



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

Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός (TENS) για αναλγησία

Σπουδαστής:

Σταυρόπουλος Νικόλαος, Φυσικοθεραπευτής (Α.Μ. 24)

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Ευτυχίδου Ελένη, Ομότιμη Καθηγήτρια 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, 2006

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο πόνος είναι η πιο συχνή αιτία-σύμπτωμα που οδηγεί τους “ασθενείς” στην αναζήτηση θεραπευτικής παρέμβασης. Χαρακτηρίζεται ως δυσάρεστη αισθητική και συναισθηματική εμπειρία που οφείλεται σε πραγματική ή δυνητική καταστροφή των ιστών και διακρίνεται σε οξύ και χρόνιο. Τις περισσότερες φορές –ως οξύς πόνος- υποδηλώνει την ύπαρξη υποκείμενης παθολογίας, αποτελεί δε προστατευτικό μηχανισμό του σώματος και χρησιμεύει στην ανίχνευση, τον εντοπισμό και τον περιορισμό της ιστικής βλάβης. Όταν ο πόνος δεν υποχωρεί είτε λόγω ανεπαρκούς θεραπείας είτε λόγω ανώμαλης επανόρθωσης της βλάβης, μεταπίπτει σε χρόνιο πόνο, ο οποίος δεν προσφέρει καμία, γνωστή τουλάχιστον, βιολογική υπηρεσία. Η διαχείριση του χρόνιου πόνου απαιτεί ιδιαίτερη διερεύνηση διότι υπεισέρχονται στην “αίσθησή” του, διάφοροι φυσικοί, ψυχολογικοί, πνευματικοί και κοινωνικοί παράγοντες, που περιπλέκουν την αντιμετώπισή του.

Η αντιμετώπιση του πόνου του ασθενή παρέχοντάς του αναλγησία είναι το πλέον συναρπαστικό πράγμα της θεραπευτικής παρέμβασης, καθώς έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει την αγωνιώδη και βασανιστική αίσθηση του πόνου στο πρόσωπο του ασθενή με μια αίσθηση άνεσης, χαλάρωσης και ελπίδας.

Η εκτίμηση-αξιολόγηση του ασθενή που “πονάει” μέσω των ιατρογενών διαδικασιών του ιστορικού, της φυσικής εξέτασης και των διαγνωστικών εξετάσεων οδηγεί στην θεραπευτική αντιμετώπιση τόσο της υποκείμενης νόσου όσο και του ελέγχου του πόνου. Οι θεραπευτικές παρεμβάσεις είναι πολλές (φαρμακευτικές ή μη φαρμακευτικές, χειρουργικές, συμπληρωματικές κ.λπ.) και ο θεράπων επιζητά την αποτελεσματικότερη με τις ελάχιστες δυνατόν παρενέργειες για τον ασθενή.

Στις μη-φαρμακευτικές παρεμβάσεις, η Φυσικοθεραπευτική Αποκατάσταση προσφέρει φυσικές μεθόδους και τεχνικές, που βασίζονται πλέον σε κλινικές και ερευνητικές μελέτες, και έχουν τεκμηριωθεί από συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις.

Στους στόχους της Φυσικοθεραπευτικής Αποκατάστασης ξεχωρίζουμε:

1. τη διαχείριση του πόνου με έλεγχο ή αναστολή
2. τη διατήρηση και αύξηση της λειτουργικής ικανότητας του ασθενή
3. τη μείωση της απασχόλησης των υπηρεσιών υγείας με πρόληψη των επιπλοκών και εργονομία
4. την ελάττωση της εξάρτησης από τα φάρμακα.

Στη διαχείριση του πόνου μέσω της Φυσικοθεραπευτικής Αποκατάστασης, η Ηλεκτροθεραπεία (δια του ηλεκτρικού ερεθισμού) αποτελεί πρωτεύουσα θεραπευτική παρέμβαση για τους Φυσικοθεραπευτές, με τον TENS (διαδερματικό ηλεκτρικό νευρικό ερεθισμό) να έχει εξελιχθεί στο πιο δημοφιλές και ευρέως χρησιμοποιούμενο μέσο της. Ευλόγως δε, τίθεται το ερώτημα: Υπάρχουν ικανοποιητικές αποδείξεις για τους μηχανισμούς δράσης του, τις παραμέτρους εφαρμογής του και την κλινική αποτελεσματικότητά του, που να δικαιολογούν τη χρήση του από τις περισσότερες κλινικές ειδικότητες; Αυτό θα προσπαθήσουμε να δείξουμε με την παρούσα εργασία, με επιστημονικά δεδομένα μέσα από την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία, αλλά και μέσα από τεκμηριωμένες έρευνες συστηματικών ανασκοπήσεων και μετα-αναλύσεων της διεθνούς αρθρογραφίας μέσω του διαδικτύου (Medscape, Medline, Cochrane, PubMed κ.ά.).

Θεωρούμε όμως βασικό για την κατανόηση της εκ του ηλεκτρικού ερεθισμού παραγόμενης αναλγησίας να παρουσιάσουμε και τα στοιχεία εκείνα που με βάση την ανατομική οργάνωση και φυσιολογική λειτουργία των νευρώνων αναφέρονται στην υποδοχή και στη μετάδοση του πόνου, αυτά που μεσολαβούν στην αντίληψή του και στη συνέχεια τους τρόπους αναστολής ή φυσιολογικοποίησης του πόνου.

Γι' αυτό το λόγο τμηματοποιήθηκε η εργασία αυτή, και περιλαμβάνει πέντε ενότητες, δύο στο Γενικό μέρος και τρεις στο Ειδικό μέρος της.

Η πρώτη ενότητα “αίσθηση – αντίληψη” περιέχει τα απαραίτητα γενικά στοιχεία που μας εισάγουν στα αισθητικά συστήματα του σώματός μας.

Η δεύτερη ενότητα “αίσθηση του πόνου” μας οδηγεί, μέσω των νευροβιολογικών μηχανισμών του, από την υποδοχή του στην αγωγή, στην τροποποίηση, στην αντίληψη του πόνου και στην αισθητική του εμπειρία.

Η τρίτη ενότητα “συστήματα αναλγησίας” περιλαμβάνει τους ενδογενείς μηχανισμούς μέσω των οποίων μπορεί να υπάρξει έλεγχος ή αναστολή του πόνου.

Η τέταρτη ενότητα μας δίνει συνοπτικά τους τρόπους με τους οποίους μέσω των Φυσικοθεραπευτικών μέσων και μεθόδων, μπορούμε να ενεργοποιήσουμε τους ενδογενείς μηχανισμούς αναλγησίας.

Η πέμπτη ενότητα μας δίνει τις απαντήσεις στο κεντρικό ερώτημα για την χρήση, την εφαρμογή και την κλινική αποτελεσματικότητα του διαδερμικού ηλεκτρικού ερεθισμού

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΑΙΣΘΗΣΗ - ΑΝΤΙΛΗΨΗ

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Μετάδοση σημάτων (ώσεων) στο εσωτερικό των νευρώνων

Μετάδοση σημάτων (ώσεων) μεταξύ των νευρώνων

ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΥΡΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

ΣΩΜΑΤΙΚΕΣ ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

2. ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Η ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

ΕΙΔΗ ΠΟΝΟΥ

ΝΕΥΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΚΑΙ Η ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΟΥΣ

ΟΔΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

A. Η Νεονωτιαιοθαλαμική οδός για την αγωγή του ταχέως πόνου

B. Η Παλαιονωτιαιοθαλαμική οδός για την αγωγή του βραδέως πόνου

ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3. ΤΡΙΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΓΗΣΙΑΣ

ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΓΗΣΙΑΣ

ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΟΠΙΟΕΙΔΗ

ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΚΑΝΝΑΒΙΝΟΕΙΔΗ

ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΜΕ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ ΑΦΗΣ

4. ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΝΔΟΓΕΝΟΥΣ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΓΗΣΙΑΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

5. ΠΕΜΠΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (TENS)

ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ TENS

Η ΘΕΩΡΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΥΛΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ TENS

Συμβατικός TENS

Ηλεκτροβελονιστικός TENS

Έντονος TENS

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ TENS

1. Επιλογή της συσκευής
2. Χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ερεθισμού:
 - A. Η μορφή του παλμού και η διάρκεια ενέργειας.
 - B. Η αναγκαία ένταση.
 - Γ. Η συχνότητα:
 - α. Υψίσυχνα ή συμβατικά TENS
 - β. Χαμηλόσυχνα ή ηλεκτροβελονιστικά TENS
3. Θεραπευτική τεχνική – Διαδικασία εφαρμογής
4. Διάρκεια και συχνότητα θεραπείας

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ TENS

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ TENS

Ο TENS στον οξύ πόνο

Ο TENS στον χρόνιο πόνο

ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ TENS

TENS και οξύς πόνος

TENS και μετεγχειρητικός πόνος

TENS και πόνος τοκετού

TENS και χρόνιος πόνος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΙΣΘΗΣΗ - ΑΝΤΙΛΗΨΗ

Οι γνώσεις μας για τον κόσμο μας είναι αποτέλεσμα των πληροφοριών που λαμβάνουμε μέσω της όρασης, της ακοής, της γεύσης, της όσφρησης, της αφής, του πόνου και της αίσθησης των κινήσεων του σώματος.

Οι αισθητικές πληροφορίες – ερεθίσματα, οργανώνονται μέσα μας ως αντίληψη ή εσωτερική αισθητική αντιπροσώπευση, που όμως δε συνιστά άμεση καταγραφή του περιβάλλοντος κόσμου, αλλά υποκειμενική ερμηνεία του και καταγράφεται ως αισθητική εμπειρία.

Οι αντιλήψεις μας διαφέρουν ποιοτικά από τις φυσικές ιδιότητες των ερεθισμάτων, διότι το νευρικό μας σύστημα παίρνει ορισμένες μόνο πληροφορίες από ένα ερέθισμα, ενώ αδιαφορεί για άλλες πληροφορίες και, στη συνέχεια, ερμηνεύει τις πληροφορίες αυτές στο πλαίσιο προηγούμενων εμπειριών. Χρώματα, ήχοι, οσμές και γεύσεις είναι νοητικά δημιουργήματα αισθητικής επεξεργασίας στον εγκέφαλο. Δεχόμαστε ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφορετικών συχνοτήτων, αλλά αντιλαμβανόμαστε χρώματα. Δεχόμαστε κύματα πίεσης, αλλά ακούμε ήχους, λέξεις και μουσική. Ερχόμαστε σε επαφή με εκατομμύρια χημικές ενώσεις που υπάρχουν στον αέρα ή στο νερό, αλλά αντιλαμβανόμαστε οσμές και γεύσεις. Δηλαδή, διαφορετικές μορφές ενέργειας – φως, μηχανική, θερμική, χημική ενέργεια – μετασχηματίζονται από το νευρικό μας σύστημα σε διαφορετικές ποιότητες ή είδη αισθήσεων (Kandel και συν. 1999).

Η επιλογή της πληροφορίας, η σταδιακή επεξεργασία και η τελική ερμηνεία της απορρέει από τη δομική και λειτουργική οργάνωση του νευρικού μας συστήματος στο πλαίσιο των δυνατοτήτων του και της προηγούμενης εμπειρίας.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η πλέον χαρακτηριστική ιδιότητα ή κύρια λειτουργία του νευρικού μας συστήματος είναι η ολοκληρωμένη επεξεργασία των ερεθισμάτων-πληροφοριών που λαμβάνει από το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον και η άμυνα-αντίδραση που αναπτύσσει απέναντι σε βλαπτικούς ή μη παράγοντες του περιβάλλοντος.

