A. L., et al. (2021) Exercise Improves Cardiorespiratory Fitness, but Not Arterial Health, after Spinal Cord Injury: The CHOICES Trial. *Journal of Neurotrauma* **38**, 3020–3029 <https://doi.org/10.1089/neu.2021.0071>
- 390 Post, M. W., Van Leeuwen, C. M., Van Koppenhagen, C. F. and De Groot, S. (2012) Validity of the Life Satisfaction Questions, the Life Satisfaction Questionnaire, and the Satisfaction With Life Scale in Persons With Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **93**, 1832–1837
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.03.025>
- 391 Martin Ginis, K. A., Phang, S. H., Latimer, A. E. and Arbour-Nicitopoulos, K. P. (2012) Reliability and Validity Tests of the Leisure Time Physical Activity

- Questionnaire for People With Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **93**, 677–682 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.005>
- 392 Martin Ginis, K. A., Úbeda-Colomer, J., Alrashidi, A. A., Nightingale, T. E., Au, J. S., Currie, K. D., et al. (2021) Construct validation of the leisure time physical activity questionnaire for people with SCI (LTPAQ-SCI). *Spinal Cord* **59**, 311–318 <https://doi.org/10.1038/s41393-020-00562-9>
- 393 Hicks, A. L., Martin, K. A., Ditor, D. S., Latimer, A. E., Craven, C., Bugaresti, J., et al. (2003) Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord* **41**, 34–43 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101389>
- 394 Watson, D., Clark, L. A. and Tellegen, A. (1988) Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology* **54**, 1063–1070 <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
- 395 Latimer-Cheung, A. E., Arbour-Nicitopoulos, K. P., Brawley, L. R., Gray, C., Justine Wilson, A., Prapavessis, H., et al. (2013) Developing physical activity interventions for adults with spinal cord injury. Part 2: Motivational counseling and peer-mediated interventions for people intending to be active. *Rehabilitation Psychology* **58**, 307–315 <https://doi.org/10.1037/a0032816>
- 396 Cardol, M., De Haan, R. J., Van Den Bos, G. A. M., De Jong, B. A. and De Groot, I. J. M. (1999) The development of a handicap assessment questionnaire: the Impact on Participation and Autonomy (IPA). *Clin Rehabil* **13**, 411–419 <https://doi.org/10.1191/026921599668601325>
- 397 Ditunno, J. F., Ditunno, P. L., Scivoletto, G., Patrick, M., Dijkers, M., Barbeau, H., et al. (2013) The Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI/WISCI II): nature,

- metric properties, use and misuse. *Spinal Cord* **51**, 346–355
<https://doi.org/10.1038/sc.2013.9>
- 398 Kirshblum, S. C., Burns, S. P., Biering-Sorensen, F., Donovan, W., Graves, D. E.,
 Jha, A., et al. (2011) International standards for neurological classification of
 spinal cord injury (Revised 2011). *The Journal of Spinal Cord Medicine* **34**, 535–
 546 <https://doi.org/10.1179/204577211X13207446293695>
- 399 Ilha, J., Avila, L. C. M., Santo, C. C. do E. and Swarowsky, A. (2016) Tradução e
 adaptação transcultural da versão brasileira da Spinal Cord Independence
 Measure -- Self- Reported Version (brSCIM-SR). *Revista Brasileira de Neurologia*
52 <https://doi.org/10.46979/rbn.v52i1.3197>
- 400 Ciconelli, R., Ferraz, M., Santos, W., Meinao, I. and Quaresma, M. (1999)
 Brazilian-Portuguese version of the SF-36. A reliable and valid quality of life
 outcome measure. *Revista Brasileira de Reumatologia* **39**, 143–150
- 401 Craven, B. C. and Morris, A. R. (2010) Modified Ashworth scale reliability for
 measurement of lower extremity spasticity among patients with SCI. *Spinal*
Cord **48**, 207–213 <https://doi.org/10.1038/sc.2009.107>
- 402 Ferguson, L. and Scheman, J. (2009) Patient global impression of change scores
 within the context of a chronic pain rehabilitation program. *The Journal of Pain*
10, S73 <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2009.01.258>
- 403 Nogueira, F., Shirahige, L., Brito, R., Lima, H., Victor, J., Sanchez, M. P., et al.
 (2024) Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Body Weight-
 supported Treadmill Training Enhances Independent Walking of Individuals with
 Chronic Incomplete Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Clinical Trial. *Brain*
Topogr **37**, 1232–1241 <https://doi.org/10.1007/s10548-024-01072-0>
- 404 Christodoulou, V. N., Varvarousis, D., Theodorou, A., Voulgaris, S., Beris, A.,
 Doulgeri, S., et al. (2019) Rehabilitation of the multiple injured patient with

- spinal cord injury: A systematic review of the literature. *Injury* **50**, 1847–1852
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.07.035>
- 405 Christodoulou, V. N., Varvarousis, D. N., Ntritsos, G., Dimopoulos, D.,
 Giannakeas, N., Vasileiadis, G. I., et al. (2024) Robotic assisted and exoskeleton
 gait training effect in mental health and fatigue of multiple sclerosis patients. A
 systematic review and a meta-analysis. *Disability and Rehabilitation* 1–12
<https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2338197>
- 406 (2025) ISNCSCI - Other Languages. *American Spinal Injury Association*
<https://asia-spinalinjury.org/isncsci-worksheet-now-available-in-other-languages/>
- 407 Mahoney, F. I. and Barthel, D. W. (1965) FUNCTIONAL EVALUATION: THE
 BARTHEL INDEX. *Md State Med J* **14**, 61–65
- 408 De Paula, F. J. A., Black, D. M. and Rosen, C. J. (2016) Osteoporosis and Bone
 Biology. In *Williams Textbook of Endocrinology*, pp 1323–1364, Elsevier
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-29738-7.00029-0>
- 409 Krishnan, S. and Kalyanaraman, V. (2019) Bone Health in Obesity and the Cross
 Talk Between Fat and Bone. In *Global Perspectives on Childhood Obesity*, pp
 247–253, Elsevier <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812840-4.00019-0>
- 410 Holick, M. F. (2024) Vitamin D and bone health: What vitamin D can and cannot
 do. In *Advances in Food and Nutrition Research*, pp 43–66, Elsevier
<https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2024.04.002>
- 411 Masrour Roudsari, J. and Mahjoub, S. (2012) Quantification and comparison of
 bone-specific alkaline phosphatase with two methods in normal and paget's
 specimens. *Caspian J Intern Med* **3**, 478–483

