



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ-ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΨΥΧΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΨΥΧΙΑΤΡΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ»
ΕΠΙΣΤ. ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: Δ. ΔΑΜΙΓΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

**Μεταανάλυση της επίδρασης του Διαδερμικού Ηλεκτρικού
Νευρικού ερεθισμού (TENS) στην αντιμετώπιση του Πόνου μετά
από Θωρακοτομή**

Σπουδαστής:

Κωνσταντινίδης Γεώργιος, Φυσικοθεραπευτής (Α.Μ. 42)

Επιβλέπων καθηγητής:

Γεωργούδης Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης:

Δαμίγος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής Ιατρικής Ψυχολογίας, Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

Ευαγγέλου Άγγελος, Ομότιμος Καθηγητής Φυσιολογίας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Καλφακάκου Βασιλική, Καθηγήτρια Φυσιολογίας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Ιωάννινα, 2008

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου μετά από επέμβαση καρδιάς, πνευμόνων μέσω στερνοτομής (μέση στερνοτομή, πλάγια θωρακοτομή), είναι βασική για την επίτευξη γρήγορης κινητοποίησης και μειωμένων πνευμονικών επιπλοκών. Αν και η αποτελεσματικότητα των αναλγητικών είναι δεδομένη, συνοδεύονται από αρκετές παρενέργειες, η ύπαρξη των οποίων οδήγησε στην αναζήτηση εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης του πόνου. Ο Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, TENS) είναι ένα συμπληρωματικό μέσο στην αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου με ικανοποιητικά αποτελέσματα χωρίς παρενέργειες. Παραμένει όμως αμφίβολη η δράση του μετά από εξειδικευμένες επεμβάσεις καρδιάς και πνευμόνων. Στόχος της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης/μεταανάλυσης ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του TENS στον πόνο και στην πρόσληψη αναλγητικών φαρμάκων. Διερευνήθηκε η δημοσιευμένη αρθρογραφία για τυχαιοποιημένες μελέτες σχετικά με την επίδραση του TENS στην ελάττωση του μετεγχειρητικού πόνου με βάση την Οπτική Αναλογική Κλίμακα (VAS) και την μειωμένη πρόσληψη αναλγητικών φαρμάκων μετά από θωρακοτομή. Ελέγχθηκαν οι βάσεις δεδομένων MEDLINE(1966- 6^{ος} /2008), COCHRANE Central Register of Controlled Trials, CINAHL (1982- 6^{ος} /2008), EMBASE (1988-6^{ος}/2008), PUBMED (1966-6^{ος}/2008) καθώς και στις πηγές των αναφερόμενων άρθρων. Ευρέθησαν δεκατέσσερις σχετικές μελέτες. Με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης που ετέθησαν, συμπεριελήφθησαν οι εννέα σε περαιτέρω ανάλυση ενώ πέντε αποκλείονται. Η στατιστική ανάλυση στηρίχθηκε στο Mean Weighted Difference (MWD) μεταξύ των ομάδων που εφάρμοσαν TENS και placebo TENS ή μεταξύ TENS και control ομάδας. Με βάση την VAS ευρέθη ελάττωση του πόνου κατά 50,23% (εύρος, 23,98% έως 61,68%) στην ομάδα που εφάρμοσε το TENS σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (placebo TENS ή control). Η πρόσληψη αναλγητικών ελαττώθηκε κατά 27,44% (εύρος, -14,8% έως 58,3%) στην ομάδα που έκανε TENS σε σχέση με την placebo TENS ή την control ομάδα. Το TENS φαίνεται να ελαττώνει τον μετεγχειρητικό πόνο και την ποσότητα των αναλγητικών φαρμάκων, μετά

από θωρακοτομή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια, χωρίς παρενέργειες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	5
Συντμήσεις	6
Εικόνες-Πίνακες	7
 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	 8
 ΜΕΡΟΣ 1 ^ο	
ΘΩΡΑΚΟΤΟΜΕΣ-TENS	
1. ΘΩΡΑΚΟΤΟΜΕΣ	10
2. ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (TENS)	19
 ΜΕΡΟΣ 2 ^ο	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	31
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	41
2.1 Ανασκόπηση Αρθρογραφίας-Βιβλιογραφίας	41
2.2 Εργαλεία Αξιολόγησης του Αποτελέσματος	42
2.3 Στατιστική Ανάλυση	43
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	45
3.1 Αποτελέσματα TENS όσον αφορά τον Πόνο	48
3.2 Αποτελέσματα όσον αφορά την πρόσληψη Αναλγητικών	49
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	50
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	62

Ευχαριστίες

Δεν έχω λόγια να ευχαριστήσω τον Dr.Γεώργιο Γεωργούδη για την ευκαιρία που μου έδωσε να "μυηθώ" στην έρευνα. Οι οδηγίες του πολύτιμες, η παρουσία του συνεχής, η συμπαράσταση του απεριόριστη. Μοιράστηκε τις γνώσεις και την πείρα του με μεγάλη προθυμία και ευχαρίστηση... Τον Ευχαριστώ...

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον ιατρό- πνευμονολόγο κ. Κριαρά Ιωάννη, επιμελητή Α' της καρδιοχειρουργικής ΜΕΘ του Ω.Κ.Κ, για την πολύτιμη βοήθεια του, διότι έκανε ότι ήταν δυνατόν ώστε αυτή η πορεία να φτάσει στο "τέλος" της.

Για τον Νίκο, τον Άγγελο και την Φαίη, συναδέλφοι φυσικοθεραπευτές στο Ω.Κ.Κ, ότι και να πω είναι λίγα...Η συμπαράσταση τους απεριόριστη, η συμβολή τους καθοριστική, ήταν και είναι πραγματικά δίπλα μου. Σε καλές και άσχημες στιγμές...

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου. Για την υπομονή, την συμπαράσταση και την αγάπη τους...

Συντμήσεις

TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation: Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός

ΜΕΘ: Μονάδα Εντατικής Θεραπείας

ΣΣ: Σπονδυλική Στήλη

PAG: Periaqueductal Gray Matter: Περιυδραγωγίμη φαιά ουσία

RVM: Rostral Ventral Magnus nucleus: Κοιλιοπλάγιος πυρήνας

Θ₁: 1^{ος} θωρακικός σπόνδυλος

Θ₅: 5^{ος} θωρακικός σπόνδυλος

VAS: Visual Analogue Scale: Οπτική Αναλογική Κλίμακα

NRS: Numerical Rating Scale: Αριθμητική κλίμακα

PCA: Patient Controlled Analgesia: Αναλγησία ελεγχόμενη από τον ασθενή

Εικόνες

Εικόνα 1. Οπισθοπλάγια Θωρακοτομή	11
Εικόνα 2. Προσθιοπλάγια Θωρακοτομή	12
Εικόνα 3. Πλάγια Θωρακοτομή	13
Εικόνα 4. Μασχαλιαία Θωρακοτομή	15
Εικόνα 5. Μέση Στερνοτομή	16
Εικόνα 6. Θωρακοκοιλιακές Τομές	17
Εικόνα 7. Μονάδα TENS	19
Εικόνα 8. Ηλεκτρόδια TENS σε Μέση Στερνοτομή	21
Εικόνα 9. Διάταξη Ηλεκτροδίων "Box"	21
Εικόνα 10. Ηλεκτρόδια σε Διάταξη Διέλευσης	22
Εικόνα 11. Ηλεκτρόδια σε Σταυρωτή Διάταξη	23
Εικόνα 12. Θεωρία της Πύλης των Melzack & Wall	24
Εικόνα 13. Αναστολή του Πόνου στο ΚΝΣ . Ενδορφίνες	26
Εικόνα 14. Μονοπάτι PAG-RVM-Οπισθίου Νωτιαίου Κέρατος Αναστολής του Πόνου	28
Εικόνα 15. Άμεση Μετασυναπτική Αναστολή των Νωτιαίων Νευρώνων	29
Εικόνα 16. Ηλεκτρόδια TENS σε Πλάγια Θωρακοτομή	30

Πίνακες

Πίνακας 1. Λίστα Μελετών που Πληρούσαν τα Κριτήρια Εισόδου.....	46
Πίνακας 2. Λίστα Μελετών που Εξαιρέθηκαν	47
Πίνακας 3. Αποτελέσματα όσον Αφορά τον Πόνο.....	48
Πίνακας 4. Αποτελέσματα όσον Αφορά την Πρόσληψη Αναλγητικών.....	49

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο πόνος είναι μια παρεξηγημένη αίσθηση. Είναι ανεπιθύμητος και μόνο στην ιδέα αποδιοργανώνει τους περισσότερους. Είναι όμως ένα στοιχείο-πολύ σοβαρό- ό,τι κάτι δεν πάει καλά, ό,τι υπάρχει υπερλειτουργία ή υπολειτουργία κάποιου ή κάποιων συστημάτων. Το κατ' εκλογή πρώτο μέσο για την αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου είναι η χορήγηση αναλγητικών φαρμάκων όπου η συμβολή τους είναι πολύτιμη και αποτελεσματική αν και σε αρκετές περιπτώσεις όμως συνοδεύεται από παρενέργειες, όπως αναπνευστική καταστολή, ναυτία, εμετό, εξάρτηση, κ.α (Bayindir et al, 1991, Forster et al, 1994).

Η προσωπική εμπειρία μου πάνω σ' αυτό το θέμα συμφωνεί με τα παραπάνω μια και η θέση εργασίας μου είναι στην μονάδα εντατικής θεραπείας καρδιοχειρουργικού κέντρου. Εκεί διαπίστωσα, "ιδίοις όμμασι" τον έντονο πόνο που βιώνουν οι ασθενείς μετά από τις επεμβάσεις. Ακόμα και οι διασωληνωμένοι "δείχνουν" ότι πονούν μέσα από αλλαγές στην καρδιακή συχνότητα και την αρτηριακή πίεση. Με το πέρασμα της ώρας και ενώ η αναισθησία του χειρουργείου υποχωρεί σημαντικά, οι ασθενείς "ξυπνούν" και μαζί τους έρχεται και ο πόνος. Τους εμποδίζει να αναπνεύσουν και να προβούν σε επαρκή καθαρισμό του τραχειοβρογχικού τους δέντρου από τις εκκρίσεις. Αλλά και αργότερα, όταν μεταφερθούν στον θάλαμο νοσηλείας, ο πόνος είναι παρών και δυσκολεύει την αναπνευστική λειτουργία, την κινητοποίηση και επιβαρύνει την ψυχολογία τους. Η πρώτη γραμμή άμυνας είναι τα φάρμακα. Αναλγητικά που χορηγούνται ενδοφλέβια (μορφίνη, πεθιδίνη) στην ΜΕΘ και στην συνέχεια, είτε ενδομυϊκά, είτε από το στόμα. Πολλές φορές οι ασθενείς αναφέρουν ότι συνεχίζουν να πονούν ή ότι δεν αισθάνονται άνετα ενώ επιπλέον ποσότητα φαρμάκων δεν μπορεί να τους χορηγηθεί πριν περάσει συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο πόνος τους όμως πρέπει να αντιμετωπισθεί.

Πάντοτε υπήρχε η σκέψη για την εφαρμογή ενός εναλλακτικού, για άλλους συμπληρωματικού μέσου για την αντιμετώπιση του πόνου, ιδιαίτερα μετά από χειρουργικές επεμβάσεις το οποίο να είναι αποτελεσματικό και χωρίς παρενέργειες αν γίνεται. Ο Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός

Ερεθισμός (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) είναι ένα από τα μέσα αυτά.

Στην διεθνή αρθρογραφία-βιβλιογραφία τα πράγματα δεν είναι ξεκάθαρα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα του TENS στην αντιμετώπιση του πόνου μετά από θωρακοτομές (π.χ μέση στερνοτομή, πλάγια θωρακοτομή κ.α). Αυτού του τύπου οι τομές προκαλούν έντονο πόνο μετά την επέμβαση, ο οποίος έχει σαν αποτέλεσμα αναπνευστικές επιπλοκές και δυσκολία στην γρήγορη κινητοποίηση των ασθενών, οδηγώντας έτσι σε δυσάρεστες καταστάσεις που δυσκολεύουν την ομαλή μετεγχειρητική πορεία των ασθενών. Σε αυτήν εδώ την εργασία θα διερευνήσουμε την αποτελεσματικότητα του TENS στην αντιμετώπιση του πόνου μετά από θωρακοτομές.

Το πρώτο μέρος αποτελείται από δύο κεφάλαια, τις θωρακοτομές και το TENS. Στο πρώτο κεφάλαιο (θωρακοτομές), περιγράφεται ο τρόπος που γίνονται, η θέση του ασθενή, τα είδη των επεμβάσεων που γίνονται στα όργανα και τους λόγους για τους οποίους προκαλείται πόνος. Στο δεύτερο κεφάλαιο (TENS) περιγράφονται τα γενικά χαρακτηριστικά του διαδερμικού ηλεκτρικού νευρικού ερεθισμού, οι παράμετροι λειτουργίας και ο τρόπος τοποθέτησης των ηλεκτροδίων. Αναφέρονται επίσης και οι μηχανισμοί που εξηγούν την δράση του TENS και το πώς προκαλεί την αναλγησία.

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την συστηματική ανασκόπηση. Περιγράφεται όλη η μεθοδολογία της εργασίας, η οριοθέτηση του σκοπού, ο τρόπος με τον οποίο βρέθηκαν οι σχετικές μελέτες, η διερεύνηση και η συνολική τους επεξεργασία μέχρι τα τελικά συμπεράσματα.

ΜΕΡΟΣ 1^ο ΘΩΡΑΚΟΤΟΜΕΣ-TENS

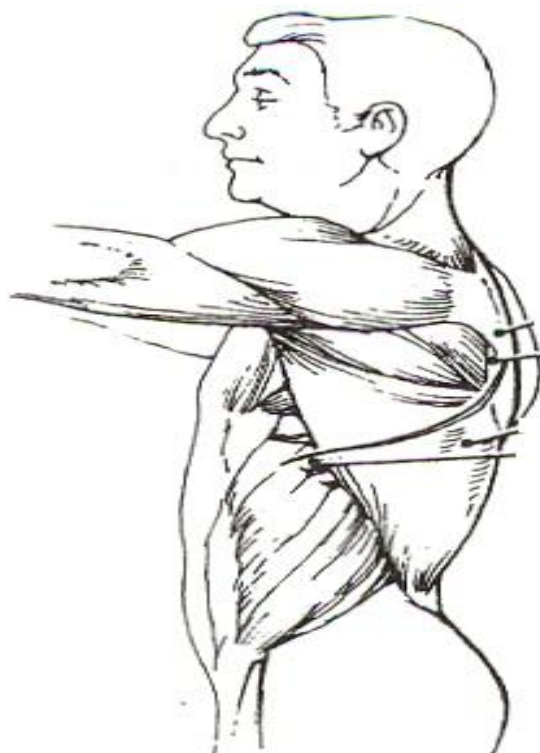
1. ΘΩΡΑΚΟΤΟΜΕΣ

Η πρόσβαση στο μεσοθωράκιο και τις θωρακικές κοιλότητες δεν ήταν εύκολη μέχρι τα τελευταία χρόνια εξαιτίας του πνευμοθώρακα που προκαλείτο λόγω του χειρουργείου (Crawford & Kratz, 1990, Hillegas & Sadowski, 2001). Η πρώτη προσπάθεια θεραπείας ενδοθωρακικών νοσημάτων έγινε πριν από 2400 χρόνια, όταν ο Ιπποκράτης περιέγραψε παροχέτευση του εμπυήματος (Crawford & Kratz, 1990). Με την πάροδο των ετών, έγιναν διαφορετικές προσεγγίσεις των οργάνων της θωρακικής κοιλότητας. Μια επιτυχημένη προσέγγιση μπορεί να γίνει ικανοποιητικά μέσω διαφόρων χειρουργικών τομών π.χ. εκτομή πνεύμονα γίνεται μέσω οπίσθιας θωρακοτομής ή μέσω μέσης στερνοτομής, ή πρόσθιας θωρακοτομής. Η επιλογή εξαρτάται από το είδος του προβλήματος, από την εμπειρία και την ικανότητα του χειρουργού (Katz et al, 1996, Hillegas & Sadowski, 2001).

Οι θωρακοτομές είναι οι ακόλουθες:

i) Οπισθοπλάγια Θωρακοτομή

Στην οπισθοπλάγια θωρακοτομή ο ασθενής τοποθετείται γυρισμένος κατά ένα τέταρτο από την πρηνή θέση (η πλευρά που θα γίνει η τομή είναι επάνω) με το σύστοιχο χέρι να είναι σε κάμψη και να βρίσκεται δίπλα στο κεφάλι. Η τυπική οπισθοπλάγια θωρακοτομή εκτείνεται προς τα κάτω από ένα σημείο που βρίσκεται ανάμεσα στον τέταρτο θωρακικό σπόνδυλο και την ωμοπλάτη, κάνοντας μια ομαλή καμπύλη κατά μήκος του πέμπτου ή έκτου μεσοπλεύριου διαστήματος μέχρι την πρόσθια μασχαλιαία γραμμή. Ο πρόσθιος οδοντωτός μυς χωρίζεται κοντά στην μυϊκή του πρόσφυση σε μια προσπάθεια να διατηρηθεί η λειτουργία του και να αποφευχθεί τραυματισμός στο μακρό θωρακικό νεύρο. Η είσοδος γίνεται μέσω μιας τομής των μεσοπλεύριων μυών, συνήθως στο πέμπτο μεσοπλεύριο διάστημα, κάτι όμως που εξαρτάται από την παθολογική κατάσταση (Crawford & Kratz, 1990, Kittle, 1991, Hillegas & Sadowski, 2001) (*Εικόνα 1*).



Εικόνα 1. Οπισθοπλάγια Θωρακοτομή. Από: Cooley DA. *Techniques in Cardiac Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.

Η τομή αυτή χρησιμοποιείται για τις περισσότερες πνευμονικές εκτομές και για όγκους του μεσοθωρακίου. Επίσης εφαρμόζεται σε χειρουργεία οισοφάγου, σε ανοικτές και κλειστές επεμβάσεις καρδιάς, σε ανευρύσματα κατιούσης θωρακικής αορτής, για την διόρθωση στένωσης αορτής καθώς επίσης και για την απολίνωση ανοικτού αρτηριακού πόρου (Crawford & Kratz, 1990, Kalso et al, 1992).

ii) Προσθιοπλάγια Θωρακοτομή

Οι ασθενείς τοποθετούνται σε στροφή ενός τετάρτου από την ύπτια θέση με τον αγκώνα του σύστοιχου άνω άκρου σε κάμψη και όλο το άκρο βρίσκεται είτε πίσω στην πλάτη επιφέροντας έτσι έλξη του πλατύ ραχιαίου μυός, είτε σε έσω στροφή και οριζόντια προσαγωγή (εικόνα 2) στην προετοιμασία για προσθιοπλάγια θωρακοτομή. Η τομή γίνεται κάτω από το μαστό, κατά μήκος του τέταρτου ή πέμπτου μεσοπλεύριου διαστήματος από την μέση μασχαλιαία γραμμή έως την μεσοκλειδική γραμμή ή μέχρι την άκρη του στέρνου. Ο μείζων θωρακικός μυς διανοίγεται και οι ίνες του πρόσθιου

οδοντωτού χωρίζονται ενώ στις γυναίκες κάποιες φορές είναι απαραίτητο ο χειρουργός να ανυψώσει το μαστό (Crawford & Kratz, 1990, Kittle, 1991, Hillegas & Sadowski, 2001) (Εικόνα 2).



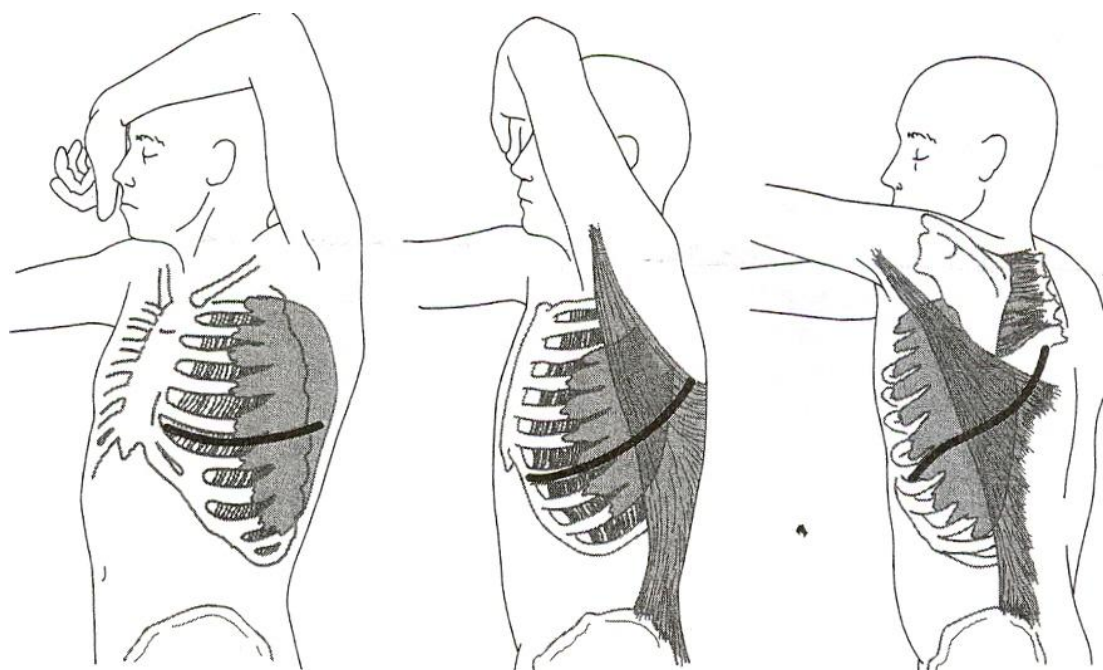
Εικόνα 2. Προσθιοπλάγια Θωρακοτομή. Από: Cooley DA. *Techniques in Cardiac Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.