Για τη λειτουργία αυτή το νευρικό σύστημα περιλαμβάνει αισθητικά και κινητικά συστήματα που συνδέονται μεταξύ τους με πολύπλοκους μηχανισμούς ολοκλήρωσης και χρησιμοποιούν ένα κοινό μέσο για να επικοινωνούν, τα νευρικά σήματα (νευρικές ώσεις).

Η βασική δομική και λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι ο νευρώνας, που τυπικά αποτελείται από το κυτταρικό σώμα, ένα νευράξονα και έναν ή περισσότερους δενδρίτες. Χαρακτηρίζεται δε από τη διεγερτικότητα και την ικανότητα να παραλαμβάνει και να μεταβιβάζει νευρικές ώσεις.

Οι πληροφορίες με τη μορφή αισθητικών ερεθισμάτων εισέρχονται στο νευρικό σύστημα από αισθητικούς υποδοχείς που βρίσκονται στις περιφερικές απολήξεις των αισθητικών νευρώνων, οι οποίοι είναι ευαίσθητοι σε ένα είδος ερεθισμάτων. Συγκεκριμένοι νευρώνες στο αισθητικό σύστημα, τόσο περιφερικοί υποδοχείς όσο και κεντρικά κύτταρα, κωδικοεύουν κρίσιμα χαρακτηριστικά των αισθητικών πληροφοριών όπως: τη θέση του ερεθίσματος (εντόπιση), την έντασή του και την ποιότητά του. Αισθητικές οδοί συνδέουν τον περιφερικό υποδοχέα με τον νωτιαίο μυελό, με το εγκεφαλικό στέλεχος, με τον θάλαμο και με τον φλοιό των εγκεφαλικών ημισφαιρίων όπου τα εισερχόμενα αισθητικά ερεθίσματα υφίστανται επεξεργασία και ολοκλήρωση με αποθηκευμένες ως μνήμη πληροφορίες, ώστε να παραχθούν οι κατάλληλες αποκρίσεις.

Η απάντηση ή απόκριση του κεντρικού νευρικού συστήματος στα αισθητικά ερεθίσματα μπορεί να είναι άμεση κινητική αντίδραση και κατευθύνεται προς τους μύες και προς τους αδένες, είτε το μνημονικό της έγγραμμο αποθηκεύεται στον εγκέφαλο και μπορεί να καθορίζει τις αντιδράσεις του σώματος σε μελλοντική κατάλληλη ευκαιρία.

Ο έλεγχος των αντιδράσεων που παράγει το κεντρικό νευρικό σύστημα ως απάντηση στα ερεθίσματα που επεξεργάζεται, χαρακτηρίζεται ως

λειτουργία ολοκλήρωσης και γίνεται μέσω των βιολογικών ρυθμών, των αντανεκλαστικών τόξων και των κυκλωμάτων ανάδρασης.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα αισθητικά συστήματα συμβάλλουν στη δημιουργία των αντιλήψεων, δηλαδή πώς οργανώνεται κάθε εισερχόμενη πληροφορία στον άνθρωπο και πώς μετατρέπεται σε αισθητική εμπειρία. Όλα τα αισθητικά συστήματα βασίζονται στις ίδιες βασικές αρχές επεξεργασίας και οργάνωσης των πληροφοριών, δηλαδή παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά οργάνωσης, που σχετίζονται με τη μετατροπή ερεθισμάτων σε ηλεκτροχημική ενέργεια από τους αισθητικούς υποδοχείς και την κωδίκευσή τους σε νευρικά σήματα (ώσεις).

Η διεργασία με την οποία η ενέργεια του ερεθίσματος μεταφράζεται σε νευρική εκφόρτιση περιλαμβάνει δύο στάδια:

- το πρώτο στάδιο είναι η μετατροπή του ερεθίσματος, δηλαδή η μετατροπή της ενέργειας του ερεθίσματος, σε μια τοπική εκπόλωση ή υπερπόλωση της μεμβράνης του υποδεκτικού κυττάρου.

- το δεύτερο στάδιο είναι η νευρική κωδίκευση, με την οποία το τοπικό νευρικό σήμα το οποίο παράγεται από το ερέθισμα προκαλεί εκφόρτιση δυναμικών ενέργειας, τα οποία αντιπροσωπεύουν πληροφορίες του ερεθίσματος, όπως είναι η ένταση ή η διάρκεια.

Η ένταση ή η ποσότητα αισθητικής αντίληψης εξαρτάται από την ισχύ του ερεθίσματος. Η χαμηλότερη ένταση ερεθίσματος την οποία μπορεί να αντιληφθεί ένα άτομο χαρακτηρίζεται αισθητική ουδός. Οι αισθητικοί ουδοί δεν είναι αμετάβλητοι και είναι δυνατόν να επηρεαστούν από την εμπειρία, από τον κάματο ή το πλαίσιο μέσα στο οποίο παρουσιάζεται το ερέθισμα.

Η διάρκεια μιας αίσθησης είναι συνάρτηση της διάρκειας και της ισχύος του ερεθίσματος. Συνήθως, εάν ένα ερέθισμα παραμένει επί μεγάλο χρονικό διάστημα, η ένταση της αίσθησης ελαττώνεται. Η ελάττωση αυτή ονομάζεται προσαρμογή.

Η ροή των πληροφοριών στο εσωτερικό των νευρώνων αλλά και μεταξύ των νευρώνων επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρικών και χημικών ώσεων.

Αυτή η ικανότητα μετάδοσης ώσεων εξαρτάται από ταχείες μεταβολές της διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού εκατέρωθεν της κυτταρικής μεμβράνης

Τα ηλεκτρικά αυτά δυναμικά δημιουργούνται στις κυτταρικές μεμβράνες όλων των κυττάρων και χαρακτηρίζονται ως δυναμικά μεμβράνης, όταν δημιουργούνται σε κατάσταση ηρεμίας, και δυναμικά ενέργειας για την μεταφορά ώσεων στα νευρικά και μυϊκά κύτταρα. Το δυναμικό ηρεμίας προκύπτει από την κατανομή φορτίων εκατέρωθεν της κυτταρικής μεμβράνης και η τιμή του καθορίζεται κυρίως από διαύλους εν ηρεμία, επιλεκτικούς για το Na^+ , το K^+ και το Cl^- . Το δυναμικό ενέργειας παράγεται από την μετακίνηση (ροή) ιόντων που διαπερνούν τη μεμβράνη διά μέσου τασεοελεγχόμενων διαύλων.

Μετάδοση σημάτων στο εσωτερικό των νευρώνων

Για την μετάδοση των σημάτων στο εσωτερικό τους οι νευρώνες [από το κυτταρικό σώμα και τους δενδρίτες του προς την απόληξη του νευράξονα] χρησιμοποιούν δύο κατηγορίες διαύλων:

- τους διαύλους εν ηρεμία, οι οποίοι δημιουργούν το δυναμικό ηρεμίας, και
- τους τασεοελεγχόμενους διαύλους, οι οποίοι παράγουν το δυναμικό ενέργειας.

Οι δίαυλοι ιόντων, σχηματίζονται από εξειδικευμένες πρωτεΐνες της κυτταρικής μεμβράνης και επιτρέπουν τη διέλευση συγκεκριμένων ανόργανων ιόντων δια μέσου της μεμβράνης, με εκπληκτικούς ρυθμούς. Οι δίαυλοι αυτοί έχουν τρεις σημαντικές ιδιότητες:

1. άγουν ιόντα,
2. αναγνωρίζουν και επιλέγουν συγκεκριμένα ιόντα και
3. ανοίγουν και κλείνουν, αποκρινόμενοι σε ειδικά ηλεκτρικά, μηχανικά ή χημικά σήματα.

Μετάδοση σημάτων μεταξύ των νευρώνων

Η μετάδοση σημάτων μεταξύ των νευρώνων επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρικών ή χημικών συνάψεων. Σύναψη ονομάζουμε την διανευρωνική σύνδεση ή εξειδικευμένη ζώνη επαφής, του προηγούμενου νευρώνα με τον

επόμενο, για την μετάδοση των νευρικών ώσεων. Η σύναψη αποτελείται από τρία στοιχεία: την προσυναπτική απόληξη, το μετασυναπτικό κύτταρο και μια ζώνη επαφής. [Στην τελική μοίρα του, ένας άξονας κατά κανόνα σχηματίζει έναν αριθμό κλάδων που εμφανίζουν μικρές διογκωμένες περιοχές, τις καλούμενες συναπτικές απολήξεις ή συναπτικά κομβία. Το συναπτικό κομβίο βρίσκεται απέναντι από την γειτονική μετασυναπτική δομή (δενδρίτη ή σώμα), αλλά ξεχωρίζει από αυτή με ένα στενό διάστημα (10-30 nm), την συναπτική σχισμή. Τα συναπτικά κομβία εμπεριέχουν διάφορα οργανύλλια, μεταξύ των οποίων πολυάριθμα μιτοχόνδρια, και ένα σύνολο σχετικά μικρών σφαιροειδών συναπτικών κυστιδίων (διαμέτρου 40 nm), τα οποία περιέχουν μόρια χημικού νευροδιαβιβαστικού παράγοντα. Όταν ο νευροδιαβιβαστικός παράγοντας απελευθερωθεί από την αξονική απόληξη, συνδέεται με τους υποδοχείς του μετασυναπτικού νευρώνα και μεταβάλλει την μεμβρανική του διαπερατότητα για συγκεκριμένα ιόντα.]

Βάσει της ζώνης επαφής τους, διακρίνουμε δύο είδη συνάψεων για την μετάδοση των νευρικών ώσεων στο νευρικό σύστημα: τις χημικές συνάψεις και τις ηλεκτρικές συνάψεις.

Στις χημικές συνάψεις ο πρώτος νευρώνας (προσυναπτικός) απελευθερώνει στο σημείο της σύναψης μια χημική ουσία η οποία ονομάζεται νευροδιαβιβαστική ουσία που συνδέεται με το μετασυναπτικό νευρώνα και προκαλεί διέγερση ή αναστολή του νευρώνα. Είναι περισσότερες από 30 οι γνωστές χημικές ουσίες που λειτουργούν σαν νευροδιαβιβαστές και μπορούν να διαιρεθούν σε δύο ομάδες: μικρομοριακοί διαβιβαστές και νευροδραστικά πεπτίδια (νευροπεπτίδια). Μερικές από τις περισσότερο γνωστές είναι η ακετυλοχολίνη (ACh), νορεπινεφρίνη, επινεφρίνη, ντοπαμίνη, γλυκίνη, σεροτονίνη, γάμμα αμινο-βουτυρικό οξύ (GABA), εγκεφαλίνες, ουσία P και γλουταμινικό οξύ.