- 412 Silva, B. C. and Bilezikian, J. P. (2015) Parathyroid hormone: anabolic and catabolic actions on the skeleton. *Current Opinion in Pharmacology* **22**, 41–50
<https://doi.org/10.1016/j.coph.2015.03.005>
- 413 (2025) WHOQOL-BREF| The World Health Organization
<https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-bref>
- 414 Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., et al. (2019) RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* **l4898** <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>
- 415 Schünemann HJ, Higgins JPT, Vist GE, Glasziou P, Akl EA, Skoetz N, et al. (2023) Chapter 14: Completing ‘Summary of findings’ tables and grading the certainty of the evidence <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-14>
- 416 DerSimonian, R. and Laird, N. (1986) Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials* **7**, 177–188 [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2)
- 417 Kulinskaya, E. and Dollinger, M. B. (2015) An accurate test for homogeneity of odds ratios based on Cochran’s Q-statistic. *BMC Med Res Methodol* **15**, 49
<https://doi.org/10.1186/s12874-015-0034-x>
- 418 Lieutaud, T., Ndiaye, A., Frost, F. and Chiron, M. (2010) A 10-Year Population Survey of Spinal Trauma and Spinal Cord Injuries after Road Accidents in the Rhône Area. *Journal of Neurotrauma* **27**, 1101–1107
<https://doi.org/10.1089/neu.2009.1197>
- 419 Putz, C., Schuld, C., Gantz, S., Grieser, T., Akbar, M., Moradi, B., et al. (2011) The effect of polytrauma as a possible confounder in the outcome of monotraumatic vs polytraumatic paraplegic patients: a clinical cohort study. *Spinal Cord* **49**, 721–727 <https://doi.org/10.1038/sc.2010.181>
- 420 Scivoletto, G., Farchi, S., Laurenza, L., Tamburella, F. and Molinari, M. (2013) Impact of multiple injuries on functional and neurological outcomes of patients

- with spinal cord injury. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* **21**, 42
<https://doi.org/10.1186/1757-7241-21-42>
- 421 Hebert, J. S. and Burnham, R. S. (2000) The Effect of Polytrauma in Persons With Traumatic Spine Injury: A Prospective Database of Spine Fractures. *Spine* **25**, 55
<https://doi.org/10.1097/00007632-200001010-00011>
- 422 Baker, S. P., O'Neill, B., Haddon, W. and Long, W. B. (1974) The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* **14**, 187–196
- 423 Heinemann, A. W., Linacre, J. M., Wright, B. D., Hamilton, B. B. and Granger, C. (1993) Relationships between impairment and physical disability as measured by the functional independence measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **74**, 566–573 [https://doi.org/10.1016/0003-9993\(93\)90153-2](https://doi.org/10.1016/0003-9993(93)90153-2)
- 424 Dickson, H. G. (1998) SCIM–Spinal Cord Independence Measure: a new disability scale for patients with spinal cord lesions. *Spinal Cord* **36**, 734–734
<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100738>
- 425 Schwartz, I., Tsenter, J., Shochina, M., Shiri, S., Kedary, M., Katz-Leurer, M., et al. (2007) Rehabilitation Outcomes of Terror Victims With Multiple Traumas. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **88**, 440–448
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.01.001>
- 426 Putz, C., Schuld, C., Akbar, M., Grieser, T., Wiedenhöfer, B., Fürstenberg, C. H., et al. (2011) Neurological and Functional Recovery in Multiple Injured Patients With Paraplegia: Outcome After 1 Year. *Journal of Trauma: Injury, Infection & Critical Care* **70**, 1078–1085 <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181e73fa0>
- 427 Berriozabalgoitia, R., Bidaurrezaga-Letona, I., Otxoa, E., Urquiza, M., Irazusta, J. and Rodriguez-Larrad, A. (2021) Overground Robotic Program Preserves Gait in Individuals With Multiple Sclerosis and Moderate to Severe Impairments: A

- Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **102**, 932–939 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.12.002>
- 428 Calabrò, R. S., Russo, M., Naro, A., De Luca, R., Leo, A., Tomasello, P., et al. (2017) Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: Can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial. *Journal of the Neurological Sciences* **377**, 25–30 <https://doi.org/10.1016/j.jns.2017.03.047>
- 429 Gandolfi, M., Geroin, C., Picelli, A., Munari, D., Waldner, A., Tamburin, S., et al. (2014) Robot-assisted vs. sensory integration training in treating gait and balance dysfunctions in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Front. Hum. Neurosci.* **8** <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00318>
- 430 Munari, D., Fonte, C., Varalta, V., Battistuzzi, E., Cassini, S., Montagnoli, A. P., et al. (2020) Effects of robot-assisted gait training combined with virtual reality on motor and cognitive functions in patients with multiple sclerosis: A pilot, single-blind, randomized controlled trial. *RNN* **38**, 151–164 <https://doi.org/10.3233/RNN-190974>
- 431 Ozsoy-Unubol, T., Ata, E., Cavlak, M., Demir, S., Candan, Z. and Yilmaz, F. (2022) Effects of Robot-Assisted Gait Training in Patients With Multiple Sclerosis: A Single-Blinded Randomized Controlled Study. *Am J Phys Med Rehabil* **101**, 768–774 <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001913>
- 432 Schwartz, I., Sajin, A., Moreh, E., Fisher, I., Neeb, M., Forest, A., et al. (2012) Robot-assisted gait training in multiple sclerosis patients: a randomized trial. *Mult Scler* **18**, 881–890 <https://doi.org/10.1177/1352458511431075>
- 433 Sconza, C., Negrini, F., Di Matteo, B., Borboni, A., Boccia, G., Petrikonis, I., et al. (2021) Robot-Assisted Gait Training in Patients with Multiple Sclerosis: A

- Randomized Controlled Crossover Trial. *Medicina* **57**, 713
<https://doi.org/10.3390/medicina57070713>
- 434 Straudi, S., Fanciullacci, C., Martinuzzi, C., Pavarelli, C., Rossi, B., Chisari, C., et al. (2016) The effects of robot-assisted gait training in progressive multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Mult Scler* **22**, 373–384
<https://doi.org/10.1177/1352458515620933>
- 435 Straudi, S., Manfredini, F., Lamberti, N., Martinuzzi, C., Maietti, E. and Basaglia, N. (2020) Robot-assisted gait training is not superior to intensive overground walking in multiple sclerosis with severe disability (the RAGTIME study): A randomized controlled trial. *Mult Scler* **26**, 716–724
<https://doi.org/10.1177/1352458519833901>
- 436 Vaney, C., Gattlen, B., Lugon-Moulin, V., Meichtry, A., Hausammann, R., Foinant, D., et al. (2012) Robotic-Assisted Step Training (Lokomat) Not Superior to Equal Intensity of Over-Ground Rehabilitation in Patients With Multiple Sclerosis. *Neurorehabil Neural Repair* **26**, 212–221
<https://doi.org/10.1177/1545968311425923>
- 437 Jenkinson, C. (1998) The SF-36 Physical and Mental Health Summary Measures: An Example of How to Interpret Scores. *J Health Serv Res Policy* **3**, 92–96
<https://doi.org/10.1177/135581969800300206>
- 438 Taft, C., Karlsson, J. and Sullivan, M. (2001) Do SF-36 summary component scores accurately summarize subscale scores? *Quality of Life Research* **10**, 395–404 <https://doi.org/10.1023/A:1012552211996>
- 439 Laucis, N. C., Hays, R. D. and Bhattacharyya, T. (2015) Scoring the SF-36 in Orthopaedics: A Brief Guide. *The Journal of Bone and Joint Surgery* **97**, 1628–1634 <https://doi.org/10.2106/JBJS.O.00030>