Με αυτή την τομή γίνεται εκτομή καρκινώματος πνεύμονα, εκτομή “μπούλας”, ανοικτή βιοψία πνεύμονα, σύγκλειση μεσοκοιλιακής επικοινωνίας. Ακόμα αντιμετωπίζονται συστηματικές πνευμονικές παθήσεις και απολίνωση ανοικτού αρτηριακού πόρου (Crawford & Kratz, 1990).

iii) Πλάγια Θωρακοτομή

Οι ασθενείς τοποθετούνται σε πλάγια θέση, η προς χειρουργείο πλευρά είναι επάνω και το σύστοιχο άνω άκρο είναι σε απαγωγή, στροφή, με τον αγκώνα σε κάμψη (υπερβολική απαγωγή ή στροφή πρέπει να αποφεύγεται γιατί μπορεί να προκαλέσει κάκωση στο βραχιόνιο πλέγμα). Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές όσον αφορά την συγκεκριμένη τομή, αν και γενικά ξεκίνα από την γραμμή της θηλής και εκτείνεται μέχρι την ωμοπλάτη. Ο πλατύς ραχιαίος μυς δεν τέμνεται αλλά τον τραβά ο χειρουργός είτε προς τα

πάνω είτε προς τα κάτω ενώ οι μυϊκές ίνες του πρόσθιου οδοντωτού ή των μεσοπλευρίων μυών τέμνονται, ώστε να επιτραπεί η πρόσβαση στο κατάλληλο σημείο της θωρακικής κοιλότητας (συχνότερα στο τέταρτο, πέμπτο ή έκτο διάστημα). Προσοχή πρέπει να δοθεί στην διατήρηση του μακρού θωρακικού νεύρου ώστε να μην υπάρχουν μετεγχειρητικά νευρομυϊκά προβλήματα στην περιοχή της ωμοπλάτης (Crawford & Kratz, 1990, Kittle, 1991, Hillegas & Sadowski, 2001) (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Πλάγια Θωρακοτομή. Από: Cooley DA. *Techniques in Cardiac Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.

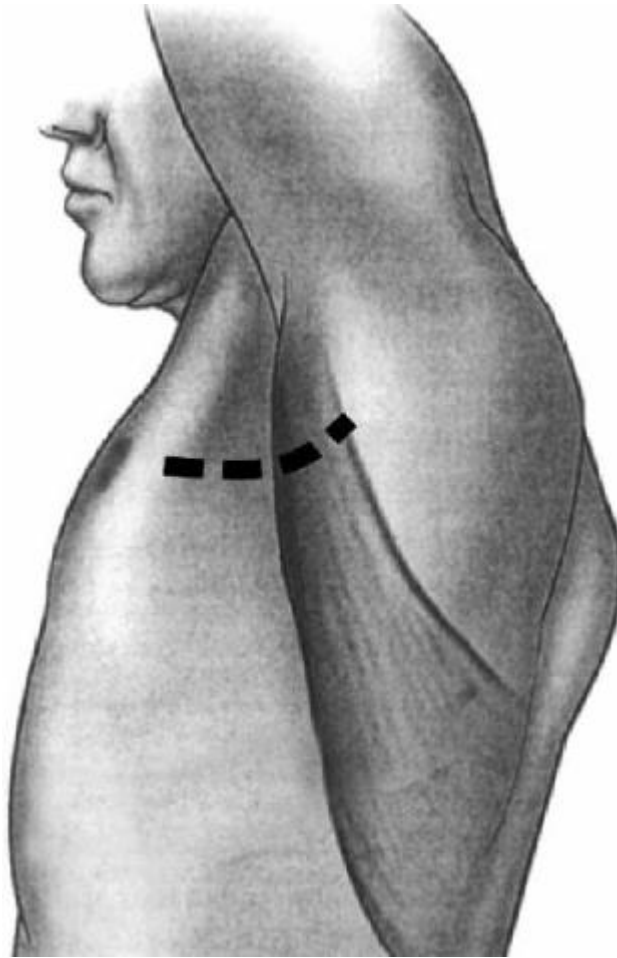
iv) Οπίσθια Θωρακοτομή

Η οπίσθια θωρακοτομή περιγράφεται για ιστορικούς λόγους. Αν και την χρησιμοποιούσαν πάρα πολύ στο παρελθόν για πνευμονικές εκτομές, σήμερα σπάνια εφαρμόζεται. Ο ασθενής τοποθετείται σε πρηνή θέση, σε ειδικό τραπέζι, που επιτρέπει την συνολική παρασκευή του θώρακα αλλά στηρίζει ταυτόχρονα και τον ασθενή. Η είσοδος γίνεται με οπίσθια μεσοπλευρία τομή. Η τομή αυτή έχει τα πλεονεκτήματα ότι δεν επιτρέπει τη μετακίνηση αίματος ή πυώδους υγρού από την πλευρά της επέμβασης στον άλλο πνεύμονα και επιτρέπει την καλύτερη παροχέτευση του αίματος που προκύπτει από την

διαδικασία. Παρόλα τα πλεονεκτήματα έχει αρκετά μειονεκτήματα, όπως το ότι απαιτεί ειδικό τραπέζι, καθώς και δυσκολία στην αναισθησία και την παρατήρηση του ασθενούς, αναγκάζοντας τους χειρουργούς να χρησιμοποιούν άλλες τομές (Crawford & Kratz, 1990, Kittle, 1991, Hillegas & Sadowski, 2001).

ν) Μασχαλιαία Θωρακοτομή

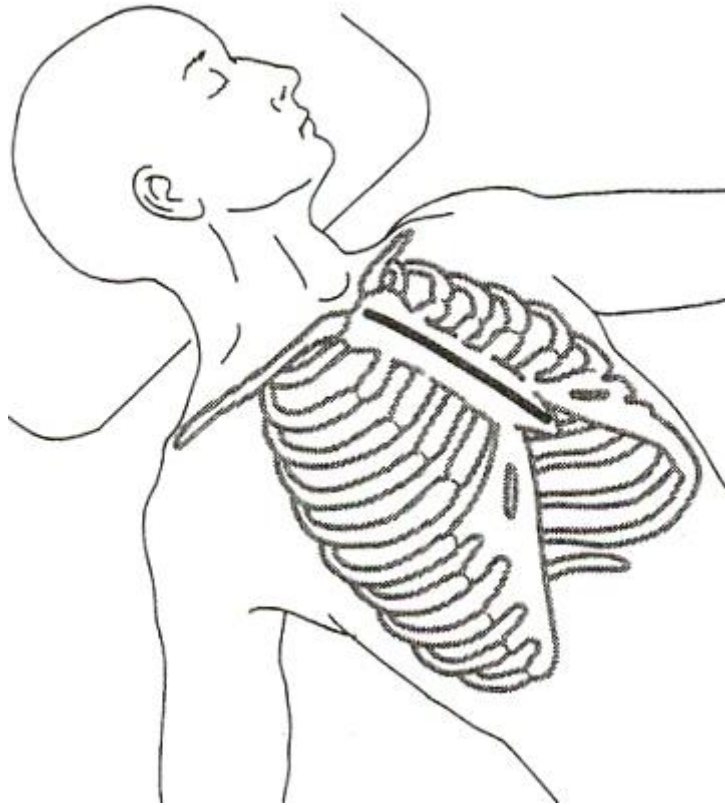
Η μασχαλιαία θωρακοτομή, ορισμένες φορές χρησιμοποιείται για αφαίρεση κύστης ή για νωτιαία συμπαθεκτομή. Ο ασθενής τοποθετείται όπως και στην πλάγια θωρακοτομή. Από την άκρη του μείζων θωρακικού, πρόσθια, η τομή εκτείνεται προς τα πίσω κατά μήκος του δεύτερου μεσοπλεύριου διαστήματος ως το άκρο του πλατύ ραχιαίου μυός (Crawford & Kratz, 1990, Hillegas & Sadowski, 2001) (*Εικόνα 4*). Εφαρμόζεται όταν θέλει ο χειρουργός να κάνει ικανοποιητική έκθεση ή αφαίρεση της 1^{ης} πλευράς, σε θωρακική συμπαθεκτομή και σε κάποιες άλλες επεμβάσεις στην θωρακική κοιλότητα (Crawford & Kratz, 1990).



Εικόνα 4. Μασχαλιαία Θωρακοτομή. Από: Cooley DA. *Techniques in Cardiac Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.

vi) Μέση Στερνοτομή

Η μέση στερνοτομή είναι πιθανώς η πιο συχνή επιλογή για καρδιοθωρακικές επεμβάσεις. Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια κατάκλιση. Η τομή συνήθως ξεκινά από την μέση γραμμή κάτω από την μηννοειδή εντομή και φτάνει μέχρι την ξιφοειδή απόφυση. Το στήρνο χωρίζεται κατά μήκος της μέσης γραμμής με συγκεκριμένα βήματα και με την βοήθεια διαστολέα, ο οποίος κρατά την τομή ανοικτή. Κατά το τέλος της εγχείρησης το στήρνο, τις περισσότερες φορές, κλείνεται και συγκρατείται στην θέση του με ανοξείδωτο σύρμα και το δέρμα από πάνω του κλείνεται σε στοιβάδες (Crawford & Kratz, 1990, Kittle, 1991, Hillegas & Sadowski, 2001) (Εικόνα 5).



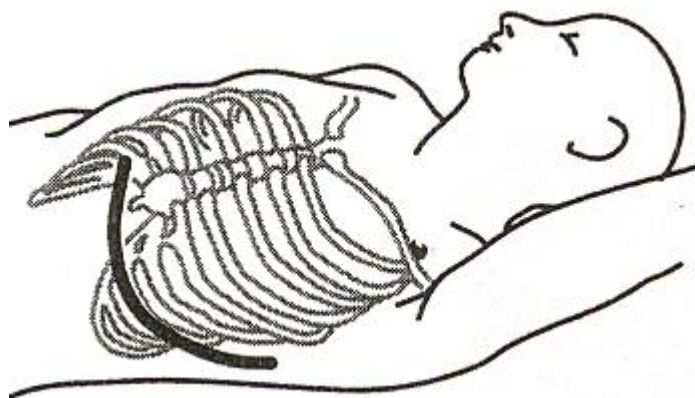
Εικόνα 5. Μέση Στερνοτομή. Από: Cooley DA. *Techniques in Cardiac Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.

Χρησιμοποιείται για καρδιακές επεμβάσεις, εκτομή του θύμου αδένος, σε αφαίρεση όγκων του μεσοθωρακίου καθώς επίσης και σε πνευμονεκτομές, λοβεκτομές (Hillegas & Sadowski, 2001).

vii) Θωρακοκοιλιακές Τομές

Μια θωρακοκοιλιακή τομή επιτρέπει επεμβάσεις στο διάφραγμα, στον οισοφάγο, στην χοληδόχο κύστη, στον δεξιό λοβό του ήπατος, στον σπλήνα, στα νεφρά κ.α. Επιτρέπει επίσης την ταυτόχρονη έκθεση άνω κοιλίας και κατώτερης θωρακικής κοιλότητας (π.χ για θωρακοκοιλιακά ανευρύσματα). Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση με την πλευρά που θα γίνει η επέμβαση ανυψωμένη κατά 30° ή 45°, οι γλουτοί και η πλάτη επίσης πιο ψηλά το σύστοιχο χέρι στην ίδια θέση όπως στην οπισθοπλάγια θωρακοτομή. Η τομή, συνήθως εκτείνεται από το όγδοο ή ένατο μεσοπλεύριο διάστημα, στην οπίσθια μασχαλιαία γραμμή έως την μέση γραμμή της κοιλιάς, τέμνοντας τον

πλατύ ραχιαίο, τον πρόσθιο οδοντωτό, τον έξω πλάγιο και τον ορθό κοιλιακό (Kittle, 1991, Crawford & Kratz, 1990, Hillegas & Sadowski, 2001) (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Θωρακοκοιλιακές Τομές. Από: Cooley DA. *Techniques in Cardiac Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.

Ο πόνος που προκύπτει μετά από επεμβάσεις στο θώρακα και στην κοιλιακή περιοχή μπορεί να είναι πολύ έντονος, καθώς οι επεμβάσεις περιλαμβάνουν εκτεταμένες τομές και μετακίνηση οργάνων. Κατά την εκτέλεση της τομής κόβονται αρκετά μικρά νεύρα, μύες ενώ η χρήση του διαστολέα πιέζει τις δομές στην περιοχή και οι σωλήνες παροχέτευσης που τοποθετούνται μετεγχειρητικά, συμβάλλουν στην αύξηση του πόνου (Gravelee & Rauch, 1993, Smith & Ball, 1998, Hillegas & Sadowski, 2001). Ο πόνος στις θωρακοκοιλιακές τομές μπορεί να προκαλείται από το γλωσσοφαρυγγικό ή το φρενικό νεύρο καθώς και από την άρθρωση του ώμου μέσω των αυχενικών νεύρων $A_5 - A_7$. Σημαντικός επίσης υποστηρίζεται ότι είναι ο ρόλος του αυτόνομου νευρικού συστήματος, στην παραγωγή πόνου από τα σπλάχνα, αν και ο μηχανισμός που οδηγεί σ' αυτό δεν είναι πλήρως κατανοητός μέχρι σήμερα (Smith & Ball, 1998, Conacher, 2001).

Αρκετά από τα παραπάνω έχουν εφαρμογή στις επεμβάσεις ανοικτής καρδιάς. Ο πόνος μπορεί να προέρχεται από την στερνοτομή, ή από το υπερβολικό άνοιγμα με το διαστολέα με αποτέλεσμα κάκωση στα πλευρά και στις χονδροπλευρικές συνδέσεις. Είναι δυνατόν ο πόνος να προκαλείται και επειδή έχουν χρησιμοποιηθεί η μία ή και οι δύο μαστικές αρτηρίες, διότι για να

παρασκευασθούν έλκονται από το τοίχωμα. Βέβαια η μέση στερνοτομή είναι λιγότερο επώδυνη από τις πλάγιες θωρακοτομές και οι ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε επέμβαση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης παραπονιούνται περισσότερο για πόνο από την τομή στο πόδι, στο σημείο που παίρνεται το μόσχευμα της σαφηνούς φλέβας (Forster et al, 1994, Katz et al, 1996, Kavanagh et al, 1997, Smith & Ball, 1998). Η πλάγια θωρακοτομή έχει περισσότερο πόνο. Υπάρχουν και εδώ σωλήνες παροχέτευσης και χρησιμοποιείται διαστολέας για την ευκολότερη πρόσβαση στο χειρουργικό πεδίο. Εκτός από τις βλάβες στα πλευρά, εδώ κόβονται περισσότερες και πιο πυκνές μυϊκές ομάδες και κατ' επέκταση περισσότερα μικρά νεύρα (Craig et al, 1991, Dajczam et al, 1991, Benedetti et al, 1997, Conacher, 2001).

Οι κινήσεις των άνω άκρων επηρεάζουν άμεσα το θωρακικό τοίχωμα, προκαλώντας αύξηση του πόνου, ιδιαίτερα αν οι ασθενείς έχουν υποβληθεί σε πλάγια θωρακοτομή, λόγω τραυματισμού των μεσοπλεύριων μυών και των άλλων μυών που προσφύονται στο θωρακικό τοίχωμα (Kalso et al, 1992, Smith & Ball, 1998, Hillegas & Sadowski, 2001, Erdogan et al, 2005).

2. ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (TENS)

Ο Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, TENS) ορίζεται ως η εφαρμογή ηλεκτρικού ερεθισμού στο δέρμα για τον έλεγχο του πόνου. Το όνομα οφείλεται στον Dr. Charles Burton που ήταν ο πρώτος που το εφάρμοσε (Burton & Maurer, 1974). Ο ηλεκτρικός ερεθισμός για τον έλεγχο του πόνου χρησιμοποιήθηκε στην αρχαία Ελλάδα το 63 π.χ, με την πρώτη γραπτή επιβεβαίωση από τον Αριστοτέλη (Kane & Taub, 1975). Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του εικοστού υπάρχουν αναφορές από γιατρούς και οδοντιάτρους που αναφέρουν την χρήση του ηλεκτρισμού σαν αναλγητικό και αναισθητικό. Πάντως η πλήρης αποδοχή από την ιατρική κοινότητα του ηλεκτρικού ερεθισμού ως αναλγητικό έγινε μετά από την διατύπωση της θεωρίας της πύλης των Melzack και Wall το 1965 (Wall & Sweet, 1967).

Μια μονάδα TENS αποτελείται από μία ή περισσότερες συσκευές παραγωγής σημάτων, μια μπαταρία και ένα ή δύο σετ ηλεκτροδίων. Τα ηλεκτρόδια μπορεί να είναι όμοια πλακοειδή, ανόμοια πλακοειδή, ή ανόμοια το ένα πλακοειδές και το άλλο ακίδα(εφαρμογή σε αντανακλαστικά σημεία ή στα γάγγλια). Οι συσκευές είναι μικρές σε διαστάσεις και έχουν ρυθμιζόμενες παραμέτρους (συχνότητα, διάρκεια παλμού, ένταση) (Walsh, 1996) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Μονάδα TENS. Από: www.medsales.com.

Κλινικά οι παράμετροι που εφαρμόζονται ποικίλουν. Η συχνότητα μπορεί να είναι υψηλή ($> 50 \text{ Hz}$) ή χαμηλή ($<10 \text{ Hz}$). Ο τρόπος ροής του ρεύματος μπορεί να είναι ως εξής:

α) Συνεχής ως προς την συχνότητα και την ένταση του ρεύματος. Σε αυτή την περίπτωση καθόλη την διάρκεια του ερεθισμού οι παράμετροι παραμένουν σταθερές.

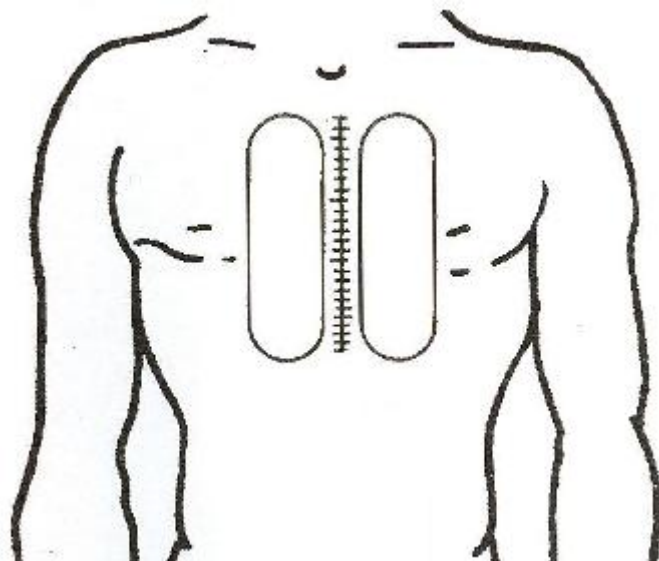
β) Με διαμόρφωση του εύρους (έντασης) και της παλμοσειράς (amplitude modulation). Με αυτόν τον τρόπο η διαμόρφωση γίνεται με σταδιακή αυξομείωση της έντασης του ρεύματος, ενώ η συχνότητα παραμένει αμετάβλητη.

γ) Με διαμορφώσεις της συχνότητας (frequency modulation). Σ' αυτή την περίπτωση οι επιλεγόμενες συχνότητες εναλλάσσονται σε ίσα χρονικά διαστήματα.

δ) "Εκρηκτική" (Burst modulation) με διακοπτόμενες τις παλμοσειρές (Walsh, 1996).

Η ένταση ρυθμίζεται και εξαρτάται από τον ασθενή και από το είδος του ερεθισμού. Γενικά υψηλή συχνότητα σε συνδυασμό με χαμηλή ένταση είναι η κλασική μορφή του TENS ενώ χαμηλή συχνότητα με υψηλή ένταση αναφέρεται σαν "ηλεκτροβελονισμός". Πάντως οι παράμετροι αλλάζουν στην βιβλιογραφία συνεχώς αναλόγως τους ασθενείς και τις μελέτες (Robinson & Snyder- Mackler, 1995, Walsh, 1996).

Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται σε διάφορες περιοχές. Άλλοι τα τοποθετούν στο σημείο του πόνου, τοπικά γύρω από την επώδυνη περιοχή ή γύρω από την τομή, άλλοι στο δερμοτόμιο ενώ άλλοι στα σημεία βελονισμού. Μπορούν επίσης να εφαρμοσθούν και μακρύτερα από το σημείο του πόνου ή την τομή, σε αντανεκλαστικά σημεία καθώς επίσης και παρασπονδυλικά (Robinson & Snyder- Mackler, 1995, Walsh, 1996) (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Ηλεκτρόδια TENS σε Μέση Στερνοτομή. *Τροποποιημένο από: Γιόκαρης Π. ΚΛΙΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ. 2^η εκδ. Τόμος Β, Αθήνα 2007, σελ 219.*

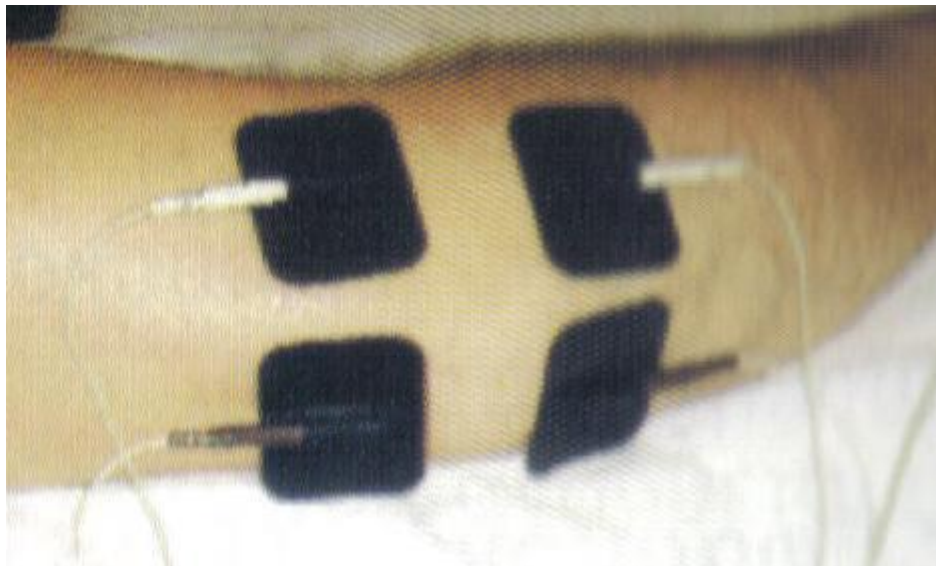
Οι τρόποι τοποθέτησης των ηλεκτροδίων είναι οι παρακάτω:

- 1) σε διάταξη "Box". Τα ηλεκτρικά κυκλώματα και των δύο καναλιών καλύπτουν πλευρικά την επώδυνη περιοχή (Εικόνα 9).



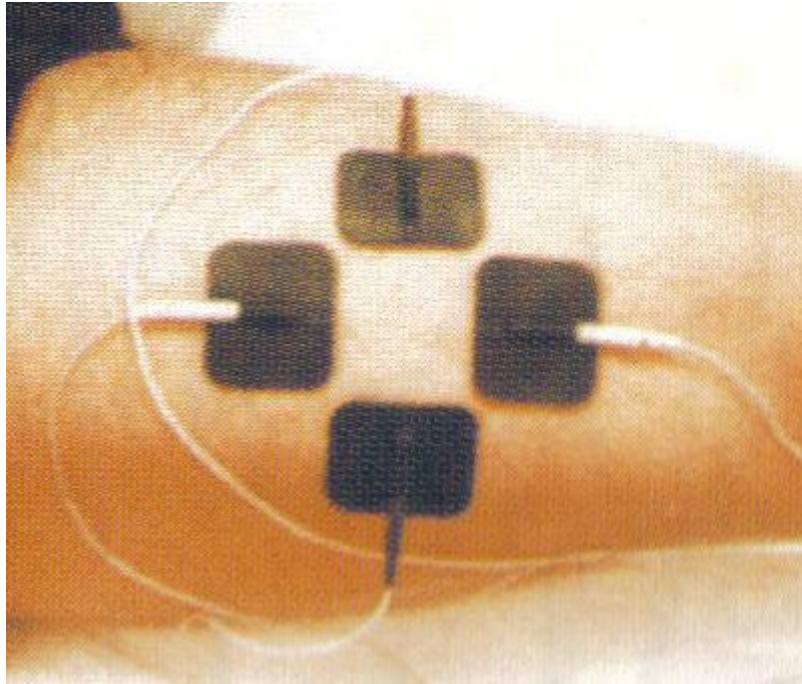
Εικόνα 9. Διάταξη Ηλεκτροδίων "Box". *Τροποποιημένο από: Γιόκαρης Π. ΚΛΙΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ. 2^η εκδ. Τόμος Β, Αθήνα 2007, σελ 226.*

- 2) σε διάταξη διέλευσης. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε τα ηλεκτρικά κυκλώματα να διαπερνούν την επώδυνη περιοχή σε παράλληλη πορεία (Εικόνα 10)



Εικόνα 10. Ηλεκτρόδια σε Διάταξη Διέλευσης. *Τροποποιημένο από: Γρόκαρης Π. ΚΛΙΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ. 2^η εκδ. Τόμος Β, Αθήνα 2007, σελ 231.*

- 3) σε σταυρωτή διάταξη. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε τα ηλεκτρικά κυκλώματα να διαπερνούν κάθετα την επώδυνη περιοχή (Robinson & Snyder- Mackler, 1995) (Εικόνα 11).

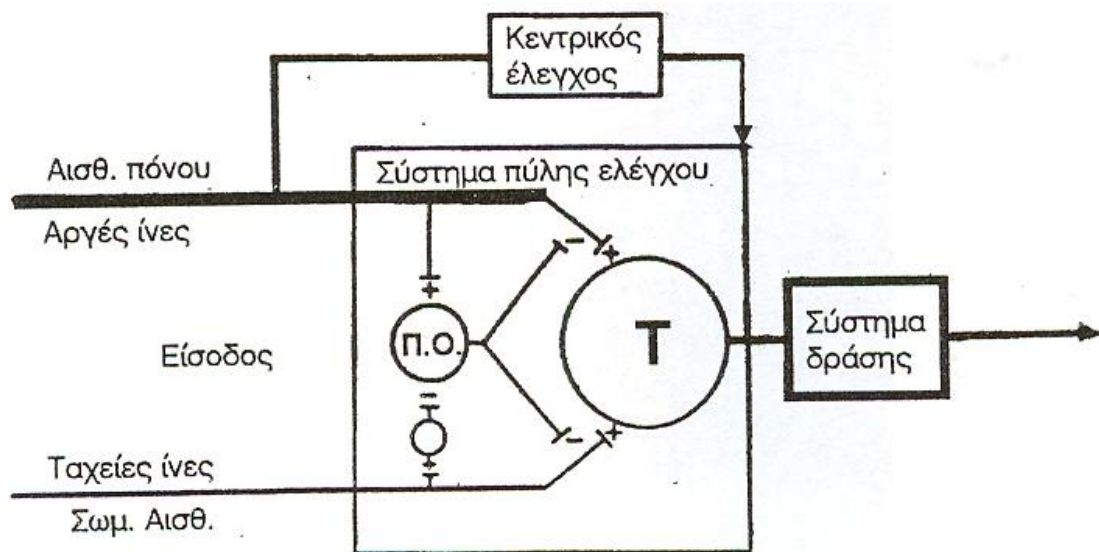


Εικόνα 11. Ηλεκτρόδια σε Σταυρωτή Διάταξη. *Τροποποιημένο από: Γιόκαρης Π. ΚΛΙΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ. 2^η εκδ. Τόμος Β, Αθήνα 2007, σελ 227.*

Η εξήγηση της δράσης και της επίδρασης του TENS είναι κάτι που έχει απασχολήσει πολύ. Υπάρχουν οι ακόλουθες θεωρίες για τον μηχανισμό δράσης του:

i) Θεωρία της πύλης

Η θεωρία της πύλης είναι η πιο γνωστή προσπάθεια ερμηνείας της δράσης του TENS επάνω στον πόνο (Melzack & Wall, 1965). Σύμφωνα με αυτή, η μεταβίβαση του πόνου που γίνεται με τις ίνες Αδ και C, μπορεί να αναστέλλεται μερικώς ή ολικώς από την ενεργοποίηση των νευρικών ινών πίεσης, αφής και δόνησης Αβ και Αγ. Ο ερεθισμός των Αβ και Αγ ινών διεγείρει την πηκτοειδή ουσία του νωτιαίου μυελού (substantia gelatinosa), η οποία όταν ερεθισθεί προκαλεί ογκώδη αναστολή μεταβίβασης ερεθισμάτων του πόνου στο επίπεδο των λαμινών I, II και V. Η αύξηση της διεγερτικής δραστηριότητας των Αβ και Αγ νευρικών ινών κλείνει την πόρτα αγωγής του πόνου. Το μπλοκ που γίνεται είναι τμηματικό και πραγματοποιείται με τον ερεθισμό νευρώνων που βρίσκονται στην πηκτοειδή ουσία των οπισθίων κεράτων του νωτιαίου μυελού (Melzack & Wall, 1965) (*Εικόνα 12*).



Π.Ο: Πηκτωματώδης ουσία του Rolandi

T: Κύτταρα T

+: Διεγερτική σύναψη

-: Ανασταλτική σύναψη

Σωμ. Αισθ: Αισθήσεις αφής, πίεσης, κίνησης, κ.λ.π

Εικόνα 12. Θεωρία της Πύλης των Melzack & Wall. *Τροποποιημένο από: Sluka & Walsh, J Pain 2003;4(3):114.*

ii) Ενδογενή οπιοειδή- Εγκεφαλίνες

Οι εγκεφαλίνες είναι μικρά πεπτιδία που παράγονται κατά κύριο λόγο από νευρικά κύτταρα του εσωτερικού της 3^{ης} και 4^{ης} κοιλίας του εγκεφάλου της περιυδραγωγίμης φαιάς ουσίας (periaqueductal gray matter), καθώς επίσης και από κύτταρα του πυρήνα του πρόσθιου υποθαλάμου, από την ζελατινώδη ουσία των οπίσθιων κεράτων του νωτιαίου μυελού και σε περιοχές του κεντρικού νευρικού συστήματος που υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση οπιούχων υποδοχέων (Sluka et al, 1999). Υπάρχουν τρία είδη οπιούχων υποδοχέων: μ, δ και κ. Βρίσκονται περιφερικά της σπονδυλικής στήλης και σε περιοχές που σχετίζονται με το κατιόν σύστημα αναστολής (Fields & Basbaum, 1999).

Η δράση των εγκεφαλινών όσον αφορά την αναστολή του πόνου είναι η εξής: όταν ερεθίζονται οι υποδοχείς του πόνου που βρίσκονται στις απολήξεις των ινών Αδ και C και στις συνάψεις με τους δεύτερους νευρώνες

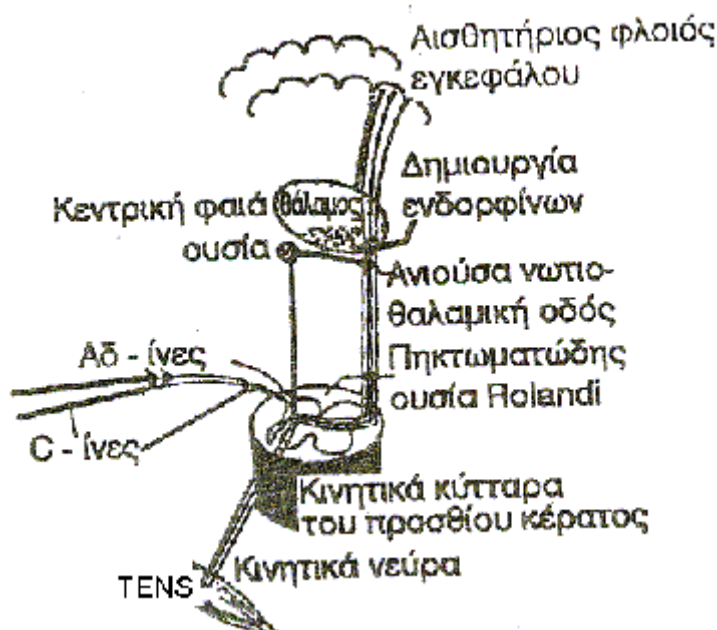
του νωτιαίου μυελού οι υποδοχείς εκκρίνουν την ουσία P, έναν νευροδιαβιβαστή ο οποίος έχει σαν αποτέλεσμα την εκπόλωση των κυτταρικών μεμβρανών και την μεταβίβαση των επώδυνων ερεθισμάτων πιο κεντρικά στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα, ΚΝΣ (Sluka & Walsh, 2003). Όταν εκκρίνονται οι εγκεφαλίνες, λόγω ερεθισμού των κυττάρων που τις παράγουν, συνδέονται με τους οπιούχους υποδοχείς. Η σύνδεση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να καταστέλλεται η δραστηριότητα των κυττάρων που συνδέονται με τους συγκεκριμένους υποδοχείς. Στην προκειμένη περίπτωση τα κύτταρα που συνδέονται με αυτούς τους υποδοχείς είναι τα κύτταρα υποδοχέων του πόνου. Η δράση των εγκεφαλινών έγκειται στο ότι διαφοροποιούν την αγωγιμότητα των μεμβρανών όσον αφορά την διαπερατότητα των ιόντων Na^+ (Fields & Basbaum, 1999, Sluka & Walsh, 2003). Εξαιτίας της καταστολής της δραστηριότητας των κυττάρων αυτών έχουμε μερική ή ολική αναστολή έκκρισης της ουσίας P και κατά συνέπεια μπλοκάρισμα του ερεθίσματος του πόνου. Επειδή οι οπιούχοι υποδοχείς βρίσκονται στις αζανοαξονικές συνάψεις, η αναστολή στο επίπεδο αυτό χαρακτηρίζεται σαν προσυναπτική αναστολή (Han et al, 1991, Fields & Basbaum, 1999).

Έχει διαπιστωθεί δράση των εγκεφαλινών και στον εγκέφαλο όσον αφορά την αναστολή του πόνου. Βέβαια η δράση τους δεν έχει αποσαφηνισθεί πλήρως. Πιστεύεται ότι επειδή υπάρχουν οπιούχοι υποδοχείς σε όλα τα συστήματα του πόνου, οι εγκεφαλίνες μπλοκάρουν την μετάδοση των ερεθισμάτων. Οι οπιούχοι υποδοχείς βρίσκονται εδώ στις αζονοδενδριτικές συνάψεις, η αναστολή του πόνου στο επίπεδο αυτό χαρακτηρίζεται σαν μετασυναπτική αναστολή (Han et al, 1991, Sluka et al, 1999, Kalra et al, 2001). Οι εγκεφαλίνες έχουν μικρό χρόνο ημίσειας ζωής γι' αυτό και η αναλγησία που προκαλούν έχει μικρή χρονική διάρκεια (Han et al, 1991).

iii) Β-ενδορφίνη

Η β-ενδορφίνη είναι ένα μεγάλο πεπτίδιο και αποτελείται από μεγάλη αλυσίδα αμινοξέων. Φαίνεται από έρευνες ότι εκκρίνεται από την υπόφυση και συνδέεται με οπιούχους υποδοχείς διαφόρων περιοχών του Κ.Ν.Σ (Hughes et al, 1984). Η δράση της όσον αφορά την αναστολή του πόνου είναι ίδια με τις εγκεφαλίνες, έχει όμως δύο διαφορές:

- α) δεν αδρανοποιείται εύκολα από τα αδρανοποιητικά ένζυμα
 β) έχει πολύ μεγαλύτερο χρόνο ημίσειας ζωής (περίπου 4 ώρες) από τις εγκεφαλίνες γι' αυτό και συντελεί σε μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας αναλγησία απ' ό,τι οι εγκεφαλίνες (Salar et al, 1981, Hughes et al, 1984, Han et al, 1991) (Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Αναστολή του Πόνου στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα. Ενδορφίνες. Τροποποιημένο από: Φραγκοράπτης Ε. Εφαρμοσμένη Ηλεκτροθεραπεία. Εκδ. ΠΕΤΡΟΥΛΑ, Θεσσαλονίκη, 1984, σελ 129.

iv) Αδενোসίνη

Εξετάζεται και ο ρόλος της αδενোসίνης στον ερεθισμό των μεγάλων ινών, εξαιτίας αναλγησίας από δόνηση όπως προτείνεται από τους Salter & Henry (1987). Επειδή το TENS ενεργοποιεί τις μεγάλες ίνες, εικάζεται ότι η αδενোসίνη μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο. Υποστηρικτικό προς την πλευρά της αδενোসίνης είναι και το γεγονός πως όταν δίνονταν καφεΐνη στα άτομα που έπαιρναν μέρος στην μελέτη (η καφεΐνη μπλοκάρει του υποδοχείς της αδενোসίνης) πριν την εφαρμογή TENS, η αναλγησία ήταν πολύ μειωμένη σε σχέση με την ομάδα placebo (Salter & Henry, 1987, Marchand et al, 1995).

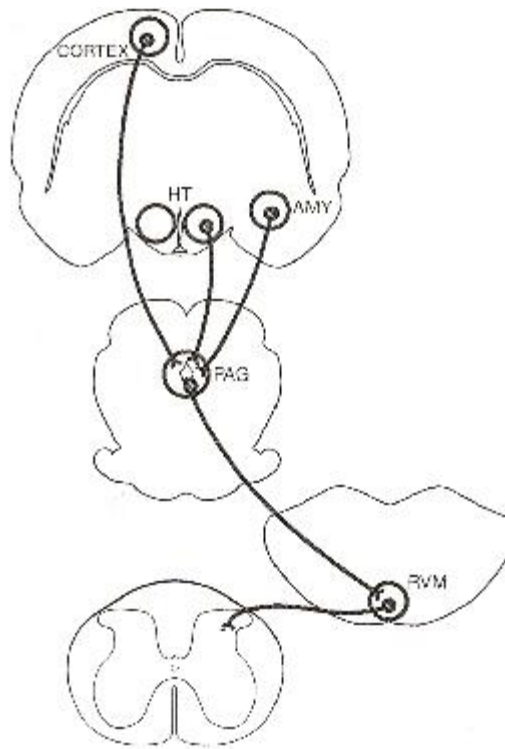
Τέλος βρίσκονται υπό διερεύνηση στοιχεία όσον αφορά την δράση του κατιόντος συστήματος αναστολής σε συνδυασμό με έρευνες για την δράση

της σεροτονίνης (Woolf et al, 1980, Shimizu et al, 1981). Επίσης ερευνάται αν το TENS προκαλεί αλλαγές σε τοπικό περιφερικό επίπεδο ή επίδραση στο αυτόνομο σύστημα. Ο ηλεκτρικός ερεθισμός, σε εντάσεις, που ενεργοποιούν τις Αδ ίνες διαφοροποιούν την ροή του αίματος και την αντίσταση των αγγείων αλλάζοντας και την αίσθηση του πόνου. Υπάρχουν ενδείξεις ότι κάποιες από τις αναλγητικές δράσεις μπορεί να οφείλονται σε αλλαγές της αυτόνομης δραστηριότητας (Indergrand & Morgan, 1994, Sato et al, 1997), που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

ν) Κατιόν σύστημα αναστολής του πόνου

Το κατιόν σύστημα αναστολής του πόνου αρχίζει από τον φλοιό του εγκεφάλου και κατεβαίνει προς την σπονδυλική στήλη. Τα γνωστότερα "κυκλώματα" είναι η περιυδραγωγίμη φαιά ουσία (Periaqueductal Gray Matter, PAG)-ο κοιλοπλάγιος πυρήνας (Rostral Ventral Magnus nucleus, RVM) καθώς και το κατιόν αδρενεργικό μονοπάτι (Pertovaara & Ameida, 2006). Το κατιόν σύστημα αναστολής έχει σημαντικό ρόλο στα ανοδικά-καθοδικά κυκλώματα και δίνει αρνητική επανατροφοδότηση στα ερεθίσματα στο επίπεδο της ΣΣ. Η πλήρης ενεργοποίηση του συστήματος γίνεται κάτω από επώδυνες καταστάσεις (Fields & Basbaum, 1999).

Το πρώτο μονοπάτι αποτελείται από την περιυδραγωγίμη φαιά ουσία (PAG) και τον κοιλοπλάγιο πυρήνα (RVM). Η PAG, βρίσκεται στο μεσεγκέφαλο, γύρω από τον υδραγωγό του Sylvius και ήταν η πρώτη περιοχή που συνέβαλε στην έντονη αναστολή των ερεθισμάτων (Reynolds, 1969), η δε επίδραση της έχει μελετηθεί πάρα πολλές φορές (Fields & Basbaum, 1999). Η PAG μέσω του RVM επηρεάζει την μετάδοση των ερεθισμάτων στο επίπεδο της σπονδυλικής στήλης (Gebhart et al, 1983). Και οι δύο σχηματισμοί δέχονται απ' ευθείας μηνύματα από τα οπίσθια νωτιαία κέρατα και έτσι είναι σε θέση να ελέγχουν τα ερεθίσματα που ανεβαίνουν προς τον εγκέφαλο (Fields & Basbaum, 1999) (*Εικόνα 14*).



CORTEX: Εγκεφαλικός φλοιός

HT: Υποθάλαμος

AMY: Αμύγδαλα

PAG: Περιυδραγωγίμη φαιά ουσία

RVM: Κοιλοπλάγιος πυρήνας

Εικόνα 14. Μονοπάτι PAG-RVM-Οπισθίου Νωτιαίου Κέρατος Αναστολής του Πόνου. Από *Pertovaara & Almeida, Handbook of Clin Neur* 2006;81:183.

Το δεύτερο μονοπάτι έχει βασικό στοιχείο την νοραδρεναλίνη, έναν νευροδιαβιβαστή. Στην σπονδυλική στήλη η νοραδρεναλίνη έχει σημαντική δράση επάνω στους α_2 -αδρενεργικούς υποδοχείς (Yaksh, 1997). Η πηγή της νοραδρεναλίνης είναι οι κατιόντες άξονες που προέρχονται από τα νοραδρενεργικά κύτταρα που βρίσκονται στο στέλεχος, ιδιαίτερα στον locus coeruleus (A_6) (πυρήνας του ΚΝΣ που εντοπίζεται κάτω από την παρεγκεφαλίδα, στο ουριαίο μήμα του μεσεγκεφάλου, στο έδαφος της τέταρτης κοιλίας και αποτελείται από το 50% των νοραδρενεργικών νευρώνων του εγκεφάλου) (Kwiat & Basbaum, 1992). Ο locus coeruleus έχει επικοινωνία με τα αμύγδαλα, την προ-οπτική περιοχή, τον παρακοιλιακό πυρήνα και τον υποθάλαμο (Cedarbaum & Aghajanian, 1978).