Σημαντικό χαρακτηριστικό των χημικών συνάψεων είναι η μονοδρομία της διαβίβασης των νευρικών ώσεων, δηλαδή από τον νευρώνα που εκκρίνει τη νευροδιαβιβαστική ουσία και ονομάζεται προσυναπτικός νευρώνας διαβιβάζεται προς μια κατεύθυνση, προς τον νευρώνα που επιδρά η ουσία και ονομάζεται μετασυναπτικός νευρώνας.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των χημικών συνάψεων είναι ότι ορισμένοι μετασυναπτικοί υποδοχείς, όταν ενεργοποιούνται, προκαλούν διέγερση του μετασυναπτικού νευρώνα, ενώ άλλοι προκαλούν την αναστολή του. Η

παρουσία ανασταλτικών και διεγερτικών υποδοχέων επιφέρει περιορισμό της νευρικής επίδρασης καθώς επίσης και της διέγερσής της. Ο διεγερτικός ή ανασταλτικός χαρακτήρας της δράσης του νευροδιαβιβαστή καθορίζεται από την απόκριση των μετασυναπτικών υποδοχέων.

Στις ηλεκτρικές συνάψεις, η ηλεκτρική διαβίβαση εξαρτάται από την άμεση ροή ρεύματος από τον προσυναπτικό στον μετασυναπτικό νευρώνα (χασματικές συνδέσεις) μέσω διαύλων που συνδέουν το κυτταρόπλασμα των δύο κυττάρων. Λόγω αυτού του άμεσου μηχανισμού, η ηλεκτρική διαβίβαση είναι η ταχύτερη μορφή μετάδοσης σημάτων μεταξύ των νευρώνων.

ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

Οι αισθητικοί υποδοχείς είναι εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα και ανιχνεύουν αισθητικά ερεθίσματα που εισρέουν στο νευρικό σύστημα όπως αφή, ήχος, φως, πόνος, ψυχρό, θερμό κ.ά. Πέντε είναι οι βασικοί τύποι αισθητικών υποδοχέων:

1. Οι μηχανοϋποδοχείς που ανιχνεύουν τη μηχανική παραμόρφωση της μεμβράνης του υποδοχέα ή των κυττάρων που τον περιβάλλουν.
2. Οι θερμοϋποδοχείς που ανιχνεύουν μεταβολές (θερμού ή ψυχρού) στη θερμοκρασία του υποδοχέα.
3. Οι αλγοϋποδοχείς (υποδοχείς πόνου ή υποδοχείς ιστικής βλάβης) που ανιχνεύουν την παρουσία μηχανικής ή χημικής βλάβης του περιβάλλοντα ιστού.
4. Οι φωτοϋποδοχείς (ηλεκτρομαγνητικοί υποδοχείς) που ανιχνεύουν τις μεταβολές της έντασης ή του μήκους κύματος του φωτός (φωτόνια) που προσπίπτει στον αμφιβληστροειδή.
5. Οι χημειοϋποδοχείς που ανιχνεύουν χημικά ερεθίσματα, γευστικά στη στοματική κοιλότητα, οσφρητικά στη ρινική κοιλότητα, τα επίπεδα οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακος του αίματος, και την ωσμωτικότητα των υγρών του σώματος.

Κοινή ιδιότητα των αισθητικών υποδοχέων είναι ότι: ανεξάρτητα από τον τύπο του ερεθίσματος που διεγείρει τον υποδοχέα, το άμεσο αποτέλεσμα είναι η μεταβολή του δυναμικού της μεμβράνης του υποδοχέα. Η μεταβολή

του δυναμικού παράγει δυναμικά ενέργειας στην αισθητική του ίνα, η οποία στη συνέχεια τα μεταδίδει δια μέσου ενός αισθητικού νεύρου προς το νωτιαίο μυελό, σύμφωνα με την αρχή της «σημασμένης οδού». Τα δυναμικά ενέργειας είναι παρόμοια σε όλες τις αισθητικές ίνες και δε διακρίνονται από τα δυναμικά ενέργειας οποιουδήποτε άλλου υποδοχέα διαφορετικής αισθητικής ειδικότητας, έστω και αν παρουσιάζουν ποσοτικές διαφορές όσον αφορά το ύψος ή τη συχνότητα. Αυτό που μας επιτρέπει να διακρίνουμε έναν τύπο αίσθησης από άλλον είναι η συγκεκριμένη τοποθεσία στο νευρικό σύστημα, όπου η νευρική ίνα οδηγεί ή καταλήγει. Κάθε ίνα ή ομάδα νευρώνων που συνδέεται με αντίστοιχες αισθητικές ίνες αναφέρεται σαν «σημασμένη οδός».

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΥΡΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Όλες οι περιφερικές νευρικές ίνες που οι απολήξεις τους είναι υποδοχείς ερεθισμάτων, διαιρούνται σε τύπους Α και C, ενώ ο τύπος Α υποδιαιρείται σε τέσσερις κατηγορίες Αα, Αβ, Αγ και Αδ. Ο διαχωρισμός βασίζεται στη διάμετρο και την ταχύτητα αγωγής της κάθε ίνας. Οι ίνες τύπου Α είναι οι τυπικές εμμύελες ίνες των νωτιαίων νεύρων και άγουν νευρικές ώσεις με ταχύτητα 62 – 120 m/sec [με τον τύπο Αα να περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες και ταχύτερες ίνες], ενώ οι ίνες του τύπου C είναι λεπτές αμύελες ίνες, που άγουν νευρικές ώσεις με χαμηλές ταχύτητες 0,5 m/sec.

ΣΩΜΑΤΙΚΕΣ ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

Οι σωματικές αισθήσεις αποτελούν τους μηχανισμούς με τους οποίους συλλέγονται οι αισθητικές πληροφορίες – ερεθίσματα από το σώμα και μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Μηχανική αίσθηση: περιλαμβάνει τις αισθήσεις αφής και θέσης των μελών του σώματος (ιδιοδεκτικές αισθήσεις) και διεγείρονται με μηχανική μετατόπιση ιστού του σώματος.
2. Αίσθηση θερμότητας: ανιχνεύει μεταβολές της θερμοκρασίας.
3. Αίσθηση πόνου: ανιχνεύει ιστικές βλάβες ή την απελευθέρωση ειδικών μορίων που διαμεσολαβούν τον πόνο.

ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Η “ΑΙΣΘΗΣΗ” ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

Αν και η έννοια του πόνου είναι σε όλους γνωστή, εν τούτοις, το τι ακριβώς είναι πόνος είναι δύσκολο να καθορισθεί κι αυτό γιατί ο πόνος αντιπροσωπεύει ουσιαστικά μια προσωπική εμπειρία και όχι μια απλή φυσιολογική λειτουργία ερεθίσματος και απάντησης.

Ορίζεται κατά την IASP (International Association for the Study of Pain) από το 1979, ως μια δυσάρεστη αισθητική και συναισθηματική εμπειρία (ψυχοσωματική εμπειρία), συνοδευόμενη με πραγματική ή δυνητική βλάβη των ιστών ή περιγράφεται με όρους τέτοιας βλάβης ή και τα δύο.

Η πολυδιάστατη αυτή αισθητική εμπειρία είναι υποκειμενική, περιλαμβάνει συνειδησιακά ή και συναισθηματικά στοιχεία και χαρακτηρίζεται από την ένταση του ερεθίσματος, τη διάρκειά του, την εντόπισή του και την ποιότητά του. Έτσι, ανάλογα με το μέγεθος του ερεθίσματος προκαλείται ήπιος, μέτριος, σοβαρός ή πολύ σοβαρός πόνος· ανάλογα με τη διάρκειά του οξύς και χρόνιος πόνος· ανάλογα με την προέλευσή του σωματικός ή σπλαχνικός πόνος. Η ποιότητά του πάλι περιγράφεται από μία σωρεία προσωπικών προσδιορισμών όπως: παλμικός-ρυθμικός, καυστικός-ζεστός, σαν να “περπατάει”, σαν “μαχαιριά”, σαν “κράμπα” κ.τ.λ.

Η διαχείριση του πόνου συναντά δυο μεγάλες προκλήσεις: την αναγνώριση των μηχανισμών των υπεύθυνων για την υπερευαισθησία στον πόνο και την ανεύρεση μέσων για την φυσιολογικοποίησή του και την αποφυγή της εγκατάστασης του πόνου.

ΕΙΔΗ ΠΟΝΟΥ

Παρότι ο πόνος θεωρείται ομοιογενής αισθητική οντότητα, υπάρχουν διάφορα είδη πόνου όπως ο βλαβοαντιληπτικός (nociceptive), ο φλεγμονώδης (inflammatory), ο νευροπαθητικός (neuropathic) και ο λειτουργικός (functional) πόνος. (Woolf 2004)

Τα είδη του πόνου μπορεί να ενταχθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τον προσαρμοστικό (adaptive) και το δυσπροσαρμοστικό (maladaptive) πόνο.

Ο προσαρμοστικός πόνος συμβάλλει στην επιβίωση και προστατεύει τον οργανισμό από βλάβες ή προωθεί την επούλωση, αν έχει συμβεί βλάβη. Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται ο βλαβοαντιληπτικός και ο φλεγμονώδης πόνος.

Ο δυσπροσαρμοστικός πόνος είναι αντίθετα μια έκφραση παθολογικής λειτουργίας του Νευρικού Συστήματος και είναι αυτός ο ίδιος μιας μορφής ασθένεια. Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται ο νευροπαθητικός και ο λειτουργικός πόνος.

Μια ιδιαίτερη κατηγορία πόνου αποτελούν η κεφαλαλγία, ο καρκινικός πόνος που ποικίλει σε χαρακτήρες και προέλευση καθώς και μερικές κλινικές ανωμαλίες του όπως η υπεραλγησία, ο έρπητας ζωστήρας, η νευραλγία του τριδύμου κ.ά.

Σε μια άλλη ταξινόμηση ο πόνος κατατάσσεται ως:

1. Σωματικός πόνος: προέρχεται από τους μυς, τα οστά, το δέρμα, τον υποδόριο ιστό και το περιτόναιο και άγεται με τις Αδ και C ίνες. Κατανέμεται στο αντίστοιχο δερμοτόμιο της ρίζας που διεγείρεται. Είναι πόνος οξύς, σαφής, εντοπιζόμενος.

2. Σπλαχνικός πόνος: προέρχεται από τα σπλάχνα και άγεται με ίνες C μια με λίγες Αδ. Κατανέμεται στα αντίστοιχα στοιχεία του ΑΝΣ. Είναι πόνος αμβλύς, μη εντοπιζόμενος.

3. Νευροπαθητικός πόνος: θεωρείται ο πόνος ο οποίος προκαλείται από πρωτοπαθή βλάβη του περιφερικού ή κεντρικού νευρικού συστήματος· στη συνέχεια δε, συμμετέχουν μη φυσιολογικοί μηχανισμοί της περιφέρειας ή του κέντρου που δυνατόν να προκαλέσουν ή όχι διέγερση των υποδοχέων του πόνου (IASP 1994, Gruccu και συν., 2004). Είναι χρόνιος πόνος που χαρακτηρίζεται από ετερογένεια των αιτίων που τον προκαλούν, των

συμπτωμάτων με τα οποία εκδηλώνεται και των υποκείμενων μηχανισμών τους.

ΝΕΥΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

Οι νευροβιολογικοί μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τα διάφορα είδη του πόνου έχουν αρχίσει να γίνονται περισσότερο κατανοητοί, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα καλύτερης θεραπευτικής προσέγγισης, στοχευμένης και εξατομικευμένης για κάθε ασθενή.