- 440 Vilagut, G., Forero, C. G., Pinto-Meza, A., Haro, J. M., De Graaf, R., Bruffaerts, R.,
et al. (2013) The Mental Component of the Short-Form 12 Health Survey (SF-12)
as a Measure of Depressive Disorders in the General Population: Results with
Three Alternative Scoring Methods. *Value in Health* **16**, 564–573
<https://doi.org/10.1016/j.jval.2013.01.006>
- 441 Devlin, N., Parkin, D. and Janssen, B. (2020) Methods for Analysing and
Reporting EQ-5D Data, Springer International Publishing, Cham
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-47622-9>
- 442 Solari, A., Filippini, G., Mendozzi, L., Ghezzi, A., Cifani, S., Barbieri, E., et al.
(1999) Validation of Italian multiple sclerosis quality of life 54 questionnaire.
Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry **67**, 158–162
<https://doi.org/10.1136/jnnp.67.2.158>
- 443 Carver, C. S., Scheier, M. F. and Weintraub, J. K. (1989) Assessing coping
strategies: A theoretically based approach. *Journal of Personality and Social
Psychology* **56**, 267–283 <https://doi.org/10.1037/0022-3514.56.2.267>
- 444 Sica, C., Magni, C., Ghisi, M., Altoè, G., Sighinolfi, C., Chiri, L., et al. (2008)
Coping Orientation to the Problems Experiences-new Italian version (COPE-
NVI). *Psicoterapia Cognitiva e Comportamentale* **14**, 27–53
- 445 Krupp, L. B. (1989) The Fatigue Severity Scale: Application to Patients With
Multiple Sclerosis and Systemic Lupus Erythematosus. *Arch Neurol* **46**, 1121
<https://doi.org/10.1001/archneur.1989.00520460115022>
- 446 McDowell, I. (2006) Measuring Health, Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195165678.001.0001>
- 447 Honarmand, K. and Feinstein, A. (2009) Validation of the Hospital Anxiety and
Depression Scale for use with multiple sclerosis patients. *Mult Scler* **15**, 1518–
1524 <https://doi.org/10.1177/1352458509347150>

- 448 Hamilton, M. (1960) A RATING SCALE FOR DEPRESSION. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* **23**, 56–62 <https://doi.org/10.1136/jnnp.23.1.56>
- 449 Flachenecker, P., Kümpfel, T., Kallmann, B., Gottschalk, M., Grauer, O., Rieckmann, P., et al. (2002) Fatigue in multiple sclerosis: a comparison of different rating scales and correlation to clinical parameters. *Mult Scler* **8**, 523–526 <https://doi.org/10.1191/1352458502ms839oa>
- 450 Hobart, J. (2001) The Multiple Sclerosis Impact Scale (MSIS-29): A new patient-based outcome measure. *Brain* **124**, 962–973 <https://doi.org/10.1093/brain/124.5.962>
- 451 Kroenke, K., Spitzer, R. L. and Williams, J. B. W. (2001) The PHQ-9: Validity of a brief depression severity measure. *J Gen Intern Med* **16**, 606–613 <https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.2001.016009606.x>
- 452 Lee, B. B., Cripps, R. A., Fitzharris, M. and Wing, P. C. (2014) The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. *Spinal Cord* **52**, 110–116 <https://doi.org/10.1038/sc.2012.158>
- 453 Lu, Y., Shang, Z., Zhang, W., Pang, M., Hu, X., Dai, Y., et al. (2024) Global incidence and characteristics of spinal cord injury since 2000–2021: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med* **22**, 285 <https://doi.org/10.1186/s12916-024-03514-9>
- 454 Chain, A., Koury, J. C. and Bezerra, F. F. (2012) Physical activity benefits bone density and bone-related hormones in adult men with cervical spinal cord injury. *Eur J Appl Physiol* **112**, 3179–3186 <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2303-7>
- 455 Maïmoun, L., Fattal, C. and Sultan, C. (2011) Bone remodeling and calcium homeostasis in patients with spinal cord injury: a review. *Metabolism* **60**, 1655–1663 <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2011.04.005>

- 456 Klausen, T., Breum, L., Sørensen, H. A., Schifter, S. and Sonne, B. (1993) Plasma levels of parathyroid hormone, vitamin D, calcitonin, and calcium in association with endurance exercise. *Calcif Tissue Int* **52**, 205–208
<https://doi.org/10.1007/BF00298719>
- 457 Craven, B. C., Giangregorio, L. M., Alavinia, S. M., Blencowe, L. A., Desai, N., Hitzig, S. L., et al. (2017) Evaluating the efficacy of functional electrical stimulation therapy assisted walking after chronic motor incomplete spinal cord injury: effects on bone biomarkers and bone strength. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **40**, 748–758 <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1368961>
- 458 Alcobendas-Maestro, M., Esclarín-Ruz, A., Casado-López, R. M., Muñoz-González, A., Pérez-Mateos, G., González-Valdizán, E., et al. (2012) Lokomat Robotic-Assisted Versus Overground Training Within 3 to 6 Months of Incomplete Spinal Cord Lesion: Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair* **26**, 1058–1063 <https://doi.org/10.1177/1545968312448232>
- 459 Wirz, M., Mach, O., Maier, D., Benito-Penalva, J., Taylor, J., Esclarin, A., et al. (2017) Effectiveness of Automated Locomotor Training in Patients with Acute Incomplete Spinal Cord Injury: A Randomized, Controlled, Multicenter Trial. *Journal of Neurotrauma* **34**, 1891–1896 <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4643>
- 460 Lou, Y., Li, L. and Chen, Q. (2023) Effect of torso training on unstable surface on lower limb motor function in patients with incomplete spinal cord injury. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* **52**, 214–222
<https://doi.org/10.3724/zdxbyxb-2022-0551>
- 461 Huang, L., Huang, H. L., Dang, X. W. and Wang, Y. J. (2024) Effect of Body Weight Support Training on Lower Extremity Motor Function in Patients With Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil* **103**, 149–157 <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002320>

- 462 Okawara, H., Sawada, T., Matsubayashi, K., Sugai, K., Tsuji, O., Nagoshi, N., et al. (2020) Gait ability required to achieve therapeutic effect in gait and balance function with the voluntary driven exoskeleton in patients with chronic spinal cord injury: a clinical study. *Spinal Cord* **58**, 520–527
<https://doi.org/10.1038/s41393-019-0403-0>
- 463 Fang, C.-Y., Tsai, J.-L., Li, G.-S., Lien, A. S.-Y. and Chang, Y.-J. (2020) Effects of Robot-Assisted Gait Training in Individuals with Spinal Cord Injury: A Meta-analysis. *BioMed Research International* (Taiar, R., ed.) **2020**, 2102785
<https://doi.org/10.1155/2020/2102785>
- 464 Aach, M., Cruciger, O., Sczesny-Kaiser, M., Höffken, O., Meindl, R. Ch., Tegenthoff, M., et al. (2014) Voluntary driven exoskeleton as a new tool for rehabilitation in chronic spinal cord injury: a pilot study. *The Spine Journal* **14**, 2847–2853 <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.03.042>
- 465 Mirbagheri, M. M., Patel, C. and Quiney, K. (2011) Robotic-assisted locomotor training impact on neuromuscular properties and muscle strength in Spinal Cord Injury. In 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp 4132–4135, IEEE, Boston, MA
<https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091026>
- 466 Hu, X., Lu, J., Wang, Y., Pang, R., Liu, J., Gou, X., et al. (2024) Effects of a lower limb walking exoskeleton on quality of life and activities of daily living in patients with complete spinal cord injury: A randomized controlled trial. *THC* **32**, 243–253 <https://doi.org/10.3233/THC-220871>
- 467 Spungen, A. M., Dematt, E. J., Biswas, K., Jones, K. M., Mi, Z., Snodgrass, A. J., et al. (2024) Exoskeletal-Assisted Walking in Veterans With Paralysis: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open* **7**, e2431501
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.31501>