Αρκετοί μηχανισμοί εμπλέκονται στο μπλοκάρισμα των ερεθισμάτων στο επίπεδο των οπισθίων κεράτων του νωτιαίου μυελού. Τα τελικά κομμάτια των κατιόντων αξόνων βρίσκονται σε άμεση επαφή με προκαθορισμένα κύτταρα για τον πόνο, τα οποία είναι στα οπίσθια νωτιαία κέρατα (Westlund et al, 1990). Έτσι ερεθισμός του εγκεφαλικού στελέχους προκαλεί μετασυναπτικό μπλόκ των νευρώνων αυτών (Giesler et al, 1981), ενώ παράλληλα η απελευθέρωση νοραδρεναλίνης από τους κατιόντες άξονες έχει σαν αποτέλεσμα την υπερπόλωση της μεμβράνης των κυττάρων αυτών κάνοντας δυσκολότερη την διέγερση τους πάλι (North & Yoshimura, 1984). Φαίνεται ότι οι νευροδιαβιβαστές που απελευθερώνονται από τους κατιόντες άξονες συντελούν στη μη μετάδοση των ερεθισμάτων από τους νευρώνες των οπισθίων κεράτων προς τα πάνω (Εικόνα 15).

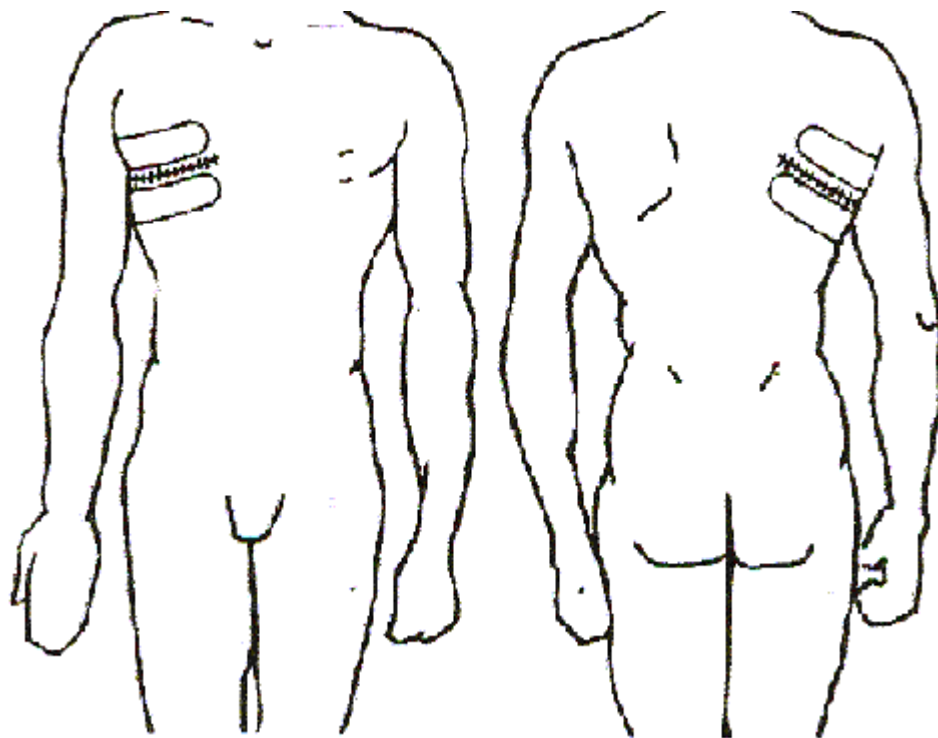


Εικόνα 15. Άμεση Μετασυναπτική Αναστολή των Νωτιαίων Νευρώνων. Τροποποιημένο από: Pertovaara & Almeida, *Handbook of Clin Neur* 2006;81:181.

Ο ερεθισμός του κατιόντος συστήματος χρησιμοποιήθηκε για την θεραπεία διαφόρων επώδυνων συνδρόμων (Meyerson, 2001). Είναι ένα πολύπλοκο σύστημα με διάφορα επίπεδα και με αλληλεπιδράσεις με άλλα μέρη του εγκεφάλου ενώ εξερεύνηση του συνεχίζεται.

Ως προς τα σημεία εφαρμογής η Forster και οι συνεργάτες της (1994) τοποθετούσαν τα ηλεκτρόδια τόσο στην τομή όσο και παρασπονδυλικά από τον Θ₁ έως τον Θ₅ σπόνδυλο. Αρκετοί ερευνητές (Klin et al, 1984, Stubbing & Jellicoe, 1988, Benedetti et al, 1997, Erdogan et al, 2005, Solak et al, 2007), είχαν εφαρμόσει ηλεκτρόδια μόνο γύρω από την τομή, είτε ήταν μέση

στερνοτομή είτε πλάγια θωρακοτομή. Οι Navaratham & συνεργάτες (1984) εκτός από τα ηλεκτρόδια γύρω από την μέση στερνοτομή, τοποθέτησαν ηλεκτρόδια και στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης σε σημεία που αντιστοιχούσαν στα δερμοτόμια του στέρνου ενώ ένα τρίτο ζεύγος ηλεκτροδίων τοποθετήθηκε στην οσφυοιερά περιοχή για ασθενείς που έκαναν αορτοστεφανιαία παράκαμψη. Γενικά όλες οι προαναφερόμενες διαφορετικές τοποθετήσεις έγιναν για να καλυφθούν όλες οι περιοχές που προκαλούν πόνο μετά την επέμβαση με σκοπό την αναλγησία (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Ηλεκτρόδια TENS σε Πλάγια Θωρακοτομή. *Τροποποιημένο από: Γιόκαρης Π. ΚΛΙΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ. 2^η εκδ. Τόμος Β, Αθήνα 2007, σελ 224.*

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσέγγιση του μεσοθωρακίου και των οργάνων της θωρακικής κοιλότητας μπορεί να γίνει ικανοποιητικά με διάφορες χειρουργικές τομές, π.χ εκτομή πνεύμονα γίνεται μέσω οπίσθιας ή πρόσθιας θωρακοτομής, οι επεμβάσεις ανοικτής καρδιάς γίνονται κυρίως με μέση στερνοτομή. Η επιλογή εξαρτάται κυρίως από το είδος του προβλήματος, την εμπειρία και την ικανότητα του χειρουργού (Hillegas & Sadowski, 2001, Ridley & Green, 2003).

Οι επεμβάσεις αυτές προκαλούν πόνο. Για την περιοχή του θώρακα και της κοιλιάς μπορεί να είναι πολύ έντονος, γιατί πραγματοποιούνται εκτεταμένες τομές και μετακίνηση οργάνων. Διεγχειρητικά κόβονται αρκετά μικρά νεύρα και μύες, ενώ η χρήση του διαστολέα πιέζει τις δομές στην περιοχή και οι σωλήνες παροχέτευσης που τοποθετούνται μετεγχειρητικά, συμβάλλουν στην αύξηση της έντασης του πόνου (Smith & Ball, 1998, Hillegas & Sadowski, 2001). Ο πόνος στα χειρουργεία θώρακα μπορεί να προκαλείται από το γλωσσοφαρυγγικό ή το φρενικό νεύρο καθώς και από την άρθρωση του ώμου μέσω των αυχενικών νεύρων A₅ –A₇ (Smith & Ball, 1998). Στις επεμβάσεις ανοικτής καρδιάς ο πόνος μπορεί να προέρχεται από την στερνοτομή ή από το υπερβολικό άνοιγμα με το διαστολέα με αποτέλεσμα κάκωση στα πλευρά και στις χονδροπλευρικές συνδέσεις. Επίσης όταν έχουν χρησιμοποιηθεί η μία ή και οι δύο μαστικές αρτηρίες, επειδή για να παρασκευασθούν έλκονται από το τοίχωμα μπορεί να αποτελέσουν πρόσθετη πηγή πόνου. Πόνος που πιθανόν επιτείνεται λόγω της μετεγχειρητικής ακινησίας, από προϋπάρχοντα μυοσκελετικά προβλήματα, οστεοπόρωση, ύπαρξη ατελεκτασίας κ.α (Forster et al, 1994, Smith & Ball, 1998, Ridley & Green, 2003).

Η αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου μετά από επεμβάσεις καρδιάς – πνευμόνων (μέση στερνοτομή, πλάγια θωρακοτομή) είναι βασική για την επίτευξη γρήγορης κινητοποίησης και μειωμένων πνευμονικών επιπλοκών. Ανεπαρκής αναλγησία μετά από θωρακοτομή επιφέρει

αναπνευστικά προβλήματα (μη απόχρεμψη των βρογχικών εκκρίσεων, μειωμένο εύρος αναπνοής) με πιο σύνηθες την ατελεκτασία (de la Rocha & Chambers, 1984, Forster et al, 1994, Solak et al, 2007). Άλλη συνέπεια του πόνου είναι η μειωμένη κινητικότητα των ασθενών. Προβάλλοντας σαν δικαιολογία τον πόνο οι ασθενείς δεν προσπαθούν να αναπνεύσουν σωστά, να κινήσουν τα άκρα τους (όσο τους επιτρέπεται) ή να κινητοποιηθούν. Τόσο η κίνηση των άκρων όσο και η βάδιση είναι σημαντικές για την ομαλή μετεγχειρητική πορεία και την πρόληψη των επιπλοκών. Όσο πιο γρήγορα γίνει η κινητοποίηση- εφόσον επιτρέπεται- τόσο καλύτερη είναι η μετεγχειρητική πορεία των ασθενών μέσω της ελάττωσης των ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων, της μικρότερης ενδονοσοκομειακής νοσηλείας και βέβαια της ελάττωσης του κόστους.

Το κατ' εκλογή πρώτο μέσο για την ελάττωση του πόνου είναι η χορήγηση αναλγητικών φαρμάκων και η πρώτη γραμμή κρούσης είναι κυρίως τα οπιοειδή. Εκτός από τα οπιοειδή, σαν αναλγητικά έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης και τα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη, χωρίς όμως το επιθυμητό αναλγητικό αποτέλεσμα των οπιοειδών (Carrol & Badura, 2001, Solak et al, 2007). Η συμβολή οπιοειδών είναι πολύτιμη και αποτελεσματική, σε αρκετές περιπτώσεις όμως συνοδεύεται από παρενέργειες, όπως αναπνευστική καταστολή, ναυτία, εμετό, εξάρτηση, κ.ά (Bayindir et al, 1991, Forster et al, 1994). Τα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη βοήθησαν να περιοριστούν οι ποσότητες της μορφίνης μέχρι 60% (de la Rocha & Chambers, 1984, Solak et al, 2007). Δυστυχώς έχουν και αυτά παρενέργειες, όπως δυσλειτουργία αιμοπεταλίων και γαστρικές διαταραχές (Navaratham et al, 1984, Solak et al, 2007). Σαν αναλγητικό μετά από θωρακοτομή έχει χρησιμοποιηθεί και η επισκληρίδιος αναλγησία. Έχει όμως και αυτή παρενέργειες όπως υπόταση και μπλόκ του κινητικού νευρώνα ενώ απαιτεί πολλαπλές εγχύσεις (Ho et al, 1987, Solak et al, 2007).

Πάντοτε υπήρχε η σκέψη για την εφαρμογή ενός εναλλακτικού, για άλλους συμπληρωματικού μέσου για την αντιμετώπιση του πόνου, ιδιαίτερα μετά από χειρουργικές επεμβάσεις, το οποίο να είναι αποτελεσματικό και χωρίς τις παρενέργειες των φαρμάκων. Ο Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός (**T**ranscutaneous **E**lectrical **N**erve **S**timulation, **TENS**) είναι ένα από τα μέσα αυτά. Υπάρχουν μελέτες που δείχνουν την επίδραση του TENS

στον μετεγχειρητικό πόνο μετά από αρθροπλαστική ισχίου (Stubbing & Jellicoe, 1988), γυναικολογικές επεμβάσεις (Enron et al, 1981), επεμβάσεις στην κοιλιά (Cooperman et al, 1977, Ali et al, 1981) λαπαροτομές (Solomon et al, 1980).

Ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε εγχείρηση ανοικτής καρδιάς αναφέρουν πόνο στο στήθος μετεγχειρητικά (Donald, 1976, Fitzpatrick & Moriarty, 1988) ιδιαίτερα αν έχουν χρησιμοποιηθεί η μία ή και οι δύο έσω μαστικές αρτηρίες (Jansen & McFadden, 1986, Jenkins et al, 1989). Αυτό συμβαίνει γιατί έλκονται οι αρτηρίες προκειμένου να έρθουν σε θέση για να χρησιμοποιηθούν ως μοσχεύματα και γιατί τοποθετούνται σωλήνες παροχέτευσης στο μεσοθωράκιο, οι οποίες προκαλούν έντονο πόνο. Βέβαια πρέπει να έχουμε υπόψη ότι η μέση στερνοτομή προκαλεί λιγότερο πόνο από την πλάγια θωρακοτομή. Η πλάγια θωρακοτομή έχει έντονο πόνο λόγω θέσης και χειρουργικής διαδικασίας, Υπάρχουν και εδώ σωλήνες παροχέτευσης και χρησιμοποιείται διαστολέας για την ευκολότερη πρόσβαση στο χειρουργικό πεδίο. Εκτός από τις βλάβες στα πλευρά, εδώ κόβονται περισσότερες και πιο πυκνές μυϊκές ομάδες και κατ' επέκταση περισσότερα μικρά νεύρα (Craig et al, 1991, Benedetti et al, 1997, Smith & Ball, 1998, Conacher, 2001).

Ανεπαρκής αναλγησία μετά από θωρακοτομή επιφέρει αναπνευστικά προβλήματα (μη απόχρεμψη των βρογχικών εκκρίσεων, μειωμένο εύρος αναπνοής) με πιο σύνηθες την ατελεκτασία (Forster et al, 1994, Solak et al, 2007, de la Rocha & Chambers, 1984). Επίσης έχει σαν συνέπεια αύξηση της καρδιακής συχνότητας και της αρτηριακής πίεσης, αύξηση του διπλού γινομένου με συνέπεια την αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου από το μυοκάρδιο, το οποίο είναι ήδη ταλαιπωρημένο από την διαδικασία της επέμβασης – ιδιαίτερα αν πρόκειται για επέμβαση ανοικτής καρδιάς. Η κατάσταση αυτή δυσκολεύει και επιβαρύνει την μετεγχειρητική αποκατάσταση του ασθενούς (Ridley & Green, 2003).

Άλλη συνέπεια του πόνου είναι η μειωμένη κινητικότητα των ασθενών. Προβάλλοντας σαν δικαιολογία τον πόνο δεν προσπαθούν να αναπνεύσουν σωστά, να κινήσουν τα άκρα τους (όσο επιτρέπεται) και να κινητοποιηθούν. Τόσο η κίνηση των άκρων όσο και η βάδιση είναι σημαντικές για την ομαλή μετεγχειρητική πορεία και την πρόληψη των επιπλοκών. Όσο πιο γρήγορα γίνει η κινητοποίηση- εφόσον επιτρέπεται- τόσο καλύτερη είναι η

μετεγχειρητική πορεία των ασθενών μέσω της ελάττωσης των ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων, της μικρότερης νοσηλείας και βέβαια της ελάττωσης του κόστους. Η μειωμένη κινητικότητα ενέχει και τον κίνδυνο για εν τω βάθει φλεβική θρόμβωση και πνευμονική εμβολή. Η συνεχής παρουσία πόνου μετά την επέμβαση έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη ανησυχία από την πλευρά του ασθενούς, η οποία οδηγεί σε κόπωση και προοδευτικά σε έλλειψη εμπιστοσύνης απέναντι στο ιατρικό, νοσηλευτικό και λοιπό προσωπικό. Αυτό έχει σαν συνέπεια την επιβράδυνση και πολλές φορές τη μη ικανοποιητική εξέλιξη της μετεγχειρητικής του πορείας.

Από πολλούς θεωρείτε ότι η μέτρηση της ποσότητας των αναλγητικών είναι η πιο ακριβής μέθοδος μέτρησης του πόνου. Στη μεταανάλυση του Bjordal & των συνεργατών (2003) επιλέχθηκε σαν κύρια μέτρηση η μείωση στη κατανάλωση των οπιοειδών. Αυτό γιατί θεωρούν ότι είναι πιο αντικειμενική. Καταγράφονται οι ποσότητες των φαρμάκων που καταναλώθηκαν από τους ασθενείς και γίνεται η σύγκριση ανάμεσα στις ομάδες. Αντίθετα η χρήση της οπτικής αναλογικής κλίμακας (Visual Analogue Scale, VAS) είναι περισσότερο υποκειμενική και όχι τόσο ακριβής. Υπάρχουν όμως κάποιοι που χρησιμοποιούν και την οπτική αναλογική κλίμακα σαν κύριο μέσο για την μέτρηση του πόνου (Gilbert et al, 1986, Smith et al, 1986).

Η χρήση του TENS βοηθά στον έλεγχο του πόνου. Αν και δεν είναι το απόλυτο μέσο που μειώνει τον πόνο άμεσα χωρίς άλλη παρέμβαση, είναι ένα μέσο, εύκολο στην εφαρμογή, χωρίς παρενέργειες και ιδιαίτερες δυσκολίες (γρήγορη τοποθέτηση, φορητό) το οποίο επιτρέπει την κίνηση του ασθενούς και δεν τον επιβαρύνει καθώς δεν έχει καθόλου βάρος. Το ζητούμενο όμως είναι να χρησιμοποιηθεί μια εναλλακτική-συμπληρωματική μέθοδος μείωσης του πόνου, συμβάλλοντας παράλληλα και στην μείωση της ποσότητας των χορηγούμενων φαρμάκων.

Ξεκινώντας με χρονολογική σειρά στην βιβλιογραφία, ακολουθούν οι μελέτες στις οποίες εφαρμόσθηκε TENS μετά από επέμβαση θωρακοτομής. Η πρώτη μελέτη ήταν της Rooney και των συνεργατών της, το 1983. Σ'αυτή έλαβαν μέρος 44 ασθενείς, ηλικίας από 20-70 ετών, άνδρες και γυναίκες. Υποβλήθηκαν σε επέμβαση πλάγιας θωρακοτομής για την αφαίρεση καρκινώματος του πνεύμονα. Χωρίσθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες των 22 ατόμων, η ομάδα TENS αποτελούνταν από 13 άνδρες και 9 γυναίκες ενώ η

ομάδα ελέγχου από 14 άνδρες και 8 γυναίκες. Όσοι είχαν ιστορικό επιληψίας, νευρολογικών διαταραχών, μεταστατικής ασθένειας του εγκεφάλου και ψυχιατρικές διαταραχές, αποκλείστηκαν. Αμέσως μετά το τέλος της επέμβασης τοποθετήθηκαν σε απόσταση 2-2,5 cm από την τομή αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια και καλύφθηκαν με αποστειρωμένες γάζες σε όλους τους ασθενείς. Η αποσωλήνωση έγινε στο χειρουργείο. Η μια ομάδα έκανε ενεργό TENS, με το μηχάνημα ρυθμισμένο σε συχνότητα 120 Hz, εύρος παλμού 0,2 msec και ένταση 14-20 mA. Η ομάδα ελέγχου είχε επάνω της το μηχάνημα, χωρίς όμως μπαταρίες. Η ένταση του πόνου αξιολογήθηκε από την μετεγχειρητική κατανάλωση ναρκωτικών και για τις δύο ομάδες. Η διάρκεια της καταγραφής ήταν για ένα 24ωρο με την άφιξη στη αίθουσα ανάνηψης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ενεργή ομάδα χρειάστηκε μικρότερη ποσότητα ναρκωτικών σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Στην συνέχεια έχουμε την εργασία του Navaratham και συνεργάτες, 1984. Τριάντα ένας ασθενείς υποβλήθηκαν σε μέση στερνοτομή για χειρουργείο ανοικτής καρδιάς. Δύο ομάδες, μία με ενεργό TENS, 14 άτομα, 12 άνδρες και 2 γυναίκες, με μέσο όρο ηλικίας 56,4 έτη και μία ομάδα placebo TENS με 17 άτομα, 13 άνδρες και 4 γυναίκες, με μέσο όρο ηλικίας 52,2 έτη. Οι μετρήσεις αφορούσαν την αξιολόγηση του πόνου (μέσω αριθμητικής κλίμακας Numerical Rating Scale, NRS 0-5) και την πρόσληψη φαρμάκων για χρονικό διάστημα τριών ημερών μετά την επέμβαση. Δεν δίνονται λεπτομερή στοιχεία για συχνότητα και το εύρος παλμού, ενώ η τιμή της έντασης ήταν μεταβαλλόμενη ανάμεσα από την μέγιστη ανεκτή έως εκείνη που ήταν ευχάριστη στον ασθενή. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν 5 cm από την τομή και παράλληλα προς αυτή. Ένα δεύτερο σετ τοποθετήθηκε παρασπονδυλικά, στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα σημεία που αντιστοιχούν στα δερμοτόμια του στέρνου και σε όσους ασθενείς είχαν υποβληθεί σε επέμβαση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης, τοποθετήθηκε ένα τρίτο ζεύγος στην οσφυοϊερά περιοχή της ΣΣ στο σημείο που ξεκινά το νεύρο που καλύπτει την περιοχή που αφαιρέθηκε το φλεβικό μόσχευμα. Το TENS ξεκινούσε να λειτουργεί μόνο όταν διαπιστωνόταν μέσω NRS ότι πονούσαν αρκετά (βαθμολογία από 3-5) οι ασθενείς. Στα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες όσον

αφορά τον πόνο, υπήρχε όμως διαφορά στην κατανάλωση οπιοειδών αναλγητικών.