Για να κατανοήσουμε πώς δημιουργείται η αντίληψη του πόνου στον εγκέφαλο, θα εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας στον βλαβοαντιληπτικό πόνο που είναι από τα πλέον κατανοητά σωματο-αισθητικά συστήματα.

Στην αντίληψη (perception) του βλαβοαντιληπτικού πόνου εμπεριέχονται οι έννοιες: μετατροπή ή μεταγωγή (transduction), αγωγή-μετάδοση (conduction-transmission) και τροποποίηση (modulation) οι οποίες επιδρούν στην ψυχολογία-προσωπικότητα του ατόμου για να δημιουργηθεί τελικά μια υποκειμενική συναισθηματική εμπειρία την οποία αντιλαμβανόμαστε ως πόνο.

Μεταγωγή: είναι η μετατροπή του βλαπτικού ερεθίσματος (θερμικού, χημικού ή μηχανικού) σε ηλεκτρική δραστηριότητα στις περιφερικές απολήξεις των αισθητικών ινών του πόνου.

Αγωγή: είναι η μετάβαση των δυναμικών δράσης (ενέργειας) από τις περιφερικές απολήξεις κατά μήκος των νευραξόνων προς την κεντρική κατάληξη.

Μετάδοση: είναι η συναπτική μεταφορά της νευρικής ώσης από τον ένα νευρώνα στον άλλο.

Τροποποίηση: είναι μια σειρά νευρικών επιρροών στα βλαπτικά ερεθίσματα. (Περιφερική και Κεντρική ευαισθητοποίηση)

ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

Ο πόνος διακρίνεται σε δύο διαφορετικούς κύριους τύπους: τον ταχύ πόνο που γίνεται αντιληπτός σε 0,1 δευτερόλεπτο μετά τον ερεθισμό από αλγογόνο ερέθισμα και τον βραδύ πόνο που αρχίζει να γίνεται αισθητός μετά από 1 δευτερόλεπτο είτε και περισσότερο μετά το αλγογόνο ερέθισμα. Ο

ταχύς πόνος περιγράφεται από πολλούς και ως οξύς πόνος, νυγμώδης πόνος, ηλεκτρικός πόνος κ.λπ. και δεν γίνεται αισθητός από τους περισσότερους εν τω βάθει ιστούς του σώματος, έχει όμως σημαντικό ρόλο στην άμεση αντίδραση του ατόμου για την απομάκρυνσή του από το βλαπτικό ερέθισμα. Ο βραδύς πόνος σχετίζεται συνήθως με ιστική βλάβη και αναφέρεται επίσης ως καυστικός πόνος, βύθιος πόνος, σφύζων πόνος, χρόνιος πόνος κ.λπ. ενώ μπορεί να προέρχεται τόσο από το δέρμα όσο και από οποιονδήποτε εν τω βάθει ιστό είτε και όργανο και εάν παραμένει καθίσταται επικίνδυνος.

ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΠΟΝΟΥ ΚΑΙ Η ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΟΥΣ

Οι υποδοχείς πόνου είναι όλοι ελεύθερες νευρικές απολήξεις στο δέρμα και άλλους ιστούς. Ανευρίσκονται σε μεγάλο αριθμό και πυκνότητα στις επιφανειακές στιβάδες του δέρματος, καθώς και σε ορισμένους εσωτερικούς ιστούς, όπως το περίοστεο, τα αρτηριακά τοιχώματα, τις αρθρικές επιφάνειες, τη σκληρή μήνιγγα και τις πτυχές της εντός της κρανιακής κοιλότητας.

Ενεργοποιούνται από πολλαπλά ερεθίσματα που ταξινομούνται σε μηχανικά, θερμικά και χημικά ερεθίσματα. Γενικά, ο ταχύς πόνος εκλύεται από μηχανικά και θερμικά ερεθίσματα, ενώ ο βραδύς πόνος μπορεί να προκαλείται και από τους τρεις τύπους ερεθισμάτων. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των υποδοχέων πόνου είναι ότι εμφανίζουν ελάχιστη μόνο ή καθόλου εξοικείωση (δηλ. προσαρμόζονται πολύ αργά ή και καθόλου) και αυτό επιτρέπει στο άτομο να έχει συνεχή επίγνωση της παρουσίας βλαπτικού ερεθίσματος όσο διάστημα αυτό ενεργεί.

ΟΔΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

Παρά το γεγονός ότι όλοι οι υποδοχείς πόνου είναι ελεύθερες νευρικές απολήξεις, για την αγωγή των νευρικών ώσεων προς το κεντρικό νευρικό σύστημα χρησιμοποιούνται δυο ξεχωριστές νευρικές οδοί. Οι δύο αυτές νευρικές οδοί αντιστοιχούν προς τους δύο τύπους του πόνου, δηλαδή μια οδός για τον ταχύ, οξύ πόνο και άλλη οδός για τον βραδύ, χρόνιο πόνο.

Οι νευρικές ώσεις που εκλύονται από μηχανικά κυρίως ή θερμικά ερεθίσματα και σηματοδοτούν τον ταχύ (οξύ) πόνο, άγονται με περιφερικά νεύρα προς το νωτιαίο μυελό με λεπτές νευρικές ίνες τύπου Αδ. Οι μεγάλης διαμέτρου εμύελες Αδ ίνες διεγείρονται με ερεθίσματα μικρής έντασης και μεταφέρουν το ερέθισμα με ταχύτητα αγωγής μεγάλη, 6 έως 30 m/sec. Αντίθετα οι νευρικές ώσεις που εκλύονται από χημικού τύπου αλγογόνα ερεθίσματα [ρουσίες που παράγονται κατά την καταστροφή των ιστών] ή και από επίμονα μηχανικά και θερμικά ερεθίσματα σηματοδοτούν τον βραδύ (βύθιο και αμβλύ) πόνο και άγονται με ίνες τύπου C. Οι μικρής διαμέτρου αμύελες C ίνες διεγείρονται με ερεθίσματα μεγάλης έντασης και μεταφέρουν το ερέθισμα με μικρή ταχύτητα αγωγής από 0,5 έως 2 m/sec.

Μέσω των οπισθίων ριζών των νωτιαίων νευρών οι νευρικές ίνες πόνου εισέρχονται στον νωτιαίο μυελό και καταλήγουν σε νευρώνες στα οπίσθια κέρατα. Συγκεκριμένα οι ίνες τύπου Αδ διεγείρουν νευρώνες της ζώνης I (Λάμινα I) του οπισθίου κέρατος, ενώ οι ίνες C σχηματίζουν συνάψεις με νευρώνες της πηκτωματώδους ουσίας (στιβάδα II ή Λάμινα II) η οποία είναι η κύρια θέση επεξεργασίας των επώδυνων ερεθισμάτων [θεωρία της πύλης ελέγχου του πόνου] και στη συνέχεια προβάλλονται βαθύτερα στη φαιά ουσία και ενεργοποιούν νευρώνες κυρίως της ζώνης V, αλλά και των VI και VII.

Από τον νωτιαίο μυελό τα σήματα πόνου ακολουθούν δυο διαφορετικές οδούς προς τον εγκέφαλο, τη νεονωτιαιοθαλαμική οδό και την παλαιονωτιαιοθαλαμική οδό. Οι νευρώνες που δέχονται ερεθίσματα από ίνες Αδ αποτελούν αρχή της νεονωτιαιοθαλαμικής οδού, ενώ αυτές που σχετίζονται με ίνες C σχηματίζουν την παλαιονωτιαιοθαλαμική οδό.

A. Η νεονωτιαιοθαλαμική οδός για την αγωγή του ταχέως πόνου

Οι άξονες των νευρώνων της ζώνης I, που αποτελούν τη νεονωτιαιοθαλαμική οδό, τέμνουν τη μέση γραμμή κοντά στο σημείο απόφυσής τους και ανέρχονται τη σπονδυλική στήλη σαν μέρος του προσθιοπλάγιου συστήματος. Ορισμένες από τις ίνες αυτές καταλήγουν στο δικτυωτό σχηματισμό του εγκεφαλικού στελέχους, οι περισσότερες όμως προβάλλονται τελικά στον οπίσθιο έξω κοιλιακό πυρήνα (VPL) του θαλάμου. Από εδώ, οι θαλαμικοί νευρώνες προβάλλονται στον πρωτεύοντα αισθητικό

φλοιό (SI). Το σύστημα αυτό χρησιμεύει, κατά πρώτο λόγο, για τη χωρική εντόπιση ερεθισμάτων πόνου.

B. Η παλαιονωτιαιοθαλαμική οδός για την αγωγή του βραδέος χρόνιου πόνου

Οι άξονες των κυττάρων της ζώνης V, όπως και αυτοί της ζώνης I, χιάζονται άμεσα στον τόπο προέλευσής τους και ανέρχονται ως μέρος του προσθιοπλάγιου συστήματος. Οι άξονες της ζώνης V τερματίζονται σχεδόν αποκλειστικά στο εγκεφαλικό στέλεχος παρά στο θάλαμο, όπου οι ίνες αυτές διεγείρουν το δικτυωτό σχηματισμό, τα πρόσθια διδύμια και την περί τον αγωγό φαιά ουσία. Ένα σύνολο ανερχόμενων ινών, κυρίως από το δικτυωτό σχηματισμό, προσανατολίζεται πρόσθια προς τους ενδοπεταλιακούς πυρήνες και οπίσθιους πυρήνες του θαλάμου, καθώς και προς ορισμένα μέρη του υποθαλάμου. Τα μεταδιδόμενα με αυτή την οδό σήματα πόνου εντοπίζονται τυπικά μόνο σε εκτεταμένα μέρη του σώματος.

Εκτός από την κλασσική νωτιαιο-θαλαμο-φλοιϊκή προβολή του πόνου, φαίνεται ότι υπάρχουν και άλλες οδοί, οι οποίες πιθανά συμβάλλουν στις συγκινησιακές πλευρές του πόνου και σε αντιδράσεις μεταξύ πόνου και γνωστικών διαδικασιών.

ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

Όπως παρουσιάσθηκε, μέσω των νευροβιολογικών του μηχανισμών του πόνου, το βλαπτικό ερέθισμα από τους περιφερικούς αισθητικούς υποδοχείς με τη διαδικασία της μετατροπής μεταφράζεται σε ηλεκτρική δραστηριότητα.

Η ηλεκτρική δραστηριότητα προωθείται μέσω τριών δρόμων:

1. του πρωτοταγούς αισθητικού προσαγωγού νευρώνα ο οποίος προβάλλει στο νωτιαίο μυελό,
2. των δευτεροταγών νευρώνων οι οποίοι προβάλλουν στο νωτιαίο μυελό, το εγκεφαλικό στέλεχος, το θάλαμο και
3. των τριτοταγών νευρώνων που μεταφέρουν τα ερεθίσματα στις σωματοαισθητικές περιοχές του φλοιού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων.

Μέσα από μια σειρά νευρικών επιρροών οι βλαπτικές ώσεις τροποποιούνται και με τις επιδράσεις τους στην ψυχολογία-προσωπικότητα του ατόμου, δημιουργούν τελικά την υποκειμενική συναισθηματική εμπειρία την οποία αντιλαμβανόμαστε ως πόνο.

Ο ρόλος του πρωτεύοντα αισθητικού φλοιού (SI) στην αντίληψη του πόνου δεν είναι πλήρως γνωστός. Πιστεύεται ότι ο πρωτεύων αισθητικός φλοιός του εγκεφάλου συνδέεται με τα αισθητικά στοιχεία του πόνου, ενώ ο ACC με τα συναισθηματικά στοιχεία του πόνου.