- 468 Kazis, L. E., Ren, X. S., Lee, A., Skinner, K., Rogers, W., Clark, J., et al. (1999) Health Status in VA Patients: Results from the Veterans Health Study. *Am J Med Qual* **14**, 28–38 <https://doi.org/10.1177/106286069901400105>
- 469 Tulsky, D. S., Kisala, P. A., Victorson, D., Tate, D., Heinemann, A. W., Amtmann, D., et al. (2011) Developing a Contemporary Patient-Reported Outcomes Measure for Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **92**, S44–S51 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.04.024>
- 470 Fattal, C., Mariano-Goulart, D., Thomas, E., Rouays-Mabit, H., Verollet, C. and Maimoun, L. (2011) Osteoporosis in Persons With Spinal Cord Injury: The Need for a Targeted Therapeutic Education. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **92**, 59–67 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.09.019>
- 471 Giangregorio, L. M., Hicks, A. L., Webber, C. E., Phillips, S. M., Craven, B. C., Bugaresti, J. M., et al. (2005) Body weight supported treadmill training in acute spinal cord injury: impact on muscle and bone. *Spinal Cord* **43**, 649–657 <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101774>
- 472 Sutor, T. W., Kura, J., Mattingly, A. J., Otzel, D. M. and Yarrow, J. F. (2022) The Effects of Exercise and Activity-Based Physical Therapy on Bone after Spinal Cord Injury. *IJMS* **23**, 608 <https://doi.org/10.3390/ijms23020608>
- 473 Ahola, R., Korpelainen, R., Vainionpää, A., Leppäluoto, J. and Jämsä, T. (2009) Time-course of exercise and its association with 12-month bone changes. *BMC Musculoskelet Disord* **10**, 138 <https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-138>
- 474 Astorino, T. A., Harness, E. T. and Witzke, K. A. (2013) Effect of chronic activity-based therapy on bone mineral density and bone turnover in persons with spinal cord injury. *Eur J Appl Physiol* **113**, 3027–3037 <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2738-0>

- 475 (2019) Adult Positions. /ISCD <https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/>
- 476 Oestern, H. J., Tscherne, H., Sturm, J. and Nerlich, M. (1985) [Classification of the severity of injury]. *Unfallchirurg* **88**, 465–472
- 477 Teijink, J. A. W., Dwars, B. J., Patka, P. and Haarman, H. J. Th. M. (1993) Scoring multitrauma patients: which scoring system? *Injury* **24**, 13–16
[https://doi.org/10.1016/0020-1383\(93\)90074-G](https://doi.org/10.1016/0020-1383(93)90074-G)
- 478 Osler, T., Baker, S. P. and Long, W. (1997) A Modification of the Injury Severity Score That Both Improves Accuracy and Simplifies Scoring: *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* **43**, 922–926
<https://doi.org/10.1097/00005373-199712000-00009>
- 479 Osler, T., Rutledge, R., Deis, J. and Bedrick, E. (1996) ICISS: An International Classification of Disease-9 Based Injury Severity Score. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* **41**, 380–388
<https://doi.org/10.1097/00005373-199609000-00002>
- 480 Champion, H. R., Sacco, W. J., Copes, W. S., Gann, D. S., Gennarelli, T. A. and Flanagan, M. E. (1989) A Revision of the Trauma Score: *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* **29**, 623–629
<https://doi.org/10.1097/00005373-198905000-00017>
- 481 Boyd, C. R., Tolson, M. A. and Copes, W. S. (1987) Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma* **27**, 370–378
- 482 Kaminski, L., Cordemans, V., Cernat, E., M'Bra, K. I. and Mac-Thiong, J.-M. (2017) Functional Outcome Prediction after Traumatic Spinal Cord Injury Based on Acute Clinical Factors. *Journal of Neurotrauma* **34**, 2027–2033
<https://doi.org/10.1089/neu.2016.4955>

- 483 Richard-Denis, A., Beauséjour, M., Thompson, C., Nguyen, B.-H. and Mac-Thiong, J.-M. (2018) Early Predictors of Global Functional Outcome after Traumatic Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Journal of Neurotrauma* **35**, 1705–1725 <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5403>
- 484 Van Der Sluis, C. K., Ten Duis, H. J. and Geertzen, J. H. B. (1995) Multiple Injuries: An Overview of the Outcome. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* **38**, 681–686 <https://doi.org/10.1097/00005373-199505000-00001>
- 485 Jennett, B. (1975) ASSESSMENT OF OUTCOME AFTER SEVERE BRAIN DAMAGE A Practical Scale. *The Lancet* **305**, 480–484 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(75\)92830-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(75)92830-5)
- 486 Soberg, H. L., Bautz-Holter, E., Roise, O. and Finset, A. (2007) Long-Term Multidimensional Functional Consequences of Severe Multiple Injuries Two Years After Trauma: A Prospective Longitudinal Cohort Study. *Journal of Trauma: Injury, Infection & Critical Care* **62**, 461–470 <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000222916.30253.ea>
- 487 (2012) WHO Disability Assessment Schedule (WHODAS 2.0) <https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health/who-disability-assessment-schedule>
- 488 Vassend, O., Quale, A. J., Røise, O. and Schanke, A.-K. (2011) Predicting the long-term impact of acquired severe injuries on functional health status: the role of optimism, emotional distress and pain. *Spinal Cord* **49**, 1193–1197 <https://doi.org/10.1038/sc.2011.70>
- 489 Lochbaum, M., Stoner, E., Hefner, T., Cooper, S., Lane, A. M. and Terry, P. C. (2022) Sport psychology and performance meta-analyses: A systematic review