Στην μελέτη του Klin και των συνεργατών του, 1984, περιλαμβάνονταν πενήντα ασθενείς που υποβλήθηκαν σε μέση στερνοτομή για επεμβάσεις ανοικτής καρδιάς. Από αυτούς δώδεκα ήταν γυναίκες και τριάντα οκτώ άνδρες, από 16 έως και πάνω από 60 ετών. Έκαναν ερεθισμό με TENS, ο οποίος ξεκινούσε την τρίτη ή τέταρτη μετεγχειρητική ημέρα γιατί τις προηγούμενες οι ασθενείς ήταν κάτω από την επήρεια φαρμάκων και δεν επικοινωνούσαν πολύ καλά. Δυο ή τέσσερα, μεγάλα και ελαστικά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν γύρω από την τομή και δόθηκαν οδηγίες στους ασθενείς πώς να ρυθμίζουν την ένταση όταν άρχιζε ο πόνος. Η συχνότητα είχε ρυθμιστεί στους 80 παλμούς/sec και το εύρος παλμού στα 0,4 msec, το οποίο ήταν μεταβαλλόμενο. Η αξιολόγηση του πόνου έγινε με χρήση NRS (0-5), με την πρόσληψη αναλγητικών και με την ικανότητα να εκτελούν βαθιές εισπνοές με ένα όργανο εξάσκησης αναπνευστικών μυών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε μερικούς ασθενείς ήταν αποτελεσματικός ο ερεθισμός, σε άλλους όχι και τόσο, ενώ υπήρχαν και ασθενείς στους οποίους δεν είχε καμία επίδραση.

Ακολουθεί η εργασία των de la Rocha & Chambers, 1984. Είκοσι πέντε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε πλάγια θωρακοτομή χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες. Οι τέσσερις πρώτες ομάδες έκαναν οπισθοπλάγια θωρακοτομή και για αναλγησία η πρώτη ήταν ομάδα ελέγχου, η δεύτερη έκανε μεσοπλεύριο μπλοκ, η τρίτη είχε συνεχές μπλοκ για πέντε ημέρες και στη τέταρτη εφαρμόστηκε TENS. Υπήρχε και μία πέμπτη ομάδα που έκανε προσθοπλάγια θωρακοτομή. Αξιολογήθηκαν οι πνευμονικές λειτουργίες μετά την επέμβαση για πέντε ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ομάδα που έκανε προσθοπλάγια θωρακοτομή είχε λιγότερο πόνο μετεγχειρητικά από την ομάδα που έκανε οπισθοπλάγια θωρακοτομή. Επίσης ο πόνος μετά από την οπισθοπλάγια θωρακοτομή μπορεί να μειωθεί σημαντικά με συνεχές μεσοπλεύριο νευρικό μπλοκ ενώ δεν αναφέρει τίποτε για την επίδραση του TENS στον μετεγχειρητικό πόνο στην τέταρτη ομάδα.

Η επόμενη μελέτη ήταν από τον Warfield και τους συνεργάτες του το 1985, όπου έγινε πλάγια θωρακοτομή σε είκοσι τέσσερις ασθενείς οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των δώδεκα ατόμων και έγινε εφαρμογή TENS και placebo TENS. Λόγω της φύσης της επέμβασης αρκετοί από τους

ασθενείς που έπαιρναν μέρος σ' αυτή την εργασία θα έμεναν περισσότερο χρονικό διάστημα διασωληνωμένοι από το αναμενόμενο. Άρα δεν μπορούσαν οι ερευνητές να είναι σίγουροι ότι θα έπαιρναν αναλγητικά μόνο αν το ζητούσαν. Επίσης αναφέρουν ότι κάποιες φορές υπάρχουν και διάφοροι άλλοι παράγοντες, όπως δυσφορία από τον ενδοτραχειακό σωλήνα, υπέρταση, ταχυκαρδία που έχουν σαν συνέπεια την άμεση χορήγηση επιπλέον ποσοτήτων ναρκωτικών. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν 2 cm από την τομή και οι παράμετροι του μηχανήματος ήταν οι εξής: συχνότητα 3, ένταση, με αλλαγές στο εύρος, στο 7 και εύρος παλμού στο 5. Ο ηλεκτρικός ερεθισμός έγινε για δύο ημέρες. Ο πόνος αξιολογήθηκε μέσω NRS (0-10) καθώς και από την πρόσληψη ναρκωτικών. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση και στον πόνο αλλά όχι στην κατανάλωση φαρμάκων για την ενεργή ομάδα.

Εβδομήντα πέντε ασθενείς που έκαναν πλάγια θωρακοτομή εξετάστηκαν στην εργασία της Rooney και των συνεργατών της το 1986. Χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των είκοσι πέντε ατόμων. Η μία έκανε TENS, η δεύτερη κρυοαναλγησία και η τρίτη δεν έκανε τίποτα. Τα ηλεκτρόδια για τον ηλεκτρικό νευρικό ερεθισμό ήταν σε απόσταση 2 cm από την τομή και η συχνότητα ήταν 80 Hz, το εύρος παλμού 150 msec, ενώ η ένταση ρυθμιζόταν ανάλογα την αντοχή του ασθενή. Στην ομάδα της κρυοαναλγησίας ένας καθετήρας πάγωνε τα νεύρα στο σημείο της τομής καθώς και πάνω και κάτω από αυτή. Αξιολογήθηκαν οι πνευμονικές λειτουργίες της κάθε ομάδας πριν και μετά το χειρουργείο. Και η κρυοαναλγησία και το TENS κρίθηκαν αποτελεσματικά στην ελάττωση του πόνου.

Το 1987 δημοσιεύτηκε η μελέτη του Ho και των συνεργατών του όπου σε δεκαπέντε ασθενείς με πλάγια θωρακοτομή, έγινε εφαρμογή TENS για τρεις ημέρες αμέσως μετά την επέμβαση. Δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν διαγώνια στο πιο επώδυνο σημείο γύρω από την τομή. Η διάρκεια εφαρμογής ήταν για 15 min, έξι φορές συνολικά για τις τρεις ημέρες. Οι παράμετροι ρυθμιζόνταν κάθε φορά ανάλογα με τον ασθενή ώστε να αισθάνεται άνετα. Ο πόνος αξιολογήθηκε μέσω VAS και η αναπνευστική λειτουργία με σπιρομέτρηση. Το TENS βοήθησε στην μείωση του πόνου μετεγχειρητικά.

Στην εργασία των Stubbing & Jellicoe, 1988, δύο ομάδες των είκοσι ατόμων υποβλήθηκαν σε πλάγια θωρακοτομή. Η ομάδα του TENS είχε μέσο όρο ηλικίας 54 έτη και αναλογία άνδρες-γυναίκες 13:7. Η ομάδα ελέγχου είχε

μέσο όρο ηλικίας τα 53 χρόνια και αναλογία ανδρών-γυναικών 15:5. Στους ασθενείς χορηγήθηκαν αναλγητικά μία ώρα προ του χειρουργείου. Αξιολογήθηκαν μετά το χειρουργείο η ανακούφιση από τον πόνο, οι δόσεις των αναλγητικών, η πνευμονική λειτουργία, η ανάγκη για αντιεμετικά και ο χρόνος παραμονής στο νοσοκομείο. Δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν γύρω από την τομή και οι παράμετροι ήταν οι εξής: συχνότητα 70 παλμοί/sec, εύρος παλμού 180 μ s με την ένταση τέτοια ώστε ο ασθενής να αισθάνεται ένα τσίμπημα. Το πρόγραμμα άρχισε 48 ώρες μετά το τέλος του χειρουργείου ενώ δεν υπήρχε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες όσον αφορά τον πόνο, υπήρξε όμως διαφορά στα φάρμακα (η ενεργή ομάδα χρειάστηκε λιγότερα) και στα αντιεμετικά (η ομάδα του TENS πήρε λιγότερα) ενώ δεν υπήρχε διαφορά στην πνευμονική λειτουργία και στην διάρκεια παραμονής στο νοσοκομείο.

Ο Bayindir και οι συνεργάτες του το 1991, μελέτησαν ογδόντα εννέα ασθενείς που υποβλήθηκαν σε μέση στερνοτομή για επέμβαση "ανοικτής" καρδιάς. Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μία που έκανε ενεργό TENS και την αποτελούσαν 59 άτομα, άνδρες και γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας 57,3 έτη και μία ομάδα placebo TENS με 30 άτομα, άνδρες και γυναίκες, με μέσο όρο ηλικίας τα 58,4 χρόνια. Η συνολική διάρκεια εφαρμογής του TENS ήταν 180 ώρες και άρχιζε αμέσως μετά την αποσωλήνωση. Αξιολογούνταν ο πόνος μέσω NRS (0-4). Τοποθέτησαν δύο ηλεκτρόδια σε κάθε πλευρά της τομής. Συχνότητα, Burst (εκρηκτική) με 10 παλμούς/burst και 2 burst/sec με εύρος παλμού 50-60 msec. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση του πόνου στην ενεργή ομάδα.

Μέση στερνοτομή για εξήντα ασθενείς στην μελέτη της Forster και των συνεργατών της το 1994. Από αυτούς σαρανταπέντε κατανεμήθηκαν σε τρεις ομάδες των δεκαπέντε, μία που έκανε ενεργό TENS με μέσο όρο ηλικίας 58,7 έτη, μία ομάδα placebo TENS με μέσο όρο 61,7 έτη και μια ομάδα ελέγχου με μέσο όρο ηλικίας τα 54,7 χρόνια. Εξετάσθηκε ο πόνος σε ηρεμία μέσω NRS (0-10), στην άκρη του κρεβατιού, η πρόσληψη φαρμάκων και η πνευμονική λειτουργία για τρεις ημέρες μετεγχειρητικά. Η συχνότητα του ερεθισμού ήταν 278 παλμοί/sec και το εύρος παλμού 60 μ s με παύση 1800 μ s. Η ένταση ελεγχόταν από τον ασθενή και η οδηγία ήταν να είναι έντονη αλλά ανεκτή. Δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν 2 cm από την τομή και άλλο ένα ζεύγος εφαρμόστηκε παρασπονδυλικά και στο ύψος Θ_1 - Θ_5 . Δεν προέκυψε διαφορά

για την ένταση του πόνου, ενώ υπήρχε διαφορά στην πρόσληψη αναλγητικών.

Στην συνέχεια ακολουθεί η εργασία του Benedetti και των συνεργατών του, το 1997, που αξιολόγησαν την επίδραση του TENS στον πόνο μετά από τρία διαφορετικά είδη επεμβάσεων. Πλάγια θωρακοτομή με πενήντα δύο ασθενείς (TENS 25 άτομα, placebo TENS 27), θωρακοτομή με διαχωρισμό μυών είκοσι εννέα (TENS 13 άτομα, placebo TENS 16) και μέση στερνοτομή σαράντα άτομα (για εκτομή του θύμου αδένος και μυασθένεια Gravis) (TENS 19 άτομα, placebo TENS 21). Η αξιολόγηση του πόνου έγινε μέσω NRS (0-10) και μετρήθηκε και η κατανάλωση φαρμάκων. Ένα ζεύγος ηλεκτροδίων τοποθετήθηκε από την μια πλευρά της τομής και σε απόσταση 1 cm από αυτή και άλλο ένα στην ίδια απόσταση από την άλλη πλευρά. Οι παράμετροι ήταν : συχνότητα 100 παλμοί /sec, εύρος παλμού 200 μ s και η ένταση στην ενεργή ομάδα ήταν έντονη αλλά όχι ανυπόφορη. Οι δύο ομάδες όσον αφορά τον πόνο δεν είχαν καμία διαφορά. Στην χρήση φαρμάκων υπήρχαν διαφορές, στην πλάγια θωρακοτομή η ομάδα του TENS πήρε φάρμακα γρηγορότερα και σε μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με την placebo ομάδα, ενώ στους δύο άλλους τύπους επεμβάσεων η ενεργή ομάδα χρειάστηκε μικρότερη ποσότητα αναλγητικών σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Οι Carrol & Badura, 2001, ασχολήθηκαν με τέσσερις ασθενείς που έπασχαν από νευραλγία μετά από πλάγια θωρακοτομή και με δεκατέσσερις ασθενείς με ριζίτιδα. Για θεραπεία έκαναν σύντομο, έντονο, εστιακό TENS για την αντιμετώπιση τους. Η βελτίωση τους, όσον αφορά τον πόνο μετά την εφαρμογή του ερεθισμού, ήταν σημαντική όπως προσδιορίζεται μέσα από την χρήση της NRS (0-10).

Στην μελέτη του Erdogan και των συνεργατών του το 2005, εκατόν δεκαέξι ασθενείς με πλάγια θωρακοτομή, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η μία ομάδα που έκανε TENS, είχε 60 άτομα με μέσο όρο ηλικίας 55,6 έτη και αναλογία άνδρες-γυναίκες 38:22. Η άλλη, η ομάδα ελέγχου είχε 56 άτομα, με μέσο όρο ηλικίας τα 52,9 έτη και άνδρες-γυναίκες 32:24. Αξιολογήθηκαν μετά το χειρουργείο η ανακούφιση από τον πόνο (μέσω VAS), οι δόσεις των αναλγητικών και η πνευμονική λειτουργία. Τέσσερα ηλεκτρόδια μπήκαν γύρω από την τομή, σε απόσταση 2 cm από αυτή. Οι παράμετροι ήταν οι εξής: συχνότητα 100 παλμοί/sec, το εύρος παλμού 100 μ s και η ένταση έτσι ώστε

να αισθάνεται ο ασθενής ένα τσίμπημα. Διάρκεια εφαρμογής 48 ώρες συνεχώς μετά το χειρουργείο. Στην συνέχεια γινόταν εφαρμογή του ερεθισμού για 20 min, μετά είχαν 3h διακοπή και ο κύκλος αυτός συνεχιζόταν μέχρι το πέρας των τριών επόμενων ημερών. Η ομάδα που έκανε TENS είχε λιγότερο πόνο μετά το χειρουργείο καθώς και μείωση στην πρόσληψη φαρμάκων.

Τελευταίοι ο Solak και οι συνεργάτες του, 2007 χρησιμοποίησαν δύο ομάδες των είκοσι ατόμων μετά από πλάγια θωρακοτομή. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν 47,3 χρόνια και η αναλογία άνδρες-γυναίκες 14:6 στην ομάδα του TENS. Αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου η αναλογία άνδρες-γυναίκες ήταν 18:2 και ο μέσος όρος ηλικίας τα 53,7 έτη. Η ομάδα ελέγχου έφερε αντλία PCA, δηλαδή όποτε πονούσαν οι ασθενείς πατούσαν το κουμπί και έπαιρναν δόση αναλγητικού φαρμάκου. Αξιολογήθηκαν μετά το χειρουργείο, καθημερινά και για 10 ημέρες η ανακούφιση από τον πόνο, με την χρήση VAS. Δύο ζεύγη ηλεκτροδίων μπήκαν γύρω από την τομή, παράλληλα με αυτή και οι παράμετροι ήταν οι εξής: συχνότητα 3 παλμοί/sec, το εύρος παλμού 100 μs και η ένταση 12 mA και ερεθισμός για 30 min. Δεν υπήρχε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες όσον αφορά τον πόνο.

Στην διεθνή βιβλιογραφία τα πράγματα δεν είναι ξεκάθαρα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα του TENS στην αντιμετώπιση του πόνου μετά από θωρακοτομές (π.χ μέση στερνοτομή, πλάγια θωρακοτομή κ.ά). Δεν υπάρχουν συστηματικές ανασκοπήσεις για το θέμα αυτό, ενώ λίγες είναι και εκείνες που εξετάζουν την επίδραση του στον μετεγχειρητικό πόνο γενικότερα (Carrol et al, 1996, Reeve et al, 1996, Bjordal et al, 2003).

Σκοπός της μεταανάλυσης αυτής είναι η ανεύρεση όλων των μελετών που εξετάζουν την επίδραση του TENS μετά από θωρακοτομή και η διερεύνηση τους προκειμένου να φανεί ο ρόλος του TENS στην αντιμετώπιση του πόνου μετά από θωρακοτομή και την διαφορά στην χορήγηση αναλγητικών, χρησιμοποιώντας σαν εργαλεία αξιολόγησης την μέτρηση του πόνου μέσω VAS ή NRS και την κατανάλωση φαρμάκων.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Ανασκόπηση Αρθρογραφίας- Βιβλιογραφίας

Για την πραγματοποίηση της εργασίας διερευνήθηκε η δημοσιευμένη αρθρογραφία για μελέτες από το 1966 έως και τον Ιούνιο 2008. Η αναζήτηση έγινε στις βάσεις δεδομένων MEDLINE (1966-6^{ος}/2008), EMBASE (1988-6^{ος}/2008), CINAHL (1982- 6^{ος}/2008), PUBMED (1966- 6^{ος} /2008) καθώς και στην COCHRANE Controlled trial Register όπως ορίζεται από τον Dicherson και τους συνεργάτες του (1994). Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: *transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS)*, *pain*, *thoracotomy*. Επίσης ελέχθηκαν οι βιβλιογραφικές παραπομπές των δημοσιευμένων άρθρων.

Για να συμπεριληφθούν στην εργασία οι μελέτες έπρεπε να πληρούν τα παρακάτω κριτήρια εισόδου:

1. χειρουργημένοι ασθενείς με επέμβαση θωρακοτομής
2. ο ηλεκτρικός ερεθισμός να γίνεται με τοποθέτηση ηλεκτροδίων επαφής (διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός) σε εννευρωμένη περιοχή γύρω ή/ κοντά στην τομή.
3. τυχαιοποιημένη δειγματοληψία
4. ύπαρξη ομάδας ελέγχου (placebo TENS ή/ και control ομάδα)
5. τουλάχιστον μέτρηση του μετεγχειρητικού πόνου με οπτική αναλογική κλίμακα (Visual Analogue Scale, VAS) ή αριθμητική κλίμακα (Numerical Rating Scale, NRS) ή/ και αναφορά στην ποσότητα των αναλγητικών που χορηγήθηκαν μετεγχειρητικά
6. διάρκεια εφαρμογής του ηλεκτρικού ερεθισμού από άμεσα μετεγχειρητικά έως και τρεις ημέρες τουλάχιστον

Από την εργασία αυτή εξαιρούνται οι μη τυχαιοποιημένες μελέτες καθώς και οι μελέτες που δεν υπάρχει ομάδα ελέγχου. Έγινε επιλογή οι μετρήσεις να αφορούν το χρονικό διάστημα από άμεσα μετεγχειρητικά έως και τις τρεις πρώτες ημέρες και αυτό γιατί ο πόνος είναι εντονότερος κατά το διάστημα αυτό. Οι ασθενείς ήταν μέσα στο νοσοκομείο, σε σταθερό περιβάλλον υπό παρακολούθηση με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να είναι πιο ακριβείς και να περιορίζονται οι αστάθμητοι παράγοντες. Υπάρχει πλήρης και λεπτομερής καταγραφή όλων των παραμέτρων, τόσο των βασικών ζωτικών

σημείων (καρδιακή συχνότητα, αρτηριακή πίεση, επικοινωνία, η λειτουργία του πεπτικού συστήματος), των φαρμάκων αναλγητικών και μη καθώς και όλων των παρεμβάσεων που γινόταν στον ασθενή. Οι θέσεις των ηλεκτροδίων θα πρέπει να είναι μόνο γύρω από την τομή, είτε είναι μέση στερνοτομή είτε πλάγια θωρακοτομή ή γύρω από την τομή και παρασπονδυλικά στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, καλύπτοντας τα δερμοτόμια που αντιστοιχούν στον θώρακα. Επίσης μπορούν να είναι τοποθετημένα γύρω από την τομή, στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης σε σημεία που αντιστοιχούν στα δερμοτόμια του θώρακα και στην οσφυοϊερά περιοχή καλύπτοντας τα δερμοτόμια των κάτω άκρων για ασθενείς που έκαναν αορτοστεφανιαία παράκαμψη.

2.2 Εργαλεία Αξιολόγησης του Αποτελέσματος

Η κύρια μέτρηση ήταν η ένταση του πόνου όπως μετρήθηκε από την οπτική αναλογική κλίμακα (VAS) ή την αριθμητική κλίμακα (NRS) μεταξύ των ομάδων που έκαναν ενεργό ηλεκτρικό ερεθισμό (ασθενείς που είχαν επάνω τους το μηχάνημα ρυθμισμένο, το οποίο λειτουργούσε κανονικά) και των ομάδων που ανήκαν στην ομάδα ελέγχου. Η ομάδα ελέγχου αφορούσε ασθενείς που είχαν επάνω τους το μηχάνημα ρυθμισμένο όπως και στην ενεργή ομάδα, χωρίς όμως μπαταρίες, δεν λειτουργούσε δηλαδή (placebo ομάδα) ή και ασθενείς που δεν είχαν μηχάνημα και ακολουθούσαν τις μετεγχειρητικές οδηγίες (control ομάδα). Για κάθε μελέτη καταγραφόταν η ένταση του πόνου για την κάθε ομάδα και υπολογιζόταν η διαφορά σαν επί της % ποσοστό.