Σύγχρονα δε ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η αντίληψη του πόνου διαμορφώνεται και από πολλούς γενετικούς παράγοντες όπως ο αυξητικός παράγοντας των νεύρων (NGF). Ακόμη πολλές κυτταροτοκίνες, όπως και ειδικές πρωτεΐνες, τροποποιούν και διαμορφώνουν την βλαβοαντίληψη

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΤΡΙΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΓΗΣΙΑΣ

ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα κλινικά χαρακτηριστικά του πόνου είναι το γεγονός ότι ασθενείς με παρόμοιες βλάβες αναφέρουν διαφορετικής βαρύτητας αίσθημα πόνου και ο βαθμός αντίδρασής τους στον πόνο, ποικίλλει σε πολύ μεγάλο βαθμό. Αυτό οφείλεται, κατά ένα μέρος, στην ικανότητα του ίδιου του εγκεφάλου να ελέγχει το βαθμό της εισόδου των σημάτων πόνου προς το νευρικό σύστημα, με την ενεργοποίηση εξειδικευμένου συστήματος ελέγχου του πόνου, το οποίο ονομάζεται σύστημα αναλγησίας.

Κατά καιρούς έγιναν προσπάθειες να ερμηνευτούν αυτές οι διαφορές στην αντίληψη-αίσθηση του πόνου και αξίζει να αναφερθούν οι πρωτοπόροι ερευνητές αυτής της ιστορικής διαδρομής: Οι Head και Holmes (1911) πρότειναν ότι κέντρο της αντίληψης του πόνου είναι ο θάλαμος και ότι ο νεοφλοιός είναι το κέντρο “διάκρισης” του πόνου το οποίο διαρκώς τροποποιεί τις απαντήσεις του θαλάμου σε βλαπτικά ερεθίσματα και αυτή η διαδικασία υποβοηθά τη διακριτική ικανότητα της ολοκληρωμένης αντίληψής του. Οι Hagbarth και Kerr (1957) υποστήριξαν ότι υπερνωτιαίες περιοχές έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν ανιούσες αισθητικές οδούς. Ο Carpenter και οι συνεργάτες του έδειξαν το 1965 ότι γίνεται κατιών έλεγχος στην είσοδο αισθητικών ερεθισμάτων στις ανιούσες οδούς.

Το ίδιο έτος οι Melzack και Wall διατύπωσαν τη θεωρία “ελέγχου της πύλης του πόνου” και το 1967 ο Wall υπέδειξε ότι οι δομές του εγκεφαλικού στελέχους μπορεί να αναστέλλουν τη λειτουργία κυττάρων διαβίβασης ερεθισμάτων πόνου στο νωτιαίο μυελό. Μεταξύ των ετών 1969 και 1974 δείχθηκε ότι ο ηλεκτρικός ερεθισμός εξειδικευμένων εγκεφαλικών περιοχών πειραματόζων αναστέλλει επιλεκτικά την αίσθηση του πόνου, ενώ αφήνει ανέπαφη την αίσθηση άλλων περιβαλλοντικών ερεθισμάτων, γεγονός που αργότερα (1982 – 1986) αποδείχθηκε ότι συμβαίνει και στον άνθρωπο.

Παράλληλα, διαπιστώθηκε ότι η ενεργοποίηση των μεγάλων υψηλής ταχύτητας αισθητικών ινών αφής των οπισθίων ριζών φαίνεται να αναστέλλει την μετάδοση σημάτων πόνου στα οπίσθια κέρατα, πιθανόν λόγω κυκλώματος πλάγιας αναστολής. Έτσι ερμηνεύεται και η αποτελεσματικότητα στην ανακούφιση του πόνου μέσω εντριβής του δέρματος γύρω από αλγογόνες περιοχές.

Αργότερα δε, στη δεκαετία του 80, ανακαλύφθηκε πρώτα το ενδογενές οπιοειδές και μετά το ενδογενές κανναβινοειδές σύστημα αναλγησίας (ελέγχου του πόνου).

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΓΗΣΙΑΣ

Το σύστημα αναλγησίας εκκινεί από τον φλοιό και εν συνεχεία απαρτίζεται από τρία κύρια τμήματα:

1. Την φαιά ουσία γύρω από τον υδραγωγό του Sylvius στον μεσεγκέφαλο και την πρόσθια (άνω) γέφυρα που δέχονται προσαγωγές νευρικές ώσεις από τις ανιούσες οδούς πόνου παράλληλα με κατιούσες προβολές από τον υποθάλαμο και άλλα ανώτερα τμήματα του εγκεφάλου.

2. Τον μεγάλο πυρήνα της ραφής (σεροτονίνη) και τον γιγαντοκυτταρικό πυρήνα (επινεφρίνη) που δέχονται προσαγωγές ώσεις από την κεντρική φαιά ουσία και προβάλλονται προς τα κάτω στους νευρώνες του οπισθίου κέρατος του νωτιαίου μυελού.

3. Τα οπίσθια κέρατα του νωτιαίου μυελού, που οι διάμεσοι εγκεφαλινεργικοί νευρώνες δέχονται ώσεις από τους κατιόντες σεροτονινεργικούς άξονες της ραφής που σχηματίζουν άμεσα συνάψεις με εισερχόμενες ίνες πόνου. Μέσω αυτών των συνάψεων ασκείται η επίδραση

της προσυναπτικής εκπόλωσης (ή προσυναπτικής αναστολής) και έχει σαν αποτέλεσμα τη διακοπή της μετάδοσης των σημάτων πόνου από τις πρωτεύουσες εισερχόμενες αισθητικές ίνες πόνου. Το φαινόμενο αυτό διαμεσολαβείται από τον αποκλεισμό των διαύλων ασβεστίου στη μεμβράνη της απόληξης της αισθητικής ίνας. Άλλες σεροτονινεργικές νευρικές ίνες ασκούν πιο συμβατική μετασυναπτική αναστολή πάνω στους νευρώνες των οπισθίων κεράτων που επεξεργάζονται τα σήματα πόνου. Ο μηχανισμός των κατιόντων επινεφρινεργικών αξόνων του εγκεφαλικού δικτυωτού σχηματισμού είναι λιγότερο γνωστός, αλλά η ενεργοποίηση αυτού του συστήματος επίσης οδηγεί στη διακοπή της μετάδοσης πόνου στο επίπεδο του οπισθίου κέρατος.

ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΟΠΙΟΕΙΔΗ

Τα ενδογενή οπιοειδή ταξινομούνται σήμερα σε τρεις κύριες ομάδες: τις εγκεφαλίνες (μεθειονίνη και λευκίνη-εγκεφαλίνη) που ανευρίσκονται στους νευράξονες αρκετών νευρικών κυττάρων, τις δυνορφίνες (Α και Β και η ανεοENDORΦΙΝΗ) που ανευρίσκονται σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου και του νωτιαίου σωλήνα όπως η μέλαινα ουσία και τα οπίσθια κέρατα του νωτιαίου μυελού, και τις β-ENDORΦΙΝΕΣ που παράγονται κυρίως στον πρόσθιο και διάμεσο λοβό της υπόφυσης.

Ασκούν τις δράσεις τους όπως και τα εξωγενή φυσικά και συνθετικά οπιούχα συνδεδεμένα με ειδικούς υποδοχείς στο νευρικό σύστημα, ενεργοποιούν το σύστημα αναλγησίας με αποτέλεσμα την τροποποίηση του πόνου με δύο πιθανούς τρόπους:

1. Αποτελώντας κύριες νευροδιαβιβαστικές ουσίες του συστήματος αναλγησίας και
2. Μέσω των υποδοχέων τους, αναστέλλοντας ανασταλτικούς ενδιάμεσους νευρώνες του συστήματος αναλγησίας, αυξάνοντας έτσι την διεγερσιμότητά τους.

Έχουν απομονωθεί τρία βασικά είδη υποδοχέων των οπιοειδών: οι υποδοχείς-μ, οι υποδοχείς-δ, και οι υποδοχείς-κ. Απαντώνται σε περιοχές του νευρικού συστήματος που σχετίζονται με την αισθητική οδό του πόνου όπως είναι: το δρεπανοειδές σύστημα και οι νωτιαιοδικτυακές οδοί (η φαιά ουσία περί τον αγωγό του Sylvius, οι μέσοι πυρήνες του οπτικού θαλάμου και ο

υποθάλαμος), στην πηκτωματώδη ουσία του νωτιαίου μυελού και του νωτιαίου πυρήνα του τριδύμου, στον πυρήνα της μονήρους δεσμίδας και στο πνευμονογαστρικό νεύρο.

Εκλεκτική ηλεκτρική διέγερση των περιοχών αυτών φαίνεται να έχει επίσης αναλγητικό αποτέλεσμα.

ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΚΑΝΝΑΒΙΝΟΕΙΔΗ

Παρά το γεγονός ότι το ενδοκανναβινοειδές σύστημα αποτελεί πεδίο έρευνας, έχει βρεθεί ότι τα ενδογενή κανναβινοειδή και οι υποδοχείς τους έχουν ως μια από τις πλέον βασικές δράσεις τους την αναλγητική. Η δράση αυτή φαίνεται ότι ασκείται λόγω της μεγάλης κατανομής των υποδοχέων CB1 στα περιφερικά και κεντρικά όργανα του αλγογόνου (nociceptive) συστήματος, αλλά και μέσω άλλων συνοδών μηχανισμών.

Συνοπτικά η αναλγητική δράση των κανναβινοειδών ασκείται με:

- Την επίδρασή τους στους CB1 υποδοχείς του Κεντρικού και Περιφερικού Νευρικού Συστήματος
- Την αναστολή έκκρισης φλεγμονωδών και αλγογόνων ουσιών (Ουσία P, HETE, PGs, CGRP, NO)
- Την αύξηση της έκκρισης και τη συνέργεια με τα οπιοειδή (μ-υποδοχείς ΚΝΣ και κ-υποδοχείς ΠΝΣ)
- Την αύξηση παραγωγής nor-επινεφρίνης από κατιόντες νευρώνες (α2-αδρενεργικοί υποδοχείς)
- Την διέγερση παραγωγής ντοπαμίνης (D2-υποδοχείς ΚΝΣ) και
- Την αναστολή έκκρισης GABA (Μέση κοιλιακή μοίρα προμήκους μυελού)

ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΜΕ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ ΑΦΗΣ

Στις προσπάθειες των ερευνητών για έλεγχο του πόνου, σημαντικός σταθμός ήταν η ανακάλυψη ότι με διέγερση των μεγάλων αισθητικών ινών τύπου Αβ, οι οποίες άγουν νευρικές ώσεις από απτικούς υποδοχείς της περιφέρειας, προκαλείται καταστολή της μετάδοσης σημάτων πόνου, λόγω τοπικής παράπλευρης αναστολής. Αυτή η παρατήρηση ερμηνεύει την ανακούφιση του πόνου με εντριβή του δέρματος γύρω από την αλγογόνο

περιοχή αλλά και την θεραπευτική αντιμετώπιση του πόνου με ηλεκτρικό ερεθισμό όπως παρουσιάζεται στις επόμενες ενότητες [Θεωρία ελέγχου της πύλης του πόνου].

ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΝΔΟΓΕΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΓΗΣΙΑΣ

Η ενεργοποίηση του ενδογενούς συστήματος αναστολής του πόνου μπορεί να επιτευχθεί μη φαρμακευτικά μέσω της Φυσικοθεραπείας η οποία διαθέτει για το σκοπό αυτό αρκετά μέσα και τεχνικές που μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Παθητικά επιτυγχάνεται με περιφερική ή και κεντρική διέγερση, ενώ ενεργητικά με τις διάφορες φυσικές ή και ψυχικές δραστηριότητες.

Στην παθητική ενεργοποίηση του ενδογενούς συστήματος αναστολής του πόνου ξεχωρίζουμε:

- A. Τα μηχανικά ερεθίσματα μέσω της μάλαξης, των διατάσεων (μυών και τενόντων), των δονήσεων, των εντοπισμένων πιέσεων κ.ά.
- B. Τα ηλεκτρικά ερεθίσματα μέσω ηλεκτρικών διεγέρσεων με παλμικά ρεύματα όπως τα διαδυναμικά ρ., τα παρεμβαλλόμενα ρ., ο T.E.N.S. κ.ά.
- Γ. Τα ερεθίσματα ψυχρού ή θερμού με τα ψυχρά ή θερμά επιθέματα κ.ά.
- Δ. Τα ερεθίσματα μέσω φωτός με ακτίνες LASER, υπεριώδεις και υπέρυθρες ακτίνες.
- E. Τα ερεθίσματα μέσω στατικών και δυναμικών μαγνητικών πεδίων καθώς και άλλων ηλεκτρομαγνητικών μορφών ενέργειας.

Όμως οι ενδογενείς μηχανισμοί αναστολής του πόνου μπορούν να διεγερθούν και ενεργητικά. Έτσι, ορισμένες μορφές πόνου μπορούν να ανασταλούν με μια ελεγχόμενη ρυθμικά επαναλαμβανόμενη ενεργητική άσκηση όπως τη βόδιση, τον κλασσικό αθλητισμό, την ενόργανο ρυθμική κνησιοθεραπεία κ.ά.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

Η χρήση του περιφερικού ηλεκτρικού ερεθισμού για την ανακούφιση του χρόνιου πόνου είναι μια τεχνική που χρονολογείται από παλιά, με πρώτη γραπτή τεκμηρίωση από τον Αριστοτέλη (Kane, 1975). Χαρακτηριστικά αναφέρεται η εφαρμογή του “ηλεκτρικού σοκ” για την ανακούφιση του χρόνιου πονοκέφαλου από τον Scribonius Largus (46 μ.Χ.) χρησιμοποιώντας τα ηλεκτρικά χέλια. Η ηλεκτρική αυτή ενέργεια ήταν επίσης γνωστή στους γιατρούς της εποχής εκείνης, όπως τον Πλίνιο, τον Διοσκουρίδη και τον Γαληνό (50 μ.Χ.).

Σε επόμενους αιώνες δημιουργήθηκαν όλο και πιο απλοί τρόποι για την παραγωγή και τον έλεγχο του ηλεκτρισμού για θεραπευτικούς σκοπούς. Η πρώτη επίσημη μέθοδος ηλεκτροθεραπείας ήταν η εφαρμογή του συνεχούς ρεύματος από τον Ιταλό Galvani (1737-1798) για την θεραπεία πολλών παθήσεων περιλαμβάνοντας ανάμεσά τους και τον πόνο. Στη συνέχεια έχουμε την εφαρμογή του εναλλασσόμενου ρεύματος από τον Άγγλο Faraday (1831). Και η εξέλιξη της ηλεκτροθεραπείας ήταν εντυπωσιακή με παρουσιάσεις πληθώρας μελετών για τις επιδράσεις, τις παραμέτρους και τους νευροβιολογικούς μηχανισμούς ποικίλων μορφών του ηλεκτρικού ρεύματος (D’ Arsonal, Pflueger 1859, Stanger 1883, Nernst 1899, Leduc 1902, Gildemeister 1904, Bernard 1929, Traebert 1957, κ.ά.).

Στον 20^ο αιώνα, ο αυξημένος αριθμός των αποτελεσματικών παυσίπονων φαρμάκων μείωσε το ενδιαφέρον της χρήσης του περιφερικού ερεθισμού ως μεθόδου για την ανακούφιση του πόνου. Σ’ αυτό συνέτεινε και το γεγονός ότι δεν υπήρχε ξεκάθαρη άποψη σχετικά με τη φυσιολογική του δράση και την εκτίμηση των θεραπευτικών του αποτελεσμάτων.

Οι δημοσιεύσεις των Melzack και Wall (1965) σχετικά με τη θεωρία “του ελέγχου της πύλης του πόνου” κέντρισαν και πάλι το ενδιαφέρον διερεύνησης των μεθόδων εφαρμογής της αναλγητικής ηλεκτροθεραπείας, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν για πρώτη φορά στη νευροφυσιολογία οι προϋποθέσεις κατανόησης της ηλεκτροδιεγερτικής αναλγησίας. Παράλληλα, η αδυναμία λήψης αναλγητικών φαρμάκων και οι παρενέργειες αυτών, όπως καταστολή της αναπνοής, ναυτία, έμετος, κακοδιαθεσία, δυσκοιλιότητα,

ζαλάδα και φυσική αδυναμία, είχαν σαν αποτέλεσμα την προσπάθεια εφαρμογής εναλλακτικών μεθόδων αναλγησίας.

Σήμερα στην ηλεκτροθεραπεία περιλαμβάνονται πολλά είδη ρευμάτων (διαδυναμικά, παρεμβαλλόμενα, μικρορεύματα, υψίσυχνα κ.ά.) τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μορφή που έχουν, τον τρόπο εφαρμογής τους αλλά περισσότερο με το σκοπό για τον οποίο εφαρμόζονται.

Ανάλογα με τη συχνότητα του θεραπευτικού ρεύματος η ηλεκτροθεραπεία χωρίζεται σε τέσσερα κύρια μέρη:

- α. στο συνεχές ρεύμα (“0” συχνότητα)
- β. στα ρεύματα χαμηλής συχνότητας ΧΣ (1Hz – 1000 Hz)
- γ. στα ρεύματα μέσης συχνότητας ΜΣ (1000 Hz -100 kHz)
- δ. στα ρεύματα υψηλής συχνότητας ΥΣ (πάνω από 100 kHz)

Τα κύρια αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των ηλεκτρικών ρευμάτων είναι:

- α. Μυϊκή σύσπαση [μυϊκός ερεθισμός]
- β. Έλεγχος ή αναστολή του πόνου [αισθητικός ερεθισμός]

και δευτερεύοντα αποτελέσματα θεωρούνται:

- α. η τοπική αγγειοδιαστολή (συνήθως επιφανειακή)
- β. η βελτίωση της κυκλοφορίας
- γ. η δευτερογενής αντίδραση ελάττωσης της φλεγμονής
- δ. η ελάττωση των οιδημάτων

Τα κυριότερα ηλεκτρικά ρεύματα που χρησιμοποιούνται για αισθητικό ερεθισμό είναι: α. Ο TENS

β. Τα παρεμβαλλόμενα ρ.

γ. Τα διαδυναμικά ρ. (Bernard)

Το ρεύμα όμως που έχει πειραματικά και κλινικά τα πλέον θετικά δεδομένα είναι ο διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός (TENS), ο οποίος εισήχθη από τους Wall και Sweet το 1967 στα πλαίσια της κλινικής εφαρμογής της θεωρίας “της πύλης ελέγχου του πόνου” και έκτοτε έχει τύχει ευρείας αποδοχής [Ersek 1981, Lundeborg 1984, Melzack και Wall 1989, Bonika 1990, Warfield και συν. 1991, Ekholm και Harms-Ringdahl 1995, Frampton και συν. 1996]

ΠΕΜΠΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (TENS)

T.E.N.S. είναι τα αρχικά των Αγγλικών λέξεων “Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation” που σημαίνουν στα Ελληνικά Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός. Ορίζεται από την εφαρμογή ηλεκτρικών παλμών που παράγονται από τη συσκευή ερεθισμού και μέσω ηλεκτροδίων μεταφέρονται κατά μήκος του δέρματος και επενεργούν στους νευρώνες με στόχο την ανακούφιση ή την αναστολή του πόνου, σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων οξέος και χρόνιου πόνου.

Ο T.E.N.S. χαρακτηρίζεται ως η πιο σύγχρονη μορφή αναλγητικών ηλεκτρικών ρευμάτων με ελάχιστες παρενέργειες ή αλληλεπιδράσεις με φάρμακα. Δεν έχουν καταγραφεί περιπτώσεις τοξικότητας ή υπερβολικής δόσης και οι ασθενείς μπορούν να διαχειριστούν τον TENS μόνοι τους στο σπίτι και να ρυθμίζουν τη δόση της θεραπείας όπως απαιτείται.

Τα αναλγητικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του θεωρούνται ικανοποιητικότερα από τα αναλγητικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των παραδοσιακών αναλγητικών ρευμάτων (διαδυναμικά , παρεμβαλλόμενα κ.α.), αν και δεν υπάρχουν κλινικές μελέτες που να εξετάζουν τη σχετική αποτελεσματικότητα των παρόμοιων με τον T.E.N.S συσκευών ηλεκτρικού ερεθισμού.

Επί οικονομικής δε βάσεως, αν τον συγκρίνει κανείς με μια μακροχρόνια φαρμακευτική θεραπεία, η θεραπεία με τον TENS είναι αρκετά φθηνότερη.

ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΓΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ TENS

Η ελάττωση ή η αναστολή του πόνου που προκύπτει από την εφαρμογή του T.E.N.S. οφείλεται στην επίδρασή του:

A. στα ενδογενή συστήματα ελέγχου (αναστολής) του πόνου, όπως αναφέρθηκαν πιο πάνω, μέσω της απελευθέρωσης των ενδογενών οπιούχων εγκεφαλίνης και β-ενδορφίνης και

B. στα οπίσθια κέρατα του νωτιαίου μυελού, σύμφωνα με τη θεωρία “ελέγχου της πύλης του πόνου”, για την οποία υπάρχει μια επιστημονικά αιτιολογημένη άποψη του τρόπου αναστολής του πόνου.

Η ΘΕΩΡΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΥΛΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

Η θεωρία, η οποία αναπτύχθηκε από τους Ronald Melzack και Patrick Wall (1965), υποστηρίζει ότι η μεταβίβαση των ερεθισμάτων του πόνου, που γίνεται με τις κεντρομόλες νευρικές ίνες Αδ και C, μπορεί να ανασταλεί (μερικώς ή ολικώς) από την δραστηριότητα των κεντρομόλων νευρικών ινών πίεσης, αφής και δόνησης Αα, Αβ και Αγ. Θεωρήθηκε πως οι νευρωνικοί μηχανισμοί στο οπίσθιο κέρασ του νωτιαίου μυελού δρουν σαν μια πύλη, η οποία μπορεί να αυξήσει ή να ελαττώσει τη μεταβίβαση των νευρικών ώσεων από τα περιφερικά νεύρα προς το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα. Η πύλη αυτή επιτρέπει να περάσει μόνο ένα είδος αισθητικών ώσεων, με αποτέλεσμα η αγωγή μέσω της πύλης σωματικών αισθήσεων, όπως της αφής, της πίεσης και της δόνησης, να αναστέλλει τον πόνο.