- of the literature. *PLoS ONE* (Imperator, C., ed.) **17**, e0263408
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263408>
- 490 Razazian, N., Kazeminia, M., Moayedi, H., Daneshkhah, A., Shohaimi, S.,
 Mohammadi, M., et al. (2020) The impact of physical exercise on the fatigue
 symptoms in patients with multiple sclerosis: a systematic review and meta-
 analysis. *BMC Neurol* **20**, 93 <https://doi.org/10.1186/s12883-020-01654-y>
- 491 Tollár, J., Nagy, F., Tóth, B. E., Török, K., Szita, K., Csutorás, B., et al. (2020)
 Exercise Effects on Multiple Sclerosis Quality of Life and Clinical–Motor
 Symptoms. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **52**, 1007–1014
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002228>
- 492 Manfredini, F., Straudi, S., Lamberti, N., Patergnani, S., Tisato, V., Secchiero, P.,
 et al. (2020) Rehabilitation Improves Mitochondrial Energetics in Progressive
 Multiple Sclerosis: The Significant Role of Robot-Assisted Gait Training and of
 the Personalized Intensity. *Diagnostics (Basel)* **10**, 834
<https://doi.org/10.3390/diagnostics10100834>
- 493 Picard, M. and McEwen, B. S. (2018) Psychological Stress and Mitochondria: A
 Conceptual Framework. *Psychosom Med* **80**, 126–140
<https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000544>
- 494 Craig, A., Guest, R., Tran, Y. and Middleton, J. (2017) Cognitive Impairment and
 Mood States after Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma* **34**, 1156–1163
<https://doi.org/10.1089/neu.2016.4632>
- 495 De Wit, L., Theuns, P., Dejaeger, E., Devos, S., Gantenbein, A. R., Kerckhofs, E.,
 et al. (2017) Long-term impact of stroke on patients’ health-related quality of
 life. *Disability and Rehabilitation* **39**, 1435–1440
<https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1200676>

- 496 Siegert, R. J. (2005) Depression in multiple sclerosis: a review. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* **76**, 469–475
<https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.054635>
- 497 Cadel, L., DeLuca, C., Hitzig, S. L., Packer, T. L., Lofters, A. K., Patel, T., et al. (2020) Self-management of pain and depression in adults with spinal cord injury: A scoping review. *The Journal of Spinal Cord Medicine* **43**, 280–297
<https://doi.org/10.1080/10790268.2018.1523776>
- 498 (2025) Depression and anxiety after stroke fact sheet. *Stroke Foundation - Australia* <https://strokefoundation.org.au/what-we-do/for-survivors-and-carers/after-stroke-factsheets/depression-and-anxiety-after-stroke-fact-sheet>
- 499 (2024) Empowering people affected by MS to live their best lives. *National Multiple Sclerosis Society* <https://www.nationalmssociety.org>
- 500 Bragoni, M., Broccoli, M., Iosa, M., Morone, G., De Angelis, D., Venturiero, V., et al. (2013) Influence of Psychologic Features on Rehabilitation Outcomes in Patients with Subacute Stroke Trained with Robotic-Aided Walking Therapy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* **92**, e16–e25
<https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3182a20a34>

Προσαρτήματα



AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION

**ΔΙΕΘΝΗ ΚΡΗΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΗ
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΛΑΒΩΝ ΚΟΙΤΑΩΝ ΜΥΕΛΟΥ
(ISNCSCI)**



INTERNATIONAL SCIATIC SCIATICA SOCIETY

ΔΕΞΙΑ

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΜΥΕΛ-ΚΑΙΜΕΛΙΑ

ΣΗΜΕΙΑ-ΚΑΙΜΕΛΙΑ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Εξωτερικό άκρο (Distal) Μυός, Βλάβη, (Distal)