Η δευτερεύουσα μέτρηση αφορά την ποσότητα των αναλγητικών που χορηγήθηκαν μετεγχειρητικά ανάμεσα στις δύο ομάδες (βαθμός χρήσης αναλγητικών), υπολογίζοντας την επί της % διαφορά μεταξύ της ενεργής ομάδας (που έκανε ενεργό ηλεκτρικό ερεθισμό) και της placebo ομάδας (αφορούσε ασθενείς που είχαν επάνω τους το μηχάνημα ρυθμισμένο όπως και στην ενεργή ομάδα, χωρίς όμως μπαταρίες, δεν λειτουργούσε δηλαδή) ή μεταξύ της ενεργής και της control ομάδας (η control ομάδα ακολουθούσε τις μετεγχειρητικές οδηγίες όσον αφορά την αντιμετώπιση του πόνου με φαρμακευτική αγωγή, χωρίς να έρθει σε επαφή με το TENS).

2.3 Στατιστική Ανάλυση

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Mean Weighted Difference (MWD). Ακολουθήσαμε το πρότυπο επεξεργασίας των μελετών από την εργασία του Bjordal και συνεργάτες (2003), στην οποία η εξαγωγή συμπερασμάτων έγινε χρησιμοποιώντας αυτό τον δείκτη. Ο δείκτης αυτός είναι η μέση επί της % διαφορά ανάμεσα στις ομάδες που εξετάζουμε. Υπολογίζεται η διαφορά επί της % ανάμεσα στην ομάδα που έχει γίνει η παρέμβαση - την επίδραση της οποίας θέλουμε να δούμε - και στην ομάδα ελέγχου. Στην συνέχεια το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό ασθενών της κάθε μελέτης, αθροίζονται συνολικά και διαιρούνται με τον συνολικό αριθμό ασθενών όλων μελετών που χρησιμοποιήθηκαν.

$$MWD = \frac{\sum \{ (\text{Διαφορά ανάμεσα στις ομάδες } \%) \times \text{Αριθμό Ασθενών της Μελέτης} \}}{\text{Συνολικός Αριθμός Ασθενών όλων των μελετών}}$$

Για την ένταση του πόνου ο MWD_{VAS} υπολογίστηκε ως εξής:

$$MWD_{VAS} = \frac{\sum \{ (\frac{VAS_{PLACEBO} - VAS_{TENS}}{VAS_{PLACEBO}} \%) \times \text{Αριθμό Ασθενών της Μελέτης} \}}{\text{Συνολικός Αριθμός Ασθενών όλων των μελετών}}$$

Για την κατανάλωση φαρμάκων ο $MWD_{\Phi AP}$ ήταν ο εξής:

$$\sum \left\{ \left(\frac{\Phi AP_{\text{placebo ή control}} - \Phi AP_{\text{TENS}}}{\Phi AP_{\text{placebo ή control}}} \% \right) \times \text{Αριθμό Ασθενών της Μελέτης} \right\}$$

$$MWD_{\Phi AP} = \frac{\text{Συνολικός Αριθμός Ασθενών όλων των μελετών}}{\text{Συνολικός Αριθμός Ασθενών όλων των μελετών}}$$

Όπου ΦAP : η ποσότητα των αναλγητικών φαρμάκων που δόθηκε στους ασθενείς της κάθε ομάδας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέσα από την διαδικασία αναζήτησης ανευρέθησαν 14 μελέτες στις οποίες είχε χρησιμοποιηθεί TENS μετά από θωρακοτομή (Rooney et al, 1983, Navaratham et al, 1984, de La Rocha et al, 1984, Klin et al, 1984, Warfield et al, 1985, Rooney et al, 1986, Ho et al, 1987, Stubbing & Jellicoe, 1988, Forster et al, 1994, Bayindir et al, 1991, Benedetti et al, 1997, Carrol & Badura, 2001, Erdogan et al, 2005, Solak et al, 2007).

Από τις μελέτες αυτές οι 9 πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου (Rooney et al, 1983, Navaratham et al, 1984, Warfield et al, 1985, Stubbing & Jellicoe, 1988, Bayindir et al, 1991, Forster et al, 1994, Benedetti et al, 1997, Erdogan et al, 2005, Solak et al, 2007) (Πίνακας 1).

1 ^{ος} Συγγραφέας	Έτος	Τομή	Αρ. Ασθενών	Θεραπεία	Μετρήσεις	P ή C ομάδα
Forster	1994	Μέση στερνοτομή	30	TENS	VAS Φάρμακα	P, C
Bayindir	1991	Μέση στερνοτομή	89	TENS	VAS	P
Navaratham	1984	Μέση στερνοτομή	31	TENS	NRS(0-5) Φάρμακα	P
Stubbing	1988	Πλάγια θωρακοτομή	40	TENS	NRS (0-4)	C
Rooney	1983	Πλάγια θωρακοτομή	40	TENS	Φάρμακα	P
Benedetti	1997	Πλάγια θωρακοτομή (PL)	52	TENS	NRS(0-10) Φάρμακα	P
		Θωρακοτομή με διαχωρισμό μυών (ML)	29	TENS	NRS(0-10) Φάρμακα	P
		Στερνοτομή (ST)	40	TENS	NRS(0-10) Φάρμακα	P
Erdogan	2005	Πλάγια θωρακοτομή	116	TENS	VAS Φάρμακα	P
Solak	2007	Πλάγια θωρακοτομή	40	TENS	VAS	C (PCA)
Warfield	1985	Πλάγια θωρακοτομή	24	TENS	VAS Φάρμακα	P

TENS: Διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός

VAS: Οπτική αναλογική κλίμακα

NRS: Αριθμητική κλίμακα

P: Placebo ομάδα

C: Control ομάδα

PCA: Αναλγησία ελεγχόμενη από τον ασθενή

Πίνακας 1. Λίστα Μελετών που Πληρούσαν τα Κριτήρια Εισόδου

Πέντε μελέτες αποκλείστηκαν διότι, η πρώτη (de La Rocha et al, 1984) δεν ανέφερε ακριβείς παραμέτρους του TENS και εξετάζε πνευμονικές λειτουργίες και πόνο σε σχέση με το είδος της χειρουργικής τομής κάτι που δεν είναι σχετικό με το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας. Στην δεύτερη (Klin et al, 1984) δεν υπάρχει ομάδα ελέγχου (ούτε placebo TENS ή control ομάδα) παρά μόνο η ομάδα που κάνει ενεργό TENS. Στην μελέτη της Rooney και των συνεργατών της (1986) γίνεται αναφορά μόνο σε πνευμονικές λειτουργίες και όχι σε πόνο. Στη μελέτη του Ho και των συνεργατών του (1987) δεν υπάρχει ομάδα placebo ή control και τέλος η μελέτη των Carrol & Badura (2001) αναφέρεται σε χρόνιο πόνο και όχι σε άμεσο μετεγχειρητικό πόνο (Πίνακας 2).

1 ^{ος} Συγγραφέας	Έτος	Τομή	Αρ. Ασθενών	Αίτια Αποκλεισμού
Carrol	2001	Πλάγια θωρακοτομή	40	Αναφέρεται σε χρόνιο πόνο
de la Rocha	1984	Πλάγια θωρακοτομή	25	Δεν χρησιμοποιεί TENS για αναλγησία μετά την επέμβαση, εξετάζει διάφορες τεχνικές για αναλγησία
Ho	1987	Πλάγια θωρακοτομή	15	Δεν υπάρχει ομάδα placebo TENS
Rooney	1986	Πλάγια θωρακοτομή	75	Δεν αναφέρεται σε πόνο, αλλά αξιολογεί την πνευμονική λειτουργία μετά την επέμβαση
Klin	1984	Μέση στερνοτομή	50	Δεν υπάρχει ομάδα ελέγχου (placebo TENS ή control)

Πίνακας 2. Λίστα Μελετών που Εξαιρέθηκαν

3.1 Αποτελέσματα του TENS όσον αφορά τον Πόνο

Από τις εννέα μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου, στις έξι (Navaratham et al, 1984, Warfield et al, 1985, Bayindir et al, 1991, Forster et al, 1994, Benedetti et al, 1997, Erdogan et al, 2005) έγινε σύγκριση ανάμεσα σε ομάδα με ενεργό TENS και σε ομάδα με placebo TENS και σε δύο έγινε σύγκριση ανάμεσα σε ομάδα με ενεργό TENS και σε control ομάδα (Stubbing & Jellicoe, 1988, Solak et al, 2007) (Πίνακας 3). Στις τέσσερις από τις επτά υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες (Warfield et al, 1985, Bayindir et al, 1991, Forster et al, 1994, Erdogan et al, 2005). Στη δική μας μελέτη σε σύνολο 299 ασθενών βρέθηκε μια μείωση του MWD κατά 50,23% μεταξύ ενεργής ομάδας (TENS) και ομάδας ελέγχου (placebo TENS) μετρημένο με την οπτική αναλογική κλίμακα (VAS) (εύρος 23,98 – 61,68%) ενώ στις υπόλοιπες τέσσερις (Navaratham et al, 1984, Stubbing & Jellicoe, 1988, Benedetti et al, 1997, Solak et al, 2007) δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες (Πίνακας 3).

1 ^{ος} Συγγραφέας	Έτος	Αρ. Ασθενών	Ενεργή Ομάδα vs P ή C
Forster	1994	30	↓42,10 %
Bayindir	1991	89	↓61,68 %
Erdogan	2005	116	↓49,00 %
Warfield	1985	24	↓23,98 %
Navaratham	1984	31	N.S
Benedetti	1997	52 (PL)	N.S
		29 (MS)	N.S
		40 (ST)	N.S
Solak	2007	40	N.S
Stubbing	1988	40	N.S

↓: Ελάττωση του πόνου

N.S: Μη σημαντικά στατιστική διαφορά

PL: Πλάγια θωρακοτομή

MS: Θωρακοτομή με διαχωρισμό μυών

ST: Στερνοτομή

P: placebo ομάδα

C: control ομάδα

Πίνακας 3. Αποτελέσματα όσον Αφορά τον Πόνο.

3.2 Αποτελέσματα σχετικά με την Πρόσληψη Αναλγητικών

Από τις εννέα μελέτες οι έξι αναφέρουν σύγκριση όσον αφορά την πρόσληψη αναλγητικών ανάμεσα στις δύο ομάδες. Οι μελέτες αυτές ήταν οι Navaratham et al, 1984, Warfield et al, 1985, Forster et al, 1994, Benedetti et al, 1997, Erdogan et al, 2005.

Όσον αφορά την επίδραση του TENS στην μείωση της πρόσληψης αναλγητικών σε σύνολο 362 ασθενών, η στατιστική ανάλυση έδειξε μια μείωση του MWD για τα φάρμακα κατά 27,44% στην ομάδα που έκανε ενεργό TENS σε σχέση με την placebo TENS ομάδα (εύρος -14,8 - 58,3%) (Πίνακας 4).

1 ^{ος} Συγγραφέας	Έτος	Αρ. Ασθενών	Ενεργή Ομάδα vs P ή C
Forster	1994	30	↓06,00 %
Rooney	1983	40	↓46,30%
Erdogan	2005	116	↓40,00%
Warfield	1985	24	↓06,00%
Navaratham	1984	31	↓05,31%
Benedetti	1997	52 (PL)	↑14,80%
		29 (MS)	↓48,00%
		40 (ST)	↓58,30%

↑: Αύξηση της κατανάλωσης αναλγητικών

↓: Μείωση της κατανάλωσης αναλγητικών

PL: Πλάγια θωρακοτομή

MS: Θωρακοτομή με διαχωρισμό μυών

ST: Στερνοτομή

P: Placebo ομάδα

C: Control ομάδα

Πίνακας 4. Αποτελέσματα όσον Αφορά την Πρόσληψη Αναλγητικών

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός την εργασίας αυτής ήταν να διερευνηθεί ο ρόλος του TENS στην αντιμετώπιση του πόνου μετά από χειρουργεία θώρακα μέσω θωρακοτομής. Είναι γνωστό ότι οι επεμβάσεις αυτές επιφέρουν έντονο πόνο μετεγχειρητικά. Στην δική μας μελέτη επιλέχθηκε σαν κύρια μέτρηση του πόνου οι αλλαγές στην VAS ανάμεσα σε ομάδα με ενεργό TENS και σε ομάδα placebo TENS ή ανάμεσα σε ομάδα με ενεργό TENS και σε control ομάδα. Σαν δευτερεύουσα μέτρηση επιλέχθηκαν διαφορές στην κατανάλωση των φαρμάκων ανάμεσα στις δύο ομάδες. Τα αποτελέσματα της έρευνας μας έδειξαν μείωση του πόνου για την ομάδα που έκανε ενεργό TENS κατά 50,23% σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Όσον αφορά την κατανάλωση φαρμάκων προέκυψε από την επεξεργασία των μελετών μείωση της κατανάλωσης αναλγητικών για την ομάδα που έκανε TENS κατά 27,44% σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Πέντε μελέτες αποκλείστηκαν από την επεξεργασία διότι στην εργασία του Klin και των συνεργατών του (1984), δεν υπάρχει ομάδα ελέγχου (ούτε placebo TENS ούτε Control ομάδα) παρά μόνο η ομάδα που κάνει ενεργό TENS, στη δεύτερη (de La Rocha et al, 1984) δεν αναφέρονται οι ακριβείς παραμέτρους του TENS και εξετάζουν τις πνευμονικές λειτουργίες και τον πόνο σε σχέση με το είδος της χειρουργικής τομής κάτι που δεν είναι σχετικό με το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας. Η Rooney και οι συνεργάτες της (1986) εξετάζουν μόνο πνευμονικές λειτουργίες και όχι πόνο ενώ στη μελέτη του Ho και των συνεργατών του (1987) δεν υπάρχει ομάδα ελέγχου και στη τελευταία δεν γινόταν αναφορά σε άμεσο μετεγχειρητικό πόνο αλλά σε χρόνιο πόνο (Carrol & Badura, 2001).

TENS και Πόνος

Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με τα αποτελέσματα και άλλων μελετών (Warfield et al, 1985, Bayindir et al, 1991, Erdogan et, 2005) όσον αφορά την μείωση του μετεγχειρητικού πόνου με την χρήση TENS. Υπάρχουν όμως και μελέτες στις οποίες δεν διαπιστώθηκε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες.

Στην εργασία του Navaratham και των συνεργατών του (1984) δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά. Στην ενεργή ομάδα το TENS ξεκινούσε όταν πονούσαν οι ασθενείς και μάλιστα μετά από την ερώτηση "πονάτε;" Αν απαντούσαν ότι πονούν τότε έθεταν σε λειτουργία το TENS. Εφόσον δεν υπήρχε ελάττωση του πόνου στην συνέχεια δίνονταν μορφίνη. Οι ασθενείς ήξεραν ότι αν ο πόνος συνεχιζόταν μπορούσαν να ζητήσουν φάρμακα. Έτσι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν ζητούσαν τα φάρμακα όταν πραγματικά πονούσαν ή μόνο στην ιδέα ότι θα πονούσαν. Με τον τρόπο αυτό δεν μπορούσε να δράσει και ικανοποιητικά ο ηλεκτρικός ερεθισμός γιατί δεν ήταν για συγκεκριμένο διάστημα σε εφαρμογή στον ασθενή, παρά άρχιζε όταν μετά από αξιολόγηση με NRS (από 3-5) διαπίστωναν ότι κάποιοι από τους ασθενείς πονούσαν. Μέχρι να δράσει χρειάζεται κάποιο χρονικό διάστημα. Επίσης δεν αναφέρεται για πόσο χρόνο εφαρμοζόταν και ποιες ενδείξεις οδηγούσαν στον τερματισμό του ερεθισμού. Είναι γνωστό ότι σε έντονο πόνο το TENS πρέπει να εφαρμόζεται για αρκετό χρονικό διάστημα, πάνω από 15 min (Sluka & Walsh, 2003). Με αυτό τον τρόπο εφαρμογής δεν ήταν δυνατό να δράσει έστω και σαν placebo το TENS, γιατί οι ασθενείς είχαν πρόσβαση στα αναλγητικά ανά πάσα στιγμή. Συνεπώς τα αρνητικά αποτελέσματα της μελέτης δεν μπορούν να αποδοθούν με βεβαιότητα στην δράση του TENS, αλλά στην ελλειμματική μεθοδολογία της εργασίας.

Σε μια άλλη μελέτη με αρνητικά στοιχεία όσον αφορά την επίδραση του TENS στον πόνο (Benedetti et al, 1997) δεν διαπιστώθηκε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τους τρεις τύπους των τομών. Είχαν χωρίσει τις χειρουργικές τομές σε τρεις κατηγορίες: οπισθοπλάγια θωρακοτομή, θωρακοτομή με διαχωρισμό μυών και μέση στερνοτομή (για εκτομή του θύμου αδένος και μυασθένεια Gravis). Το κάθε είδος επέμβασης έχει διαφορετική ένταση μετεγχειρητικού πόνου και είναι γνωστό ότι η πλάγια θωρακοτομή πονά περισσότερο (Smith & Ball, 1998). Οι ασθενείς που υποβλήθηκαν σε μέση στερνοτομή δεν έκαναν επέμβαση ανοικτής καρδιάς που επίσης έχει έντονο πόνο, ιδιαίτερα αν έχουν χρησιμοποιηθεί οι μαστικές αρτηρίες αλλά υποβλήθηκαν σε εκτομή του θύμου αδένος και σε χειρουργείο για μυασθένεια Gravis. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες ακριβώς παράμετροι TENS σε τρεις διαφορετικές επεμβάσεις με διαφορετική ένταση μετεγχειρητικού πόνου. Το εύρος παλμού του ερεθισμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 200 μ s.

Το θεραπευτικό εύρος παλμού του TENS για την αντιμετώπιση του πόνου είναι από 70-120 μs , γιατί έτσι ερεθίζονται εκλεκτικά οι ίνες πίεσης και δόνησης και αποφεύγεται το ενδεχόμενο να ερεθιστούν οι ίνες του πόνου. Ειδικά σε περιπτώσεις που υπάρχει υψηλή ευαισθησία στην περιοχή (π.χ μετά από χειρουργείο) επιλέγεται εύρος από 70-90 μs (Walsh, 1996). Στην συγκεκριμένη εργασία το εύρος παλμού ήταν 200 μs , έξω από τα θεραπευτικά όρια. Ορισμένες φορές η επιλογή μεγάλης διάρκειας ερεθίσματος, πάνω από 130 μs , μπορεί να προκαλέσει πόνο αντί να ανακουφίσει (Robinson & Snyder-Mackler, 1995). Και σ'αυτή την μελέτη (Benedetti et al, 1997) υπάρχει πρόβλημα στην μεθοδολογία αφενός εξαιτίας της επιλογής παραμέτρων TENS που δεν είναι θεραπευτικές και αφετέρου σύγκριση τριών επεμβάσεων με διαφορετικό επίπεδο μετεγχειρητικού πόνου.

Στην εργασία των Stubbing & Jellicoe (1988) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ομάδα του TENS και στην ομάδα ελέγχου. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι στους ασθενείς χορηγήθηκαν αναλγητικά μία ώρα προ του χειρουργείου που ίσως διαφοροποίησε την αντίληψη του πόνου μετεγχειρητικά σε συνδυασμό με τα φάρμακα που δίνονται για την αναισθησία. Ένας άλλος λόγος που δεν υπήρξε διαφορά, ίσως οφείλεται και στις παραμέτρους ερεθισμού. Είχε επιλεγθεί συχνότητα 70 παλμών/sec, ενώ στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η θεραπευτική συχνότητα του TENS είναι από 85-120 παλμούς/sec (Walsh, 1996). Έτσι με τους 70 παλμούς/sec πιθανό να μην προκαλούνταν ερεθισμός των μεγάλων εμμύελων νευρικών ινών για να επιτευχθεί αναλγησία, όπως επίσης και η διάρκεια του ερεθίσματος. Όσον αφορά το εύρος παλμού ήταν 180 μs , ενώ τα όρια για να είναι αποτελεσματικός ο ερεθισμός είναι 70-120 μs ενώ εύρος παλμού μεγαλύτερο από 130 μs μπορεί να προκαλέσει πόνο (Robinson & Snyder-Mackler, 1995). Και εδώ οι παράμετροι του TENS ήταν εκτός των θεραπευτικών ορίων και μάλιστα το εύρος παλμού ήταν τέτοιο που μπορεί να προκαλούσε πόνο.

Άλλη μια περίπτωση ελλειμματικής μεθοδολογίας όσον αφορά τις παραμέτρους του ερεθισμού φαίνεται στην εργασία της Forster και των συνεργατών της (1994). Διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες και ότι το TENS δεν είναι αποτελεσματικό στην αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου. Χρησιμοποίησαν συχνότητα ερεθισμού 278

παλμούς/sec ενώ το αποτελεσματικό θεραπευτικό εύρος είναι από 85-120 παλμούς/sec. Πολύ υψηλή συχνότητα, από 120-150 παλμού/sec έχει σαν αποτέλεσμα αύξηση της μέσης τιμής της έντασης του ρεύματος, η οποία αύξηση έχει σαν συνέπεια το ρεύμα να είναι ενοχλητικό (Robinson & Snyder-Mackler, 1995). Με βάση αυτά τα δεδομένα η επιλογή της συγκεκριμένης συχνότητας από τους ερευνητές όχι μόνο δεν μείωνε τον πόνο αλλά μπορεί ο ηλεκτρικός ερεθισμός να ήταν και ενοχλητικός. Επίσης διάρκειας ερεθίσματος 60 μ s, δεν είναι ικανή να εκπολώσει τις ίνες δόνησης και πίεσης και να οδηγήσει σε αναλγησία.