Οι ώσεις από τις μεγάλες εμμύελες ίνες Αα, Αβ, Αγ τείνουν να κλείσουν την πύλη, ενώ οι ώσεις από τις μικρές ίνες Αδ και C την ανοίγουν. Αναφέρθηκε ακόμη ότι η πύλη επηρεάζεται και από τις κατιούσες ώσεις που ξεκινούν από τον εγκέφαλο και φτάνουν στην περιοχή της πηκτωματώδους ουσίας με το κατιόν σύστημα αναστολής του πόνου. (δράση των εγκεφαλινών και β-ενδορφίνης)

Σύμφωνα με τους Melzack και Wall οι ώσεις που εισέρχονται στο ΚΝΣ διαμορφώνονται στις διαδοχικές συνάψεις σε όλα τα επίπεδα της

προώθησής τους, από το νωτιαίο μυελό ως τις νευρωνικές περιοχές που είναι υπεύθυνες για την αντίληψη και την αντίδραση του πόνου. Κατά τη θεωρία αυτή, ο πόνος γίνεται αντιληπτός, όταν ο αριθμός των νευρικών ώσεων, που φτάνει στις περιοχές αυτές, φτάσει ή ξεπεράσει ένα κρίσιμο όριο. Επαναληπτικός ερεθισμός της νωτιαίας πηκτωματώδους ουσίας μέσω των νευρικών ινών Αα, Αβ και Αγ προκαλεί αναστολή μεταβίβασης των ερεθισμάτων πόνου στο επίπεδο των συνάψεων των ινών πόνου με τα περιθωριακά κύτταρα της λάμινας Ι και με τα κύτταρα της πηκτωματώδους ουσίας. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι το οπίσθιο νωτιαίο κέρατο δεν είναι απλά ένας σταθμός μεταβίβασης ερεθισμάτων πόνου, αλλά ένα ολοκληρωμένο σύνθετο νευρωνικό κύκλωμα, που “φιλτράρει” τα περισσότερα ερεθίσματα και μόνο τα ισχυρά από αυτά να μεταβιβάζονται μέσω των νωτιαιοθλαμικών οδών στον εγκέφαλο.

Η θεωρία “ελέγχου της πύλης του πόνου” θέτει τις θεωρητικές βάσεις της αναλγητικής θεραπείας με διαδερμικό ηλεκτρικό νευρικό ερεθισμό (TENS), όπου με την εκλεκτική διέγερση των μεγάλων και ταχύτατων Αβ νευρικών ινών είναι δυνατόν να επιτευχθεί μια ενεργοποίηση των νευρωνικών μηχανισμών στην πηκτωματώδη ουσία του Νωτιαίου Μυελού, που οδηγεί στην αναστολή της μεταβίβασης των ερεθισμάτων πόνου με τον έλεγχο της άφιξης των προσαγωγών μηνυμάτων στα μεταβιβαστικά κύτταρα.

Για να γίνει όμως αυτό είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν συγκεκριμένες παράμετροι στους ηλεκτρικούς παλμούς ώστε να διεγείρουν μόνο τις μεγάλες αισθητικές νευρικές ίνες Αα, Αβ, Αγ, που άγουν τις αισθήσεις αφής, πίεσης, δόνησης κλπ., ώστε να “κλεισθεί” η πύλη ελέγχου και να ανασταλεί ή να ελαττωθεί η διαβίβαση των ερεθισμάτων του πόνου στο κέντρο αντίληψης.

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ TENS

Σκοπός του TENS είναι να ενεργοποιήσει επιλεκτικά διαφορετικές νευρικές ίνες προκειμένου να παράγει συγκεκριμένα φυσιολογικά αποτελέσματα. Οι κοινοί τύποι του TENS που περιγράφονται στη βιβλιογραφία (Johnson 2001) είναι:

- Συμβατικός TENS (Conventional TENS)
- Ηλεκτροβελονιστικός TENS (Acupuncture-like TENS [AL-TENS])
- Εντονος TENS (Intense TENS)

Αυτοί οι τύποι του TENS έχουν εξελιχθεί από τη γνώση για τη δυνατότητα διαφόρων νευρικών ινών να ενεργοποιούν διαφορετικούς αναλγητικούς μηχανισμούς στο σώμα. Στοιχεία από μελέτες για αξονικό ερεθισμό *in vitro* δείχνουν ότι η ευερεθιστότητα (διεγερσιμότητα) ποικίλλει σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του εξωτερικά εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού ρεύματος. Οι διάφοροι τύποι του TENS, που βασίζονται στην ικανότητα του ρεύματος να ενεργοποιεί ενδογενείς αναλγητικούς μηχανισμούς, έχουν γίνει ευρέως αποδεκτοί από τον χώρο των φορέων υπηρεσιών υγείας.

Συμβατικός TENS.

Σκοπός του συμβατικού TENS είναι να ενεργοποιήσει επιλεκτικά τις μεγάλης διαμέτρου Αβ αισθητικές νευρικές ίνες, χωρίς να ενεργοποιούνται ταυτόχρονα οι μικρής διαμέτρου Αδ και C αισθητικές νευρικές ίνες που άγουν τον πόνο ή οι φυγόκεντρες κινητικές ίνες που μεταφέρουν ώσεις στους μύες. Θεωρητικά, υψηλής συχνότητας (~10-250Hz), χαμηλής έντασης (ανώδυνα) ρεύματα, με παλμό διάρκειας ανάμεσα σε 100μς και 200μς, θα ήταν ιδανικά στην επιλεγμένη ενεργοποίηση Αβ νευρικών ινών. Στην πράξη, η κεντρομόλος δραστηριότητα των Αβ αισθητικών νευρικών ινών αναγνωρίζεται από τον χρήστη ως “δυνατή αλλά άνετη” ανώδυνη ηλεκτρική παραισθησία [με ελάχιστη μυική συστολή] κάτω από τα ηλεκτρόδια, που τοποθετούνται στην περιοχή του πόνου ή στο αντίστοιχο δερμοτόμιο. Μελέτες σε ανθρώπους και ζώα έχουν αποδείξει ότι ο TENS που προκαλεί Αβ διέγερση, εμποδίζει τη μετάδοση βλαβοαντιληπτικών πληροφοριών στο νωτιαίο μυελό και αυτό παράγει τμηματική αναλγησία. Ο κύριος καθοριστικός παράγοντας της Αβ διέγερσης είναι το επαρκές πλάτος ρεύματος, το οποίο οι χρήστες εκπαιδεύονται εύκολα να το τιτλοποιούν, έτσι ώστε να είναι αρκετά δυνατό για να παράγει αβλαβή παραισθησία (λόγω της Αβ δραστηριότητας) χωρίς πραγματικό πόνο (λόγω της δραστηριότητας των Αδ και C ινών). Αξιώνεται ότι το μέγεθος της αναλγησίας που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια χρήσης του συμβατικού TENS εξαρτάται εν μέρει από τη συχνότητα των παλμών, αλλά τα

αποτελέσματα των πειραμάτων σε υγιείς και ασθενείς ανθρώπους είναι αντιφατικά.

Ηλεκτροβελονιστικός TENS.

Ο σκοπός των AL-TENS είναι να ενεργοποιηθούν γενικά οι μικρής διαμέτρου κεντρομόλες μυϊκές ίνες (Αδ ή Group III)· ενεργοποίηση που προκύπτει από τους εργοϋποδοχείς που απαντούν σε μυϊκή σύσπαση. Αυτό πραγματοποιείται έμμεσα, από τη μεταφορά ρευμάτων σε χαμηλή συχνότητα (~1-10 Hz), με υψηλές αλλά ανώδυνες εντάσεις, πάνω από τα κινητικά σημεία των μυών, προκειμένου να ενεργοποιήσουν τις φυγόκεντρες κινητικές Αα ίνες, με αποτέλεσμα μια πολύ δυνατή αλλά ανώδυνη φασική μυϊκή σύσπαση. Ο επόμενος καταιγισμός των ωθήσεων από τις κεντρομόλες μυϊκές ίνες μεσολαβεί στον υπερτμηματικό αντιβλαβοαντιληπτικό μηχανισμό και την απελευθέρωση ενδογενών οπιοειδών πεπτιδίων κατά τρόπο παρόμοιο με αυτόν που προτείνεται στο βελονισμό. Ακόμη πρέπει να σημειωθεί ότι τα ρεύματα που μεταφέρονται κατά τη διάρκεια του ηλεκτροβελονιστικού TENS ενεργοποιούν επίσης τις Αβ ίνες διαμέσου του δέρματος, και αυτό οδηγεί σε τμηματική αναλγησία.

Έντονος TENS

Ο σκοπός του έντονου TENS είναι να ενεργοποιήσει τις μικρής διαμέτρου Αδ δερματικές κεντρομόλες ίνες μεταφέροντας την νευροδιέγερση πάνω από τα περιφερικά νεύρα στην περιοχή του πόνου, σε μια ένταση που είναι μόλις ανεκτή από τον ασθενή. Τα ρεύματα εφαρμόζονται σε υψηλές συχνότητες (πάνω από 150 Hz), για να αποτρέψουν τις φασικές μυϊκές συσπάσεις που θα ήταν πάρα πολύ ισχυρές για να τις ανεχθεί ο ασθενής. Η δερματική κεντρομόλος Αδ δραστηριότητα έχει παρουσιαστεί, για να εμποδίσει τη μετάδοση βλαβοαντιληπτικών πληροφοριών στα περιφερικά νεύρα και για να ενεργοποιήσει υπερτμηματικούς αντιβλαβοαντιληπτικούς μηχανισμούς. Ο έντονος TENS ενεργοποιεί επίσης και τις Αβ αισθητικές ίνες, παράγοντας τμηματικά αντιβλαβοαντιληπτικά αποτελέσματα.

Παρά την ύπαρξη των τριών τύπων TENS στην κλινική πρακτική, χρησιμοποιείται ο συμβατικός TENS, ενώ οι δύο άλλοι τύποι μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Παράλληλα δεν υπάρχουν καλής ποιότητας και συστηματικής πειραματικής εργασίας μελέτες που να συγκρίνουν την κλινική αποτελεσματικότητα και τα αναλγητικά προφίλ αυτών των τύπων του TENS.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ TENS

Η θεραπευτική αξία και η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής του TENS στηρίζεται στη γνώση από τον θεράποντα της ανατομίας και νευροφυσιολογίας, αλλά και των επιμέρους χαρακτηριστικών των συσκευών ηλεκτροδιέγερσης.

1. Επιλογή της συσκευής.

Στο εμπόριο υπάρχει διαθέσιμος ένας πολύ μεγάλος αριθμός συσκευών διαδερματικού νευρικού ερεθισμού (TENS), αλλά και παρόμοιων συσκευών που μοιάζουν με τον TENS και πωλούνται σε επαγγελματίες και μη για την ανακούφιση του πόνου. Ενδιαφέρει στην επιλογή της συσκευής να μπορεί να επιτευχθεί ο φυσιολογικός σκοπός των ρευμάτων που παράγει, καθώς οι τεχνικές προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά παραγωγής των τυποποιημένων TENS ποικίλουν μεταξύ των κατασκευαστών, δεδομένου ότι προσπαθούν να επιτύχουν μοναδικότητα και ανταγωνιστικότητα στην αγορά.