Α2	Α3	Α4	Α5	Α6	Α7	Α8	Α9	Α10	Α11	Α12	Α13	Α14	Α15	Α16	Α17	Α18	Α19	Α20	Α21	Α22	Α23	Α24	Α25	Α26	Α27	Α28	Α29	Α30	Α31	Α32	Α33	Α34	Α35	Α36	Α37	Α38	Α39	Α40	Α41	Α42	Α43	Α44	Α45	Α46	Α47	Α48	Α49	Α50	Α51	Α52	Α53	Α54	Α55	Α56	Α57	Α58	Α59	Α60	Α61	Α62	Α63	Α64	Α65	Α66	Α67	Α68	Α69	Α70	Α71	Α72	Α73	Α74	Α75	Α76	Α77	Α78	Α79	Α80	Α81	Α82	Α83	Α84	Α85	Α86	Α87	Α88	Α89	Α90	Α91	Α92	Α93	Α94	Α95	Α96	Α97	Α98	Α99	Α100	Α101	Α102	Α103	Α104	Α105	Α106	Α107	Α108	Α109	Α110	Α111	Α112	Α113	Α114	Α115	Α116	Α117	Α118	Α119	Α120	Α121	Α122	Α123	Α124	Α125	Α126	Α127	Α128	Α129	Α130	Α131	Α132	Α133	Α134	Α135	Α136	Α137	Α138	Α139	Α140	Α141	Α142	Α143	Α144	Α145	Α146	Α147	Α148	Α149	Α150	Α151	Α152	Α153	Α154	Α155	Α156	Α157	Α158	Α159	Α160	Α161	Α162	Α163	Α164	Α165	Α166	Α167	Α168	Α169	Α170	Α171	Α172	Α173	Α174	Α175	Α176	Α177	Α178	Α179	Α180	Α181	Α182	Α183	Α184	Α185	Α186	Α187	Α188	Α189	Α190	Α191	Α192	Α193	Α194	Α195	Α196	Α197	Α198	Α199	Α200	Α201	Α202	Α203	Α204	Α205	Α206	Α207	Α208	Α209	Α210	Α211	Α212	Α213	Α214	Α215	Α216	Α217	Α218	Α219	Α220	Α221	Α222	Α223	Α224	Α225	Α226	Α227	Α228	Α229	Α230	Α231	Α232	Α233	Α234	Α235	Α236	Α237	Α238	Α239	Α240	Α241	Α242	Α243	Α244	Α245	Α246	Α247	Α248	Α249	Α250	Α251	Α252	Α253	Α254	Α255	Α256	Α257	Α258	Α259	Α260	Α261	Α262	Α263	Α264	Α265	Α266	Α267	Α268	Α269	Α270	Α271	Α272	Α273	Α274	Α275	Α276	Α277	Α278	Α279	Α280	Α281	Α282	Α283	Α284	Α285	Α286	Α287	Α288	Α289	Α290	Α291	Α292	Α293	Α294	Α295	Α296	Α297	Α298	Α299	Α300	Α301	Α302	Α303	Α304	Α305	Α306	Α307	Α308	Α309	Α310	Α311	Α312	Α313	Α314	Α315	Α316	Α317	Α318	Α319	Α320	Α321	Α322	Α323	Α324	Α325	Α326	Α327	Α328	Α329	Α330	Α331	Α332	Α333	Α334	Α335	Α336	Α337	Α338	Α339	Α340	Α341	Α342	Α343	Α344	Α345	Α346	Α347	Α348	Α349	Α350	Α351	Α352	Α353	Α354	Α355	Α356	Α357	Α358	Α359	Α360	Α361	Α362	Α363	Α364	Α365	Α366	Α367	Α368	Α369	Α370	Α371	Α372	Α373	Α374	Α375	Α376	Α377	Α378	Α379	Α380	Α381	Α382	Α383	Α384	Α385	Α386	Α387	Α388	Α389	Α390	Α391	Α392	Α393	Α394	Α395	Α396	Α397	Α398	Α399	Α400	Α401	Α402	Α403	Α404	Α405	Α406	Α407	Α408	Α409	Α410	Α411	Α412	Α413	Α414	Α415	Α416	Α417	Α418	Α419	Α420	Α421	Α422	Α423	Α424	Α425	Α426	Α427	Α428	Α429	Α430	Α431	Α432	Α433	Α434	Α435	Α436	Α437	Α438	Α439	Α440	Α441	Α442	Α443	Α444	Α445	Α446	Α447	Α448	Α449	Α450	Α451	Α452	Α453	Α454	Α455	Α456	Α457	Α458	Α459	Α460	Α461	Α462	Α463	Α464	Α465	Α466	Α467	Α468	Α469	Α470	Α471	Α472	Α473	Α474	Α475	Α476	Α477	Α478	Α479	Α480	Α481	Α482	Α483	Α484	Α485	Α486	Α487	Α488	Α489	Α490	Α491	Α492	Α493	Α494	Α495	Α496	Α497	Α498	Α499	Α500	Α501	Α502	Α503	Α504	Α505	Α506	Α507	Α508	Α509	Α510	Α511	Α512	Α513	Α514	Α515	Α516	Α517	Α518	Α519	Α520	Α521	Α522	Α523	Α524	Α525	Α526	Α527	Α528	Α529	Α530	Α531	Α532	Α533	Α534	Α535	Α536	Α537	Α538	Α539	Α540	Α541	Α542	Α543	Α544	Α545	Α546	Α547	Α548	Α549	Α550	Α551	Α552	Α553	Α554	Α555	Α556	Α557	Α558	Α559	Α560	Α561	Α562	Α563	Α564	Α565	Α566	Α567	Α568	Α569	Α570	Α571	Α572	Α573	Α574	Α575	Α576	Α577	Α578	Α579	Α580	Α581	Α582	Α583	Α584	Α585	Α586	Α587	Α588	Α589	Α590	Α591	Α592	Α593	Α594	Α595	Α596	Α597	Α598	Α599	Α600	Α601	Α602	Α603	Α604	Α605	Α606	Α607	Α608	Α609	Α610	Α611	Α612	Α613	Α614	Α615	Α616	Α617	Α618	Α619	Α620	Α621	Α622	Α623	Α624	Α625	Α626	Α627	Α628	Α629	Α630	Α631	Α632	Α633	Α634	Α635	Α636	Α637	Α638	Α639	Α640	Α641	Α642	Α643	Α644	Α645	Α646	Α647	Α648	Α649	Α650	Α651	Α652	Α653	Α654	Α655	Α656	Α657	Α658	Α659	Α660	Α661	Α662	Α663	Α664	Α665	Α666	Α667	Α668	Α669	Α670	Α671	Α672	Α673	Α674	Α675	Α676	Α677	Α678	Α679	Α680	Α681	Α682	Α683	Α684	Α685	Α686	Α687	Α688	Α689	Α690	Α691	Α692	Α693	Α694	Α695	Α696	Α697	Α698	Α699	Α700	Α701	Α702	Α703	Α704	Α705	Α706	Α707	Α708	Α709	Α710	Α711	Α712	Α713	Α714	Α715	Α716	Α717	Α718	Α719	Α720	Α721	Α722	Α723	Α724	Α725	Α726	Α727	Α728	Α729	Α730	Α731	Α732	Α733	Α734	Α735	Α736	Α737	Α738	Α739	Α740	Α741	Α742	Α743	Α744	Α745	Α746	Α747	Α748	Α749	Α750	Α751	Α752	Α753	Α754	Α755	Α756	Α757	Α758	Α759	Α760	Α761	Α762	Α763	Α764	Α765	Α766	Α767	Α768	Α769	Α770	Α771	Α772	Α773	Α774	Α775	Α776	Α777	Α778	Α779	Α780	Α781	Α782	Α783	Α784	Α785	Α786	Α787	Α788	Α789	Α790	Α791	Α792	Α793	Α794	Α795	Α796	Α797	Α798	Α799	Α800	Α801	Α802	Α803	Α804	Α805	Α806	Α807	Α808	Α809	Α810	Α811	Α812	Α813	Α814	Α815	Α816	Α817	Α818	Α819	Α820	Α821	Α822	Α823	Α824	Α825	Α826	Α827	Α828	Α829	Α830	Α831	Α832	Α833	Α834	Α835	Α836	Α837	Α838	Α839	Α840	Α841	Α842	Α843	Α844	Α845	Α846	Α847	Α848	Α849	Α850	Α851	Α852	Α853	Α854	Α855	Α856	Α857	Α858	Α859	Α860	Α861	Α862	Α863	Α864	Α865	Α866	Α867	Α868	Α869	Α870	Α871	Α872	Α873	Α874	Α875	Α876	Α877	Α878	Α879	Α880	Α881	Α882	Α883	Α884	Α885	Α886	Α887	Α888	Α889	Α890	Α891	Α892	Α893	Α894	Α895	Α896	Α897	Α898	Α899	Α900	Α901	Α902	Α903	Α904	Α905	Α906	Α907	Α908	Α909	Α910	Α911	Α912	Α913	Α914	Α915	Α916	Α917	Α918	Α919	Α920	Α921	Α922	Α923	Α924	Α925	Α926	Α927	Α928	Α929	Α930	Α931	Α932	Α933	Α934	Α935	Α936	Α937	Α938	Α939	Α940	Α941	Α942	Α943	Α944	Α945	Α946	Α947	Α948	Α949	Α950	Α951	Α952	Α953	Α954	Α955	Α956	Α957	Α958	Α959	Α960	Α961	Α962	Α963	Α964	Α965	Α966	Α967	Α968	Α969	Α970	Α971	Α972	Α973	Α974	Α975	Α976	Α977	Α978	Α979	Α980	Α981	Α982	Α983	Α984	Α985	Α986	Α987	Α988	Α989	Α990	Α991	Α992	Α993	Α994	Α995	Α996	Α997	Α998	Α999	Α1000	Α1001	Α1002	Α1003	Α1004	Α1005	Α1006	Α1007	Α1008	Α1009	Α1010	Α1011	Α1012	Α1013	Α1014	Α1015	Α1016	Α1017	Α1018	Α1019	Α1020	Α1021	Α1022	Α1023	Α1024	Α1025	Α1026	Α1027	Α1028	Α1029	Α1030	Α1031	Α1032	Α1033	Α1034	Α1035	Α1036	Α1037	Α1038	Α1039	Α1040	Α1041	Α1042	Α1043	Α1044	Α1045	Α1046	Α1047	Α1048	Α1049	Α1050	Α1051	Α1052	Α1053	Α1054	Α1055	Α1056	Α1057	Α1058	Α1059	Α1060	Α1061	Α1062	Α1063	Α1064	Α1065	Α1066	Α1067	Α1068	Α1069	Α1070	Α1071	Α1072	Α1073	Α1074	Α1075	Α1076	Α1077	Α1078	Α1079	Α1080	Α1081	Α1082	Α1083	Α1084	Α1085	Α1086	Α1087	Α1088	Α1089	Α1090	Α1091	Α1092	Α1093	Α1094	Α1095	Α1096	Α1097	Α1098	Α1099	Α1100	Α1101	Α1102	Α1103	Α1104	Α1105	Α1106	Α1107	Α1108	Α1109	Α1110	Α1111	Α1112	Α1113	Α1114	Α1115	Α1116	Α1117	Α1118	Α1119	Α1120	Α1121	Α1122	Α1123	Α1124	Α1125	Α1126	Α1127	Α1128	Α1129	Α1130	Α1131	Α1132	Α1133	Α1134	Α1135	Α1136	Α1137	Α1138	Α1139	Α1140	Α1141	Α1142	Α1143	Α1144	Α1145	Α1146	Α1147	Α1148	Α1149	Α1150	Α1151	Α1152	Α1153	Α1154	Α1155	Α1156	Α1157	Α1158	Α1159	Α1160	Α1161	Α1162	Α1163	Α1164	Α1165	Α1166	Α1167	Α1168	Α1169	Α1170	Α1171	Α1172	Α1173	Α1174	Α1175	Α1176	Α1177	Α1178	Α1179	Α1180	Α1181	Α1182	Α1183	Α1184	Α1185	Α1186	Α1187	Α1188	Α1189	Α1190	Α1191	Α1192	Α1193	Α1194	Α1195	Α1196	Α1197	Α1198	Α1199	Α1200	Α1201	Α1202	Α1203	Α1204	Α1205	Α1206	Α1207	Α1208	Α1209	Α1210	Α1211	Α1212	Α1213	Α1214	Α1215	Α1216	Α1217	Α1218	Α1219	Α1220	Α1221	Α1222	Α1223	Α1224	Α1225	Α1226	Α1227	Α1228	Α1229	Α1230	Α1231	Α1232	Α1233	Α1234	Α1235	Α1236	Α1237	Α1238	Α1239	Α1240	Α1241	Α1242	Α1243	Α1244	Α1245	Α1246	Α1247	Α1248	Α1249	Α1250	Α1251	Α1252	Α1253	Α1254	Α1255	Α1256	Α1257	Α1258	Α1259	Α1260	Α1261	Α1262	Α1263	Α1264	Α1265	Α1266	Α1267	Α1268	Α1269	Α1270	Α1271	Α1272	Α1273	Α1274	Α1275	Α1276	Α1277	Α1278	Α1279	Α1280	Α1281	Α1282	Α1283	Α1284	Α1285	Α1286	Α1287	Α1288	Α1289	Α1290	Α1291	Α1292	Α1293	Α1294	Α1295	Α1296	Α1297	Α1298	Α1299	Α1300	Α1301</
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