Όμοια και στην εργασία του Solak και των συνεργατών του (2007) φαίνεται ότι το TENS δεν διαφοροποιεί τον πόνο μετεγχειρητικά. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν πιθανώς ευθύνονται για αυτό. Η συχνότητα των 3 Hz είναι πολύ χαμηλή και δεν έχει θεραπευτικό αποτέλεσμα γιατί για να ερεθιστούν οι μεγάλες ίνες πρέπει να είναι από 85-120 Hz όπως καταγράφεται στην διεθνή βιβλιογραφία (Walsh, 1996). Επίσης η ένταση του ρεύματος πρέπει να είναι υψηλή, πάνω από 44 mA για να επιτευχθεί ο ερεθισμός των ινών Αβ και Αγ. Η τιμή της έντασης στην μελέτη αυτή είναι 12 mA, πολύ μικρή για την επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου. Οι ασθενείς επίσης έφεραν αντλία PCA μετεγχειρητικά για την ανακούφιση από τον πόνο. Θα πρέπει να έχουμε κατά νου ότι έχοντας πρόσβαση στα αναλγητικά οι ασθενείς, θα τα προτιμήσουν. Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται σε μία μελέτη με την χρήση PCA, η οποία έδειξε ότι οι περισσότεροι – όχι όλοι – οι ασθενείς έκαναν χρήση της PCA προκειμένου να μειώσουν τον πόνο τους (Woodhouse & Mather, 2000). Εδώ θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι οι ίδιοι οι ασθενείς χορηγούσαν το φάρμακο. Έτσι προκειμένου να μην πονέσουν ή ακόμα και στη ιδέα ότι θα πονέσουν πατούσαν το κουμπί της PCA. Άλλος ένα πιθανός λόγος για την μη ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα στις δύο ομάδες.

Βέβαια συστηματικές ανασκοπήσεις όσον αφορά την επίδραση του TENS στην αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου υπάρχουν λίγες (Carrol et al 1996, Reeve et al, 1996, Bjordal, 2003) ενώ δεν υπάρχει καμία για την επίδραση του στον πόνο μετά από θωρακοτομή. Η βάση δεδομένων Bandolier στην ηλεκτρονική της διεύθυνση της στο διαδίκτυο μάλιστα προτείνει ότι το TENS δεν είναι αποτελεσματικό για την αντιμετώπιση του. Όπως όμως φαίνεται μέσα από την μελέτη των Bjordal & Greve (1998) η

συμβουλή αυτή στηρίχθηκε σε ένα μοντέλο που είναι ασταθές, διότι συμπεριλήφθησαν στην ανάλυση και μελέτες με αναποτελεσματική θεραπεία. Εξετάζοντας τις μελέτες αυτές διαπιστώθηκε ότι η ένταση του ρεύματος ήταν χαμηλή και πιθανόν μη θεραπευτική, με εύρος 0-15 mA (Cushieri et al, 1985) ή χρησιμοποιήθηκε ένταση με βάση τον αισθητικό ουδό (Smedley et al, 1988). Για να αποφευχθούν τέτοιου τύπου συμπεράσματα στην μεταανάλυση του Bjordal και των συνεργατών του (2003) σε όλες τις μελέτες που εξετάστηκαν η ένταση του ρεύματος που ήταν δυνατή ή η μέγιστη ανεκτή ή η μέγιστη μη ενοχλητική ή η διαμόρφωση του εύρους της έντασης να είναι μεγαλύτερη από 15 mA. Όμως μικρές τιμές έντασης, κάτω από 30 mA, δεν καθιστούν αποτελεσματικό τον ερεθισμό. Και είναι απαραίτητη η υψηλή ένταση προκειμένου να γίνει ερεθισμός των ινών Αβ και Αγ (Robinson & Snyder-Mackler, 1995, Walsh, 1996). Βέβαια πρέπει πάντα να είναι ανεκτή από τον ασθενή, να μην προκαλεί δυσφορία και σύσπαση των μυών της περιοχής που εφαρμόζονται τα ηλεκτρόδια.

Υπάρχουν και ανασκοπήσεις με αρνητικά αποτελέσματα για το TENS (Carroll et al, 1996, Reeve et al, 1996, McQuay & Moore, 1998). Οι ανασκοπήσεις αυτές έχουν χωρίσει τις μελέτες σε δύο κατηγορίες: σε εκείνες με θετικά αποτελέσματα και σε εκείνες με αρνητικά αποτελέσματα. Ο Carroll και οι συνεργάτες του (1996) στην μελέτη τους έχουν μια σαφή ένδειξη: την σημασία της τυχαιοποίησης. Σίγουρα η τυχαιοποίηση είναι σημαντική η διχοτόμηση αυτή όμως είναι παράγοντας λάθους (Bjordal et al, 2003). Είναι σημαντικό σε μια μεταανάλυση να είναι σαφώς ορισμένα τα εργαλεία αξιολόγησης για την αποφυγή λαθών στην πορεία.

Αρκετοί παράγοντες μπορεί να συμβάλλουν στην δημιουργία της αντίθεσης. Αρκετές από τις παλιότερες μελέτες δεν είχαν ομάδα placebo και συνέκριναν τα αποτελέσματα με ασθενείς που δεν έκαναν καμία θεραπεία. Το TENS από μόνο του έχει ισχυρό placebo αποτέλεσμα. Σε πολλές μελέτες γινόταν σύγκριση με άλλα θεραπευτικά μέσα, με την άσκηση και με διάφορες φαρμακολογικές θεραπείες. Αν και το TENS μπορεί να μην ήταν περισσότερο αποτελεσματικό από αυτές, ήταν εξίσου παραγωγικό (Sluka & Walsh, 2003).

Στις μελέτες που συμπεριλήφθησαν στην δική μας εργασία, η τιμή της έντασης που χρησιμοποιήθηκε είχε διακυμάνσεις. Στις περισσότερες η ένταση ήταν έντονη, αλλά ανεκτή από τους ασθενείς. Μεγάλος λόγος γίνεται και για

την συχνότητα λειτουργίας του TENS. Φαίνεται ότι συχνότητα γύρω στα 100 Hz είναι πιο αποτελεσματική σε διάφορες επώδυνες καταστάσεις (Wolf et al, 1981, Johnson et al, 1989, Hamza et al, 1999). Στην μεταανάλυση του Bjordal των συνεργατών του (2003), που βρήκαν ότι το TENS μειώνει τον μετεγχειρητικό πόνο, ο μέσος όρος των συχνοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν στις διάφορες εργασίες που εξετάστηκαν ήταν 85 Hz. Η συχνότητα των ερεθισμάτων της κλασσικής μορφής του TENS πρέπει να είναι μεγάλη και αυτό γιατί βάση της "θεωρίας της πύλης" απαιτείται επαναληπτικός ερεθισμός της ζελατινώδους ουσίας μέσω των αισθητικών ινών δόνησης και πίεσης. Επιλογή μικρότερης συχνότητας (40- 50 ώσεις/sec) δεν θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική, ενώ πολύ υψηλή συχνότητα δεν προτείνεται λόγω αύξησης της μέσης τιμής της έντασης του ρεύματος, καθιστώντας το ενοχλητικό (Robinson & Snyder-Mackler, 1995, Walsh, 1996). Δεν επιλέγεται πάντα η κλασσική μορφή του αλλά σε πολλές εργασίες επιλέγονται προγράμματα που αλλάζει η συχνότητα κατά την διάρκεια της θεραπείας (διαμόρφωση συχνότητας frequency modulation) με στόχο το καλύτερο θεραπευτικό αποτέλεσμα.

Σε όλες τις μελέτες οι συσκευές TENS που χρησιμοποιήθηκαν ήταν φορητές και λειτουργούσαν με μπαταρίες. Αυτό λόγω της ανάγκης για άμεση κινητοποίηση των ασθενών και για την πιο άνετη μετακίνησή τους. Υποστηρίζεται όμως ότι τα μηχανήματα που λειτουργούν με ρεύμα είναι πιο σταθερά στην διατήρηση των παραμέτρων του ερεθισμού. Στους ασθενείς αυτούς δεν μπορούν όμως να εφαρμοσθούν. Βέβαια η τεχνολογία έχει προχωρήσει αρκετά και τα νεότερα μηχανήματα είναι αποτελεσματικότερα. Επίσης ένα φορητό μηχάνημα είναι ευκολότερα αποδεκτό από τους ασθενείς, γνωρίζοντας ότι δεν θα επιβραδύνει την κίνηση τους. Έτσι είναι περισσότερο συνεργάσιμοι και προσεκτικοί όσον αφορά στις οδηγίες που τους έχουν δοθεί.

Ως προς τα σημεία εφαρμογής η Forster και οι συνεργάτες της (1994) τοποθετούσαν τα ηλεκτρόδια τόσο στην τομή όσο και παρασπονδυλικά από τον Θ_1 έως τον Θ_5 σπόνδυλο. Άλλοι ερευνητές (Rooney et al, 1983, Klin et al, 1984, Warfield et al, 1985, Ho et al, 1987, Stubbing & Jellicoe, 1988, Bayindir et al, 1991, Benedetti et al, 1997, Erdogan et al, 2005, Solak et al, 2007) είχαν εφαρμόσει ηλεκτρόδια μόνο γύρω από την τομή, είτε ήταν μέση στερνοτομή είτε πλάγια θωρακοτομή. Οι Navaratham & συνεργάτες (1984) εκτός από τα

ηλεκτρόδια γύρω από την μέση στερνοτομή, τοποθέτησαν ηλεκτρόδια και στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης σε σημεία που αντιστοιχούσαν στα δερμοτόμια του στέρνου ενώ ένα τρίτο ζεύγος ηλεκτροδίων τοποθετήθηκε στην οσφυοϊερά περιοχή για ασθενείς που έκαναν αορτοστεφανιαία παράκαμψη και χρησιμοποιήθηκε η σαφηνής φλέβα ως μόσχευμα. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές τοποθετήσεις για να καλυφθούν όλες οι περιοχές που προκαλούν πόνο μετά την επέμβαση. Όλοι αποσκοπούσαν στην αναλγησία. Δεν αναφέρεται ο τρόπος τοποθέτησης των ηλεκτροδίων γύρω από την τομή αν ήταν σε διάταξη "box" ή διάταξη διέλευσης ή σε σταυρωτή διάταξη. Η κάθε διάταξη έχει διαφορετική επίδραση στον πόνο, άλλες ενδείξεις και αντενδείξεις και ίσως να διαφοροποιούνταν τα αποτελέσματα.

Ο πόνος είναι υποκειμενικό φαινόμενο. Εξαρτάται από την ιδιοσυγκρασία, τα πιστεύω, τον τόπο καταγωγής, τις θρησκευτικές πεποιθήσεις, την ανατροφή του ατόμου. Επειδή είναι υποκειμενικό φαινόμενο είναι δύσκολη η αντικειμενική μέτρηση του. Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν το επίπεδο του, π.χ. άγχος, κατάθλιψη (Johnson et al, 1989, Gil et al, 1990, Thomas et al, 1995), ενώ η ηλικία φαίνεται να μην τον επηρεάζει σημαντικά (Gagliese et al, 2000). Όλα αυτά είναι στοιχεία που μπορεί να μη φαίνονται μέσα σε μια μελέτη, επηρεάζουν όμως τα αποτελέσματα της. Ο καθένας βιώνει τον πόνο με τον δικό του ξεχωριστό τρόπο και τον εκφράζει διαφορετικά από του άλλους, με άμεσο αντίκτυπο στην μέτρηση του.

TENS και Φάρμακα

Τα αποτελέσματα της εργασίας μας συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων μελετών (Rooney et al, 1983, Navaratham et al, 1984, Forster et al, 1994, Benedetti et al, 1997, Erdogan et al, 2005) και δείχνουν ότι το TENS συμβάλλει στην μείωση της ποσότητας των αναλγητικών μετά από θωρακοτομές.

Παρόλα αυτά υπάρχουν και μελέτες με αρνητικά αποτελέσματα. Στην εργασία του Benedetti και των συνεργατών του (1997) προέκυψε μετά από την στατιστική επεξεργασία ότι η ομάδα που έκανε TENS πήρε περισσότερα αναλγητικά απ' την placebo ομάδα. Πιθανόν το είδος του χειρουργείου, οπισθοπλάγια θωρακοτομή, να συνέβαλε σε αυτό. Η πλάγια θωρακοτομή

έχει πολύ περισσότερο πόνο λόγω της ύπαρξης σωλήνων παροχέτευσης και την χρήση διαστολέα για την ευκολότερη πρόσβαση στο χειρουργικό πεδίο. Εκτός από τις βλάβες στα πλευρά, εδώ κόβονται περισσότερες και πιο πυκνές μυϊκές ομάδες και κατ' επέκταση περισσότερα μικρά νεύρα και μύες (Craig et al, 1991, Smith & Ball, 1998, Conacher, 2001). Επίσης πιθανό να έπαιξαν ρόλο και οι παράμετροι του ερεθισμού. Το θεραπευτικό εύρος παλμού του TENS για την αντιμετώπιση του πόνου είναι από 70-120 μ s, γιατί έτσι ερεθίζονται εκλεκτικά οι ίνες πίεσης και δόνησης και αποφεύγεται το ενδεχόμενο να ερεθιστούν οι ίνες του πόνου. Ειδικά σε περιπτώσεις που υπάρχει υψηλή ευαισθησία στην περιοχή (π.χ μετά από χειρουργείο) επιλέγεται εύρος από 70-90 μ s (Walsh, 1996). Στην συγκεκριμένη εργασία το εύρος παλμού ήταν 200 μ s, έξω από τα θεραπευτικά όρια. Ορισμένες φορές η επιλογή μεγάλης διάρκειας ερεθίσματος, πάνω από 130 μ s, μπορεί να προκαλέσει πόνο (Robinson & Snyder-Mackler, 1995). Ίσως σ' αυτό να οφείλεται η μεγαλύτερη ποσότητα αναλγητικών που χορηγήθηκε.

Μη στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες έδειξε και η μελέτη του Warfield και των συνεργατών του (1985). Στην εργασία αυτή για τις παραμέτρους του ερεθισμού δεν έχουμε ξεκάθαρα στοιχεία. Ναι μεν έχουμε κάποια νούμερα αλλά δεν γνωρίζουμε σε τι συχνότητα, διάρκεια ερεθισμού και ένταση ρεύματος αντιστοιχούν, άρα δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την επίδραση του TENS στην ποσότητα των αναλγητικών που δόθηκαν μετεγχειρητικά και δεν μπορούμε να πούμε ότι ήταν αναποτελεσματικό. Ένα στοιχείο που δικαιολογεί αυτά τα αποτελέσματα είναι και το γεγονός ότι λόγω της φύσης της επέμβασης αρκετοί από τους ασθενείς που έπαιρναν μέρος σ' αυτή την εργασία θα έμεναν περισσότερο χρονικό διάστημα διασωληνωμένοι από το αναμενόμενο. Άρα δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι θα έπαιρναν ναρκωτικά μόνο αν το ζητούσαν ή θα τους δίνονταν βάση μετεγχειρητικών οδηγιών. Δεν γνωρίζουμε επίσης το επίπεδο επικοινωνίας τους μετά την επέμβαση και αν θα ήταν σε θέση να ζητήσουν αναλγητικά. Ένας άλλος λόγος στηρίζεται στο γεγονός ότι κάποιες φορές, διάφοροι άλλοι παράγοντες, όπως δυσφορία από τον ενδοτραχειακό σωλήνα, υπέρταση, ταχυκαρδία έχουν σαν συνέπεια την άμεση χορήγηση επιπλέον ποσοτήτων ναρκωτικών, επηρεάζοντας έτσι την συνολική ποσότητα που δόθηκε στους ασθενείς.

Στη μεταανάλυση του Bjordal και των συνεργατών (2003) βρέθηκε ότι η χρήση TENS μετά από χειρουργική επέμβαση μειώνει την ποσότητα των οπιοειδών που χορηγούνται. Βέβαια οι εργασίες που είχαν χρησιμοποιήθηκαν στην ανασκόπηση αφορούσαν την επίδραση του TENS στην μείωση των φαρμάκων μετά από διάφορες χειρουργικές τομές (χειρουργεία κοιλιάς, μηνισκεκτομές, καισαρικές τομές, χολοκυστεκτομές κ.ά).

Περιορισμοί

Κατά την επεξεργασία των στοιχείων για την μελέτη αυτή δεν κάναμε διαχωρισμό ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες, αλλά τους θεωρήσαμε σαν ομοιογενές γκρουπ. Και στις μελέτες που ανασκοπήσαμε είτε συμπεριελήφθησαν είτε αποκλείστηκαν, δεν γινόταν διαχωρισμός ανάμεσα στα δύο φύλα,. Καμία αναφορά για διαφορές ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες δεν έγινε και σε άλλες μεταanalύσεις (Carrol et al, 1996, Bjordal et al, 2003). Παρότι φαίνεται να υπάρχουν κάποιες διαφορές όσον αφορά την αντίληψη των επώδυνων ερεθισμάτων, την αντοχή στον πόνο, την αντίδραση στην μορφίνη ανάμεσα στα δύο φύλα (Fillingim, 2000, Craft, 2003, Wiesenfeld-Hallin, 2005), ο μη διαχωρισμός τους παραμένει περιορισμός της μελέτης μας.

Δεν εξετάστηκε χωριστά το είδος του χειρουργείου. Οι θωρακοτομές περιλαμβάνουν την μέση στερνοτομή και τις πλάγιες θωρακοτομές. Είναι γνωστό ότι η πλάγια θωρακοτομή έχει πολύ περισσότερο μετεγχειρητικό πόνο από την μέση στερνοτομή (Craig et al, 1991, Benedetti et al, 1997, Conacher, 2001). Είναι ένα παράγοντας που διαφοροποιεί το είδος και την ένταση του πόνου. Σε μια άλλη μεταανάλυση (Bjordal et al, 2003) μελετήθηκε ο πόνος μετά από διάφορες επεμβάσεις (θωρακοτομή, καισαρική, κοιλιακές εγχειρήσεις, λαμινεκτομή, χολοκυστεκτομή κ.α) χωρίς διαχωρισμό για το είδος της επέμβασης. Επίσης με την μέση στερνοτομή γίνονται διαφορετικές εγχειρήσεις – αντικατάσταση ανιούσης αορτής, αντικατάσταση βαλβίδων, αορτοστεφανιαίας παράκαμψης με διαφορετικά επίπεδα πόνου. Παρομοίως μέσω της πλάγιας θωρακοτομής εκτελούνται εκτομές πνευμόνων, λοβών, διόρθωση ανευρυσμάτων, με διάφορες τεχνικές. Και εδώ υπήρχε κοινή αντιμετώπιση ως θωρακοτομές. Στα άρθρα που μελετήσαμε οι ασθενείς έκαναν το χειρουργείο τους με μέση στερνοτομή (Klin et al, 1984, Navaratham et al, 1984, Bayindir et al, 1991 Forster et al, 1994), είτε με θωρακοτομή

(Rooney et al, 1983, de la Rocha & Chambers, 1984, Warfield et al, 1985, Stubbing & Jellicoe, 1988, Erdogan et al, 2005, Solak et al, 2007), ενώ μόνο ο Benedetti και οι συνεργάτες του (1997) είχαν ασθενείς με θωρακοτομή και μέση στερνοτομή στο δείγμα τους. Πιθανώς λοιπόν να διαφοροποιούνταν τα αποτελέσματα εάν μελετώνταν ξεχωριστά τα διάφορα είδη θωρακοτομής.

Ένα άλλο σημείο που συζητείται είναι η υποκειμενικότητα με την οποία καθορίζεται το άλγος μέσω της οπτικής αναλογικής κλίμακας καθώς και ο χρόνος έναρξης της μελέτης. Η αναλογική κλίμακα (οπτική, αριθμητική) μπορεί να είναι ένα εργαλείο προσδιορισμού του πόνου, πολύ χρήσιμο και εύκολο στην χρήση και στην κατανόηση από τους ασθενείς, είναι όμως μονοδιάστατη. Αντικειμενικά αλγόμετρα δεν υφίστανται, συνεπώς πορευόμαστε για τον όσο πιο ακριβή προσδιορισμό του πόνου με την χρήση των διαφόρων κλιμάκων (visual analogue scale, numerical rating scale) και ερωτηματολογίων π.χ. McGill, BPI (Brief Pain Inventory), προσπαθώντας να είμαστε όσο πιο ακριβείς στον προσδιορισμό της έντασης και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του πόνου. Υπάρχει δυσκολία στην καταγραφή της έντασης του πόνου αμέσως μετά το χειρουργείο κάτι που εξαρτάται και από την αναισθησία. Ο ασθενής δεν επικοινωνεί καλά, συνεπώς δεν είναι δυνατόν να προσδιορισθεί με ακρίβεια το σημείο και η ένταση του άλγους, κάτι αρνητικό για την σωστή εφαρμογή, ρύθμιση και αποτελεσματικότητα του TENS. Αρκετές φορές είναι δύσκολο στους ασθενείς να κατανοήσουν πλήρως τι ακριβώς θέλουμε από αυτούς. Δεν απαντούν καλά όσον αφορά την οπτική κλίμακα του πόνου, δεν την βλέπουν καλά και σε κάποιους φαίνεται “αστείο” και μη αντιπροσωπευτικό να δουν την VAS και να προσδιορίσουν τον πόνο τους με ένα νούμερο. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώνουν την εικόνα και παρέχουν πάρα πολλά στοιχεία. Είναι όμως δύσκολα να κατανοηθούν και συμπληρωθούν από άτομα με λίγες γραμματικές γνώσεις ή άτομα κάποιας ηλικίας. Αναγκαστικά θα πρέπει κάποιος να τους βοηθήσει με την όποια επίδραση έχει αυτό στην ειλικρινή και αντικειμενική απάντηση των ερωτήσεων.