A = Μία της Μεταρρύθμιση κεντρικότητας ή ακεραιότητας στο υπό μυστήριο 14 – 5.

[illegible][illegible]

(Αντα ανταλλάσσονται αστρονομίες, μισή καρέκλα ή δώρο μισή για τον υποδοχικό που αρνείται κωνική πλάτση) Για AIS C - Ανταλλάσσονται 50% του μισή-καρέκλα, κάρτα από το εναίο NEB, έργο μισή ποδηλάτι 23.

D = Κρισητά Αρετής: Άριστες ευγενής βλαβή όμως οφείλται μορφή, με τολάχιστον 50% η παραμόρφωση πλάγιο-καθία κάμψαν του NEB με πρώτο βαθμό ≥ 3 .

[illegible]

Χρόσηφο ΜΚ (ΜΗ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟ): Για την περίπτωση του καθιερωμένου εμπορίου, που κυκλοφορεί εμπορικά και του ΝΕΒ, της κλίμακας ΑΙΣ ή / και της ένωσης μνημονίων (ΖΜΑ) στον άνω χώρο διατίθενται τα υπολογιστήρια ως βάση για αποστολή στην αίτηση.

ASIA
AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION

ΔΙΕΘΝΗ ΚΡΗΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

B/ABON NOTAIOR MYENOR



Σελίδα 2/2

Βήματα για Ταξινόμηση

H ανακοίνωση αφορά κυρίως την επεξεργασία της παλινδρομικής ταξινόμησης BINM (Βασική Ταξινομήσιμη Μελήδου).

4. Προσδιορίστε το επίπεδο αδιαφοροποίησης για την βελία και ομοιογένεια πλάκας.

to distinguish between liver to the output, demand dependent and independent blood flow and liver to the output, demand dependent and independent blood flow.

2. Προσδιορίστε το κινητικό επίπεδο για την αξία και οριστείτε πλήρως
Κοιτάξτε από τον κατάλογο μη-ειδική που έχει βαθμό πολυπλοκότητας 3 (σε όμοιο

Ευχαριστώ τα μέλη της μουσικής ομάδας μου και τον φίλο μου, τον Νίκο, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε.

συμπληρωμένα δι' άλλα το ίδιο με το επίπλο αεροπλάνου, αν οι ελπίδες αυτές μιλούν οριστικά είναι που επιπλο είναι επίσης φανταστικές.

3. Προσδιορίστε το γεωπολιτικό επίπεδο βλάβης (NEB).

αυθεντικότητα και έγκριση μάλιστα, αντιμετωπίζεις ενδεκάτο στην διαδρομή (3/4) της διαδικασίας, με την προσέλευσή σου υπάρχει φυσικό λόγο για (ανάλογη) αξιολόγηση.

extensive histologic reported oncolysis.
To NEB does to me reported now oncolysis and negatively cellular damage.

4. Προσδιορίστε εάν η βλάβη είναι Πληθυσμική ή Αιχμηρή

[illegible]

Endogenous phagocytosis: Autophagy

5. Προσδιορίστε τον βαθμό της ΑΙΣ.
Είμαι η βλάβη Πλήρης: Εάν ΝΑΙ,

IXQ ↑

Είμαι η Μαρία Κωνσταντίνου. Εύχ. ΝΑΙ, ΑΙΣΘ.

IXI
↑
(OXI = εκούσια πωτική σύσταση ή συντήρηση)
Λειτουργία πλυσίματος των τριών επιπέδων

κατα τον Απριλίου έληξε και η
κομπομπή της, αν ο αόρατος έχει
αποθήκευσει στην κομπομπή)

Είναι τουλάχιστον μισοί (μισοί ή περισσότεροι) από τους

μυσ-καίειν καὶ ἀπὸ τοῦ νευρολογικοῦ κέντρου πλεόν.

IXQ

AIS=C AIS=D

Αν η ασθητικότητα και η πυκνή ιδρυση είναι φυσικα επιμεδα, AIS=E

regulation, as in *Aspergillus* and *Streptococcus* [see also review by ENM] (for a recent review of growth regulation). *Escherichia coli* (see review by ENM) and *Saccharomyces cerevisiae* (see review by ENM) are also good model organisms for studying growth regulation. *Escherichia coli* is a good model organism for studying growth regulation, as in *Aspergillus* and *Streptococcus* [see also review by ENM] (for a recent review of growth regulation).

6. Προσδιορίστε την ζώνη μερικής διάσωσης (ΖΜΔ).

H ZMS χρησιμοποιείται μόνο σε προγράμματα με σκοπό εκπαιδευτικό (για ΕΙΔΕ).

απομένον μου αποσπασμάτιον. Η απομένον 2MA δεν έχει

εργαστήριο και ως εκ τούτου καταγράφεται «ΔΕ» (δεν επαρκεί) στο φύλλο ερωτησίου. Αναλόγως, αν παρουσιάζουν ΕΠΛ, η κοινή του ΖΜΔ δεν δίνει επαρκή

NOTA: ILLUSTRAZIONE DI UNO DEI
MOLTI ESERCIZI PROPOSTI IN
QUESTO LIBRO



Παράρτημα Ι



Φόρμα Αξιολόγησης Αυτόνομων Λειτουργιών

Όνομα ασθενούς: _____

Γενική Αυτόνομη Λειτουργία

Σύστημα/Όργανο	Ευρήματα	Παθολογικές καταστάσεις	Σημάδι ελέγχου
Αυτόνομη ρύθμιση της καρδιακής συχνότητας	Φυσιολογικό		
	Παθολογικό	Βραδυκαρδία	
		Ταχυκαρδία	
		Άλλες αρρυθμίες	
	Άγνωστο		
Αυτόνομη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης	Φυσιολογικό		
	Παθολογικό	Συστολική αρτηριακή πίεση ηρεμίας κάτω από 90mmHg	
		Ορθοστατική υπόταση	
		Αυτόνομη δυσρεφλεξία	
	Άγνωστο		
Αυτόνομη ρύθμιση της εφίδρωσης	Φυσιολογικό		
	Παθολογικό	Υπεριδρωση άνωθεν κάκωσης	
		Υπεριδρωση κάτωθεν κάκωσης	
		Υποιδρωση κάτωθεν κάκωσης	
	Άγνωστο		
Θερμορύθμιση	Φυσιολογικό		
	Παθολογικό	Υπερθερμία	
		Υποθερμία	
	Άγνωστο		
	Αδύνατο να αξιολογηθεί		
Αυτόνομη και Συμπαγική Ρύθμιση του Βρογχοπνευμονικού Συστήματος	Φυσιολογικό		
	Παθολογικό	Αδυναμία εκούσιας αναπνοής που απαιτεί πλήρη αναπνευστική υποστήριξη	
		Μειωμένη εκούσια αναπνοή που απαιτεί μερική αναπνευστική υποστήριξη	
		Μειωμένη εκούσια αναπνοή που δεν απαιτεί αναπνευστική υποστήριξη	
	Άγνωστο		
	Αδύνατο να αξιολογηθεί		

Αυτόνομη Διάγνωση: (Υπερνωτιαία ☐ Νωτιαία ☐ Ιππουριδικά ☐)

Κατώτερη ουροποιητική, Εντερική και Σεξουαλική Λειτουργία

Σύστημα/Όργανο	Βαθμοί
Κατώτερο Ουροποιητικό Σύστημα	
Επίγνωση ανάγκης κυστικής κένωσης	
Ικανότητα αποτροπής ακούσιας ούρησης (έγκρατεια)	
Μέθοδος κυστικής κένωσης (αναφέρετε) _____	
Εντερο	
Αίσθηση της ανάγκης για εντερική κίνηση	
Ικανότητα αποτροπής ακούσιας κένωσης (έγκρατεια)	
Εκούσια συστολή σφικτήρα	
Σεξουαλική Λειτουργία	
Γεννητική διέγερση (σύση ή λίπανση)	Ψυχογενής Αιτιολογική
Οργασμός	
Εκσπερμάτωση (μόνο για άντρες)	
Αίσθηση της εμμήνου ρύσης (μόνο για γυναίκες)	

2=Φυσιολογική λειτουργία, 1=Μειωμένη ή Διαφοροποιημένη Νευρολογική Λειτουργία, 0=Πλήρης απώλεια του ελέγχου, X=Αδύνατο να αξιολογηθεί λόγω προϋπαρχόντων ή συνακόλουθων προβλημάτων

Ημ/νια Τραυματισμού _____ Ημ/νια Αξιολόγησης _____

Το παρόν έντυπο μπορεί ελεύθερα να αντιγραφεί ή να αναπαραχθεί αλλά όχι να τροποποιηθεί. Η παρούσα αξιολόγηση οφείλει να χρησιμοποιεί ορολογία που βρίσκεται στο International SCI Data Sets (ASIA and ISCoS - <http://www.iscos.org.uk>)

Εξεταστής _____

Προσάρτημα 2: Μετάφραση Παραρτήματος Ι "Φόρμα Αξιολόγησης Αυτόνομων Λειτουργιών" της Κλίμακας Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρίας Βλαβών Νωτιαίου Μυελού (AIS)

Παράρτημα II**INTERNATIONAL SPINAL CORD INJURY
DATA SETS⁴****Φόρμα Συλλογής Βασικών
Ουροδυναμικών Δεδομένων**

Ημερομηνία Διεξαγωγής: _____ ☐ Άγνωστο

Αισθητικότητα κύστεως κατά την κυστεομετρία πλήρωσης:

☐ Φυσιολογική ☐ Αυξημένη ☐ Μειωμένη ☐ Εκλειπούσα
☐ Μη προσδιορισμένη ☐ Άγνωστο

Λειτουργικότητα εξωστήρα μυός:

☐ Φυσιολογική ☐ Νευρογενής υπερδραστηριότητα εξωστήρα
☐ Υποδραστήριος εξωστήρας ☐ Μη συσπώμενος εξωστήρας
☐ Άγνωστο

Ενδοτικότητα κατά την κυστεομετρία πλήρωσης:

Χαμηλή (< 10mL/cm H₂O) ☐ Ναι ☐ Όχι ☐ Άγνωστο

Λειτουργικότητα ουρήθρας κατά την κένωση:

☐ Φυσιολογική ☐ Ασυνεργεία εξωστήρα και σφικτήρα
☐ Μη χάλαση της παρεμπόδισης του ουρηθρικού σφικτήρα
☐ Μη Εφαρμόσιμη ☐ Άγνωστο

Πίεση εξωστήρα στο σημείο διαρροής _____ cm H₂O

☐ Μη εφαρμόσιμο ☐ Άγνωστο

Μέγιστη πίεση εξωστήρα _____ cm H₂O

☐ Μη εφαρμόσιμο ☐ Άγνωστο

Κυστεομετρική χωρητικότητα κύστης _____ mL

☐ Μη εφαρμόσιμο ☐ Άγνωστο

Υπολειπόμενος όγκος μετά κένωσης _____ mL

☐ Μη εφαρμόσιμο ☐ Άγνωστο

Προσάρτημα 3: Μετάφραση Παραρτήματος II “Φόρμα Συλλογής Βασικών Ουροδυναμικών Δεδομένων” της Κλίμακας Κατάταξης Νευρολογικής Βλάβης της Αμερικανικής Εταιρίας Βλαβών Νωτιαίου Μυελού (AIS)