Ένα άλλο ζήτημα πιθανής αδυναμίας είναι οι παράμετροι του ερεθισμού και τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων. Άλλοι ερευνητές τα βάζουν μόνο στη τομή, άλλοι και στα αντίστοιχα δερμοτόμια και άλλοι και σε άλλα σημεία μακριά από την τομή. Διαφορετικές τοποθετήσεις που δεν

γνωρίζουμε την επίδραση τους. Επίσης χρησιμοποιούνται διαφορετικές παράμετροι (συχνότητα, εύρος παλμού και ένταση) σε κάθε μελέτη, οι οποίες κάποιες φορές είναι εκτός των θεραπευτικών ορίων, τα οποία στην διεθνή βιβλιογραφία είναι 85-120 παλμοί/sec για την συχνότητα, 70-120 μ s για το εύρος παλμού και πάνω από 44 mA για την ένταση. Έτσι σε κάποιες μελέτες η συχνότητα είναι μεγαλύτερη π.χ 278 παλμοί/sec (Forster et al, 1994) ενώ σε άλλες μικρότερη, 70 παλμοί/sec (Stubbing & Jellicoe, 1988) απ'ότι προτείνεται στην βιβλιογραφία, 85-120 παλμοί/sec (Robinson & Snyder-Mackler, 1995). Όμοια για το εύρος παλμού, οι τιμές είτε είναι υποθεραπευτικές, είτε πολύ υψηλές, με αποτέλεσμα όχι μόνο να μην θεραπεύουν αλλά μπορεί να προκαλούν και πόνο π.χ εύρος παλμού 200 μ s (Benedetti et al, 1997). Και η ένταση ποικίλλει από χαμηλές τιμές, 12-14 mA (Solak et al, 2007) έως τιμές που το ρεύμα να είναι έντονο αλλά όχι ενοχλητικό για τον ασθενή.

Στις μελέτες που διερευνήθηκαν υπήρχαν μόνο μετρήσεις για τον πόνο και την κατανάλωση φαρμάκων. Κανείς ερευνητής, πλην του Navaratham των συνεργατών του (1984), δεν χρησιμοποίησε ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση του πόνου. Το ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε στη εν λόγω μελέτη ζητούσε την γνώμη των ασθενών για το αν και πόσο τους βοήθησε το TENS. Τόσο οι ασθενείς της ενεργής ομάδας όσο και της ομάδας ελέγχου απάντησαν ότι ωφελήθηκαν από αυτή την θεραπεία. Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι το TENS είχε σημαντικό placebo αποτέλεσμα στην ομάδα που δεν έκανε TENS (Navaratham et al, 1984). Συνεπώς η αξιολόγηση των πολυδιάστατων χαρακτηριστικών του πόνου δεν είναι εφικτή από τις υπάρχουσες μελέτες.

Συμπερασματικά σε ύπαρξη πόνου ο σκοπός της κάθε θεραπευτικής παρέμβασης είναι να μειωθεί αυτός και να διευκολυνθεί ο ασθενής. Το TENS δεν είναι πανάκεια για όλες τις περιπτώσεις και δεν μπορεί να αντικαταστήσει τα ισχυρά αναλγητικά. Είναι όμως ένα μέσο που είναι αποτελεσματικό και συμβάλλει στη μείωση του μετεγχειρητικού άλγους μετά από θωρακοτομή και στην μειωμένη πρόσληψη οπιοειδών με ελάχιστες ή και καθόλου παρενέργειες, εφόσον γίνει η κατάλληλη εκπαίδευση για την εφαρμογή του στα άτομα που θα το χρησιμοποιήσουν.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της μεταανάλυσης αυτής ήταν η διερεύνηση όλων των μελετών για την αποτελεσματικότητα του TENS στην θωρακοτομή, χρησιμοποιώντας σαν εργαλεία αξιολόγησης την μέτρηση του πόνου μέσω VAS ή NRS και την κατανάλωση φαρμάκων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το TENS είναι αποτελεσματικό στην αντιμετώπιση του πόνου μετά από θωρακοτομή, για το χρονικό διάστημα των τριών πρώτων ημερών, όπως προκύπτει από την χρήση της οπτικής αναλογικής κλίμακας (VAS). Επίσης συμβάλλει και στην μείωση της χορήγησης αναλγητικών για το ίδιο χρονικό διάστημα, προφυλάσσοντας τους ασθενείς από τις ανεπιθύμητες ενέργειες τους.

Λόγω πολλών μεθοδολογικών αδυναμιών χρειάζονται στο μέλλον να γίνουν περισσότερες και με μεγαλύτερα δείγματα, καλά οργανωμένες τυχαιοποιημένες μελέτες, με αντικειμενικά εργαλεία μέτρησης του μετεγχειρητικού πόνου που θα περιλαμβάνουν κλίμακες αξιολόγησης, λειτουργικότητας των αρθρώσεων, λεπτομερή καταγραφή της ποσότητας και του τρόπου χορήγησης των φαρμάκων και ερωτηματολόγια προκειμένου να ενισχυθεί ακόμα περισσότερο η θέση του TENS σαν αποτελεσματικού μέσου αντιμετώπισης του πόνου μετά από θωρακοτομή.

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ-BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. **Ali J, Yafff CS, Serrette C.** The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on postoperative pain and pulmonary function. *Surgery* 1981;89:507-12.
2. **Bayindir O, Paker T, Akpınar B, Erenturk S, Askin D, Aytac A.** Use of transcutaneous electrical nerve stimulation in the control of postoperative chest pain after cardiac surgery. *J of Cardioth Vasc Anaesth* 1991;5:589-591.
3. **Benedetti F, Amanzio M, Casadio C, Cavallo A, Cianci R, Giobbe R, Mancuso M, Ruffini E, Maggi G.** Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *Ann Thor Surg* 1997;63:773-6.
4. **Bjordal J, Greve G.** What may alter the conclusions of reviews? *Phys Ther Rev* 1998;3:121-32.
5. **Bjordal J, Johnson M, Ljunggreen A- E.** Transcutaneous electrical nerve stimulation can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *Eur J Pain* 2003;7:181-188.
6. **Burton C, Maurer D.** Pain suppression by transcutaneous electrical nerve stimulation. *IEEE. Transact on Biomed Engin* 1974;21:81-88.
7. **Carroll E, Badura A.** Focal intense transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of radicular and postthoracotomy pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:262-264.
8. **Carroll D, Tramèr M, McQuay H, Nye B, Moore A.** Randomization is important in studies with pain outcomes: systematic review of transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief in acute postoperative pain. *Br J Anaesth* 1996;77:798-803.
9. **Cedarbaum JM, Aghajanian GK.** Afferent projections to the rat locus coeruleus as determined by a retrograde tracing technique. *J Comp Neurol* 1978;178:1-16.
10. **Chao AS, Chao A, Wang TH, Chang YC, Peng HH, Chang SD, Chao A, Chang CJ, Lai CH, Wong AM.** Pain relief by applying

transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on acupuncture points during the first stage of labour: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Pain* 2007;127:214-20.

- 11. Conacher ID.** Post-thoracotomy analgesia. *Anesthesiol Clin North America* 2001;19:611–25.
- 12. Cooley DA.** Techniques in Cardiac Surgery. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1984.
- 13. Cooperman AM, Hall B, Mikalacki K, Hardy R, Sardar E.** Use of transcutaneous electrical nerve stimulation in the control of postoperative pain. Results of a prospective, randomized controlled study. *American J of Surgery* 1977;133:185-7.
- 14. Craft RM.** Sex differences in opioid analgesia: "from mouse to man". *Clin J Pain* 2003;19:175-86.
- 15. Craig SR, Leaver HA, Yap PL, Pugh GC, Walker WS.** Acute phase responses following minimal access and conventional thoracic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;20: 455-63.
- 16. Crawford F, Kratz J.** Thoracic incisions. In: Sabiston D & Spencer F (ed). *Surgery of the chest*, 5th ed. Saunders Company, 1990, pp189-201.
- 17. Cushieri RJ, Morran CG, McArdle CS.** Transcutaneous electrical stimulation for postoperative pain. *Ann R Coll Surg Engl* 1985;67:127-9.
- 18. Dajczman E, Gordon A, Kreisman H, Wolkove N.** Long-term post-thoracotomy pain. *Chest* 1991; 99: 270–4.
- 19. de la Rocka A, Chambers K.** Pain amelioration after thoracotomy. A prospective randomized study. *The Ann of Thor Surg* 1984;37:239-242.
- 20. Dichersin K, Scherer R, Lefebvre c.** Identifying relevant studies for systematic reviews. *BMJ* 1994;309:1286-91.
- 21. Donald I.** At the receiving end: a doctor's personal recollections of second time cardiac valve replacement. *Scott Med J* 1976;2:357-58.
- 22. Electrotherapy Standards Comittee:** Electrotherapeutic terminology in physical therapy (report). Section on clinical electrophysiology and American Physical Therapy Assosiation, Alexandria, VA, 2001.

- 23.Erdogan M, Erdogan A, Erbil N, Karakaya HK, Demircan A.** Prospective, randomized, placebo- controlled study of the effect of TENS on postthoracotomy pain and pulmonary function. *World J Surg* 2005;29:1563-1570.
- 24.Evron S, Schenker JG, Olshwang D, Granat M, Magora F.** Posroperative analgesia by percutaneous electrical nerve stimulation in gynecology and obstetrics. *Eur J Obstret, Gynecol and Reprod Biol* 1981;12:305-13.
- 25.Fields HL, Basbaum AI.** Central nervous system mechanisms of pain modulation. In Wall PD, Melzack R (eds): Textbook of Pain, chap 12. New York, NY,1999, pp 243-257.
- 26.Fillingim RB.** Sex, gender, and pain: women and men really are different. *Curr Rev Pain* 2000;4:24-30.
- 27.Fitzpatrick GJ, Moriarty DC.** Intrathecal morphine in the management of pain following cardiac surgery. *Br J Anaesth* 1988;60:639-44.
- 28.Forster EL, Kramer JF, Lucy SD, Scudds RA, Novick RJ.** Effect of TENS on pain, medication, and pulmonary function following coronary artery bypass graft surgery. *Chest* 1994;106:1343-1346.
- 29.Gagliese L, Jackson M, Ritvo P, Wowk A, Katz J.** Age is not an impediment to effective use of patient-controlled analgesia by surgical patients. *Anesthesiol* 2000;93:601-10.
- 30.Gebhart GF, Sandkühler J, Thalhammer JG, Zimmermann M.** Quantitative comparison of inhibition in spinal cord of nociceptive information by stimulation in periaqueductal gray or nucleus raphe magnus of the cat. *J Neurophysiol* 1983;50:1433-1445.
- 31.Giesler GJ Jr, Gerhart KD, Yezierski RP, Wilcox TK, Willis WD.** Postsynaptic inhibition of primate spinothalamic neurons by stimulation in nucleus raphe magnus. *Brain Res* 1981;204:184-188.
- 32.Gil KM, Ginsberg B, Muir M, Sykes D, Williams DA.** Patient-controlled analgesia in postoperative pain: the relation of psychological factors to pain and analgesic use. *Clin J Pain* 1990;6:137-42.
- 33.Gilbert JM, Gledhill T, Law N, George C.** Controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for postoperative pain relief following inguinal herniorrhaphy. *Br J Surg* 1986;79:749-51.

- 34.Gravelee GP, Rauch RL.** Pain management in cardiac surgery. Philadelphia, JB Lippincott, 1993.
- 35.Hamza MA, White PF, Ahmed HE, Ghoname EA.** Effect of the frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on the postoperative opioid analgesic requirement and recovery profile. *Anesthesiol* 1999;91:1232-8.
- 36.Han JS, Chen XH, Sun SL, Xu XJ, Yuan Y, Yan SC, Hao JX, Terenius L.** Effect of low and high frequency TENS on met-enkephalin-arg-phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain* 1991;47:295-298.
- 37.Hillegas E, Sadowski S.** Surgical and thoracic interventions, monitoring and support. In: Essentials of Cardiopulmonary Physical Therapy, 2nd ed. Saunders Company, 2001, pp 452-475.
- 38.Ho A, Hui PW, Cheung J, Cheung C.** Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation in relieving pain following thoracotomy. *Physiotherapy* 1987;73:33-35.
- 39.Hughes GS, Lichstein PR, Whitlock D, Harker C.** Response of plasma beta- endorphins to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther* 1984;64:1062-1066.
- 40.Indergrand HJ, Morgan BJ.** Effect of high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation on limb blood flow in healthy subjects. *Phys Ther* 1984;64:1062-1066.
- 41.Jansen KJ, McFadden PM.** Postoperative nursing management in patients undergoing myocardial revascularization with the internal mammary artery bypass. *Heart Lung* 1986;15:48-54.
- 42.Jenkins SC, Soutar SA, Forsyth A, Keates JR, Moxham J.** Lung functions after coronary artery surgery using the internal mammary artery and saphenous veins. *Thorax* 1989;44:209-11.
- 43.Johnson LR, Magnani B, Chan V, Ferrante FM.** Modifiers of patient-controlled analgesia efficacy. Locus on control. *Pain* 1989;39:17-22.
- 44.Johnson MI, Ashton CH, Thompson JW.** Analgesic effect of different pulse frequencies on cold induced pain in normal subjects. *Pain* 1989;39:231-6.

45. **Kalra A, Urban MO, Sluka KA.** Blockage of opioid receptors in rostral ventral medulla prevents antihyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *J Pharmacol Exp Ther* 2001;298:257-263.
46. **Kalso E, Perttunen K, Kaasinen S.** Pain after thoracic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1992;36: 96–100.
47. **Kane K, Taub A.** A history of local electrical analgesia. *Pain* 1975;1:125-138.
48. **Katz J, Jackson M, Kavanagh BP, Sandler AN.** Acute pain after thoracic surgery predicts long-term post-thoracotomy pain. *Clin J Pain* 1996;12: 50–5.
49. **Kavanagh BP, Katz J, Sandler AN.** Pain control after thoracic surgery. A review of current techniques. *Anesthesiology* 1994;81:737–59.
50. **Kittle CF.** Thoracic incisions. In: Baue (ed). Glenn's Thoracic and cardiovascular Surgery, 5th ed. East Norwalk, Conn, Appleton & Lange, 1991.
51. **Klin B, Uretzky G, Magora F.** Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) after open heart surgery. *J Cardiovasc Surg* 1984;25:445-448.
52. **Kwiat GC, Basbaum AI.** The origin of brainstem noradrenergic and serotonergic projections to the spinal cord dorsal horns in the rat. *Somatosen Mot Res* 1992;9 :157-173.
53. **Lang T, Barker R, Steinlechner B, Gustorff B, Puskas T, Gore O, Kober A.** TENS relieves acute posttraumatic hip pain during emergency transport. *J Trauma* 2007;62:184-88.
54. **Marchand S, Li J, Charest J.** Effect of caffeine on analgesia from transcutaneous electrical nerve stimulation. *N Engl J Med* 1995;333:325-326.
55. **McQuay HJ, Moore RA.** Postoperative analgesia and vomiting, with special reference to day- case surgery: a systematic review. *Health Technol Asses* 1998;2:1-236.
56. **Melzack R, Wall PD.** Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150:971-979.

57. **Meyerson BA.** Neurosurgical approaches to pain treatment. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001;45:1108-1113.
58. **Mora B, Giorni E, Dobrovits M, Barker R, Lang T, Gore C, Kober A.** Transcutaneous electrical nerve stimulation: an effective treatment for pain caused by renal colic in emergency care. *J Urolog* 2006;175:1737-41.
59. **Navaratham R, Wang I, Thomas D, Klineberg PL.** Evaluation of transcutaneous electrical nerve stimulator for postoperative analgesia following cardiac surgery. *Anaesth Intens Care* 1984;12:345-350.
60. **North RA, Yoshimura M.** The actions of noradrenaline on neurons of the rat substantia gelatinosa in vitro. *J Physiol (Lond)* 1984;349:43-55.
61. **Petrovaara A, Almeida A.** Descending inhibitory systems. *Handbook of Clin Neur* 2006;81:179-192.
62. **Reeve J, Menon D, Corabian P.** Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): a technology assessment. *Int J Technol Assess Health Care* 1996;12:299-324.
63. **Reynolds DV.** Surgery in the rat during electrical analgesia by local brain stimulation. *Science* 1969;164:444-445.
64. **Ridley S, Green A.** Surgery for the adults. In: Pryor & Prasad (ed). *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems*, 3rd ed. Churchill Livingstone, 2003.
65. **Robinson AJ, Snyder-Mackler L.** Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and electrophysiological testing (2nd edition). Baltimore, MD, Williams and Wilkins, 1995.
66. **Rooney S - M, Jain S, Goldiner P.** Effect of transcutaneous nerve stimulation on postoperative pain after thoracotomy. *Anesth Analg* 1983;62:1010-2.
67. **Rooney S- M, Subhash J, McCormack P, Bains MS, Martini N, Goldiner PL.** A comparison of pulmonary function tests for postthoracotomy pain using cryoanalgesia and transcutaneous nerve stimulation. *Ann Thor Surg* 1986;41:204-207.
68. **Rosenberg M, Curtis L, Burke DL.** Transcutaneous electrical nerve stimulation for the relief of postoperative pain. *Pain* 1978;5:129-33.

- 69.Salar G, Job I, Mingrino S, Bosio A, Trabucchi M.** Effect of transcutaneous electrotherapy on CSF β -endorphin content in patients without pain problems. *Pain* 1981;10:169-172.
- 70.Salter MW, Henry JL.** Evidence that adenosine mediates the depression of spinal dorsal horn neurons induced by peripheral vibration in the cat. *Neurosci* 1987;22:631-650.
- 71.Sato A, Sato A, Schimdt RF.** Impact of somatosensory input on autonomic functions. Heidelberg, Germany, Springer 1987.
- 72.Shimizu T, Koja T, Fujisaki T, Fukuda T.** Effects of methysergide and naloxone on analgesia induced by the peripheral electric stimulation in mice. *Brain Res* 1981;208:463-467.
- 73.Sluka KA, Deacon M, Stibal A, Strissel S, Terpstra A.** Spinal blockage of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. *J Pharmacol Exp Ther* 1999;289:840-846.
- 74.Sluka KA, Walsh D.** Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain* 2003;4:109-21.
- 75.Smedley F, Taube M, Wastell C.** Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief following inguinal hernia repair: a controlled trial. *Eur Surg Res* 1988;20:233-7.
- 76.Smith CM, Guralink MS, Gelfand MM, Jeans ME.** The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on post- cesarian pain. *Pain* 1986;27:181-93.
- 77.Smith M, Ball V.** The cardiothoracic unit. In: Cardiovascular Respiratory Physiotherapy. Mosby International, 1998, pp 119-144.
- 78.Solak O, Turna A, Pekcolakar A, Metin M, Sayar A, Solak O, Gürses A.** Transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of postthoracotomy pain: a randomized prospective study. *Thorac Cardiovasc Surg* 2007;55:182-185.
- 79.Soloman RA, Viernstein M, Long DM.** Reduction of postoperative pain and narcotic use by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Surgery* 1980;87:142-6.
- 80.Stubbing J, Jellicoe J.** Transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracotomy. *Anaesthesia* 1988;43:296-298.

81. **Thomas V, Heath M, Rose D, Flory P.** Psychological characteristics and the effectiveness of patient- controlled analgesia. *Br J Anaesth* 1995;74:271-6.
82. **Tugay N, Akbayrak T, Demirturk F, Karakaya IC, Kocaacar O, Tugay U, Karakaya MG, Demirtürk F.** Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation and indeferential current in primary dysmenorrhia. *Pain Med* 2007;8:295-300.
83. **Wall PD, Sweet WH.** Temporary abolition of pain in man. *Science* 1967;155:108-109.
84. **Walsh D.** TENS: Clinical applications and related theory. Edinburgh, UK, Churchill Livingstone, 1996.
85. **Warfield C, Stein J, Frank H.** The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain after thoracotomy. *The Ann of Thor Surg* 1985;39:462-465.
86. **Westlund KN, Carlton SM, Zhang D, Willis WD.** Direct catecholaminergic innervation of primate spinothalamic tract neurons. *J Comp Neurol* 1990;299:178-186.
87. **Wiesenfeld-Hallin Z.** Sex differences in pain perception: *Gend Med* 2005 Sep;2:137-45.
88. **Wolf SL, Cersh MR, Rao VR.** Examination of the electrode placements and stimulation parameters in treating chronic pain with conventional transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain* 1981;11:37-47.
89. **Woodhouse A, Mather LE.** The minimum effective concetration of opioids: a revisitation with patient controlled analgesia fentanyl. *Reg Anesth Pain Med* 2000;25:259-67.
90. **Woolf CJ, Mitchell D, Barrett GD.** Antinociceptive effect of peripheral segmental electrical stimulation in the rat. *Pain* 1980;8:237-252.
91. **Yaksh TL.** Pharmacology of spinal adrenergic systems which modulate spinal nociceptive processing. *Pharmacol Biochem Behav* 1997;41:94-111.
92. **Γιόκαρης Π.** ΚΛΙΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ. 2^η εκδ. ΤΟΜΟΣ Β, Αθήνα 2007, σελ 211-231.

- 93.Φραγκοράπτης Ε.** Εφαρμοσμένη Ηλεκτροθεραπεία. Εκδ.
ΠΕΤΡΟΥΛΑ, Θεσσαλονίκη,1984,σελ 129.
- 94. www.medsales.com.**