Οι τυποποιημένες (συνήθεις) συσκευές TENS ξεχωρίζουν από αυτό που παράγουν. Συνήθως μεταφέρουν διφασικά παλμικά ρεύματα κατά τρόπο επαναλαμβανόμενο με μια διάρκεια παλμού (D: duration) μεταξύ 10μs και 1000μs και με συχνότητα παλμού (F: frequency) μεταξύ 1 έως 250 παλμούς το δευτερόλεπτο.(pps-Hz). Συνήθως οι παλμοί μεταφέρονται με ένα συνεχόμενο τρόπο (πρότυπο) (C: continuous), αν και στις μέρες μας οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν και άλλους τρόπους (πρότυπα) όπως είναι η έκρηξη (B: burst) και η διαμόρφωση (M: modulation) ενώ η ένταση του ρεύματος (I: intensity) θα πρέπει τουλάχιστο να έχει μεγαλύτερη τιμή των 50mA.

Καλό είναι οι συσκευές να διαθέτουν δύο ή περισσότερα κανάλια (κυκλώματα) και κάθε κανάλι να έχει δύο ηλεκτρόδια, τα οποία υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία, πολλά σχήματα και μεγέθη. Η μεταβίβαση του ρεύματος από τα ηλεκτρόδια στο σώμα γίνεται μέσω ενός αγώγιμου υλικού, το οποίο μπορεί να είναι:

- α. ειδικό ζελέ,
- β. αυτοκόλλητο αγώγιμο υλικό τύπου σιλικόνης, ή
- γ. οποιοδήποτε υδροφίλο αντικείμενο.

Η ρύθμιση στις παραμέτρους, όπως η συχνότητα παλμών, το πλάτος του παλμού και η ένταση της ώσης θα πρέπει να ρυθμίζεται εύκολα και επιπλέον στους χρόνιους ασθενείς ενδιαφέρουν οι διαστάσεις και το βάρος της συσκευής να είναι τέτοια ώστε να μεταφέρεται εύκολα ή χωράει σε μία τσέπη.

2. Χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ερεθισμού:

Οι παράμετροι των ηλεκτρικών παλμών που παίζουν ουσιώδη ρόλο είναι:

A. Η μορφή του παλμού και η διάρκεια ενέργειάς του. Ανάλογα με τον τύπο της συσκευής οι συνηθέστερες μορφές παλμών (παλμοσειρών ή κυματομορφών) που δίνονται είναι:

- α. Η μονοφασική τριγωνική
- β. Η μονοφασική τετράγωνη
- γ. Η διφασική ασύμμετρη τροποποιημένη τετράγωνη
- δ. Η διφασική συμμετρική τετράγωνη
- ε. Η διφασική τροποποιημένη τριγωνική και
- ζ. Η μονοφασική τετράγωνη υψηλής συχνότητας.

Ως διάρκεια (πλάτος ή εύρος) ενέργειας παλμού καθορίζουμε το χρονικό διάστημα που το ρεύμα εφαρμόζεται στους ιστούς και εκφράζεται σε msec.

Ιδανική μορφή κύματος για όλους τους ασθενείς δεν είναι δυνατόν να υπάρξει, καθώς δεν υπάρχει κοινή διαπίστωση των κλινικών ερευνητών σχετικά με την αποτελεσματικότητα συγκεκριμένων θεραπευτικών σχημάτων. Για τον ερεθισμό όμως μιας εμμύελης νευρικής ίνας πολλοί επιστήμονες

συστήνουν τη μορφή του μονοφασικού τετραγωνικού παλμού με χρόνο διάρκειας από 50 μέχρι 500μsec, ενώ συστήνεται και η εφαρμογή διαφορετικών κυματομορφών παλμού στον ασθενή, για να συγκριθεί η αποτελεσματικότητά τους και να επιλεγεί η καταλληλότερη μορφή.

Β. Η αναγκαία ένταση. Για τη διέγερση μιας νευρικής ίνας απαιτείται ένταση ρεύματος από 10 μέχρι 60mA. Η μεγάλη αυτή διαφορά υπάρχει γιατί η ένταση του ρεύματος εξαρτάται εκτός των άλλων από:

α. Την απόσταση της νευρικής ίνας από την περιοχή του δέρματος που τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια.

β. Τη διάμετρο των νευρικών ινών. Οι μεγάλες νευρικές ίνες έχουν χαμηλότερη βαλβίδα ερεθισμού από τις μικρές· έτσι, σε σταδιακή αύξηση της έντασης του ρεύματος διεγείρονται πρώτα οι μεγάλες και μετά οι μικρές νευρικές ίνες.

Για κάθε τύπο νευρικής ίνας υπάρχει μια ξεχωριστή σχέση μεταξύ έντασης ρεύματος και διάρκειας (χρόνου) παλμού. Γενικά όμως ισχύει ότι όσο μικρότερος είναι ο χρόνος του παλμού, τόσο μεγαλύτερη ένταση χρειάζεται για να ερεθιστεί η νευρική ίνα (Φραγκοράπτης 1994).

Γ. Η συχνότητα. Ανάλογα με τον αριθμό των παλμών ανά δευτερόλεπτο τα ρεύματα TENS διαιρούνται στα:

α. Υψίσυχνα συμβατικά (Conventional TENS). Στην εφαρμογή των υψίσυχνων TENS, οι περισσότεροι επιστήμονες στηριζόμενοι στις κλινικές μελέτες τους αναφέρουν σαν ενδεδειγμένες τις συχνότητες μεταξύ 40 -150 Hz, [με χρόνο παλμού 50 -120 μsec και χαμηλή ένταση 10 – 30 mA]. Σ'αυτές τις συχνότητες δεν ενεργοποιούνται οι νευρικές ίνες μικρής διαμέτρου, αλλά μόνο οι μεγάλες Αδ και Αγ. Πειραματικά δεδομένα αναφέρουν ότι σ'αυτές τις συχνότητες ενεργοποιούνται νωτιαίοι μηχανισμοί καθώς και το σύστημα σεροτονίνης στο εγκεφαλικό στέλεχος.

β. Χαμηλόσυχνα για ηλεκτροβελονισμό TENS (Acupuncture-like TENS [AL-TENS]): Στη χαμηλόσυχνη διαδερμική νευροδιέγερση εφαρμόζονται συνήθως οι συχνότητες 1-4 Hz [με χρόνο παλμού 120 – 250 μsec, υψηλή ένταση 10 – 50 mA και μεγάλη διάρκεια θεραπείας]. Οι μεμονωμένες αυτές ώσεις δεν είναι ανεκτές από όλους τους ασθενείς, γιατί με την ενδεδειγμένη ένταση του ρεύματος προκαλείται ταυτόχρονα και μια επώδυνη μυϊκή σύσπαση. Χαρακτηρίζονται δε ως ηλεκτροβελονισμός γιατί οι επιδράσεις τους μοιάζουν

μ'αυτές του βελονισμού. Στόχος μας στην εφαρμογή αυτών των συχνοτήτων είναι η διέγερση των νευρικών ινών Αδ και C, οι οποίες άγουν την αίσθηση του πόνου. Θεωρείται ότι κατά την εφαρμογή ενεργοποιούνται ενδογενή οπιούχα (β-ενδορφίνη) και αυτά στη συνέχεια επενεργούν στο ενδογενές σύστημα αναστολής του πόνου, σε νωτιαίο και υπερνωτιαίο επίπεδο ελέγχου του πόνου.

3. Θεραπευτική τεχνική- Διαδικασία εφαρμογής

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής εξαρτάται κυρίως από την αιτιολογία του πόνου, το χαρακτήρα του και την περιοχή που συνδέεται ανατομικά με την πηγή του πόνου. Χρήση σχημάτων και χαρτών των δερμοτομιών, μυοτομιών, νευροτομιών ή μυελοτομιών μας βοηθάει στον εντοπισμό επώδυνων περιοχών και η ψηλάφηση στον εντοπισμό με ακρίβεια επώδυνων ή ευαίσθητων σημείων. Επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων ερεθισμού και της κατάλληλης εφαρμογής των ηλεκτροδίων κάνουν πιο αποτελεσματική τη νευροδιέγερση.

Οι κυριότερες εφαρμογές των ηλεκτροδίων είναι:

- α. η τοπική (στην επώδυνη περιοχή ή σημείο)
- β. η νευρική (κατά μήκος του νευρικού στελέχους ή στα νευρικά γάγγλια)
- γ. η αντανεκλαστική (στις ζώνες του Head, στα σημεία βελονισμού, στα διεγερτικά σημεία ή σημεία πυροδότησης = Triggerpoints).

Ο τρόπος ροής του ρεύματος στο σώμα εξαρτάται από τη μέθοδο εφαρμογής των ηλεκτροδίων. Αν τα ηλεκτρόδια εφαρμοστούν αντικριστά, ώστε το σώμα ή τα μέλη να βρίσκονται ανάμεσα σ'αυτά, τότε έχουμε εγκάρσια ροή. Αν τοποθετηθούν κατά μήκος του σώματος ή των μελών, τότε έχουμε την διαμήκη ροή του ρεύματος. Ανάλογα δε με την περιοχή του σώματος μέσω της οποίας ρέει το ρεύμα μπορεί να είναι: διακρανιακή, διαρθρική, διακοιλιακή, παρασπονδυλική κ.λπ

4. Διάρκεια και συχνότητα θεραπείας

Η διάρκεια εφαρμογής των ρευμάτων TENS ποικίλλει ανάλογα με την πάθηση και τη χρησιμοποιούμενη μορφή. Ο συμβατικός (κλασσικός) TENS

εφαρμόζεται συνεχώς όταν υπάρχει πόνος, η μορφή ηλεκτροβελονισμού εφαρμόζεται περίπου 30 λεπτά ανά συνεδρία μέχρις ότου επέλθει μυϊκός κάματος, ενώ ο έντονος TENS εφαρμόζεται για 15 λεπτά ανά συνεδρία μέχρις ότου οι ασθενείς αισθανθούν ενόχληση. Συνιστάται η χρήση του TENS για 2-3 εβδομάδες δεδομένου ότι όπως πιστεύουν διάφοροι ερευνητές, έχει αθροιστική λειτουργία. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο ασθενής μπορεί να επαναλάβει την εφαρμογή 3-5 φορές, αν και σ'αυτή την παράμετρο δεν υπάρχουν κλινικές αποδείξεις.

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ TENS

Ο TENS σε γενικές γραμμές είναι πολύ καλά ανεκτός από τον ανθρώπινο οργανισμό και δεν έχουν καταγραφεί επικίνδυνες παρενέργειες ή επιπλοκές. Οι ενδεχόμενες παρενέργειες, που μπορεί να υπάρξουν από τη συχνή χρήση των ρευμάτων TENS, είναι:

α. Αλλεργικές αντιδράσεις του δέρματος από το ζελέ που χρησιμοποιείται ως μέσο μεταβίβασης του ρεύματος στο σώμα ή από την κολλητική ταινία που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή των ηλεκτροδίων. Ορισμένοι κατασκευαστές για να αποφύγουν αυτά τα φαινόμενα χρησιμοποιούν ειδικά αυτοκόλλητα μέσα επαφής, τύπου “σιλικόνης”.

β. Ερεθισμός του δέρματος στις περιπτώσεις που τα ηλεκτρόδια εφαρμόζονται στα ίδια πάντα σημεία. Σπάνια μπορεί να προκληθεί ηλεκτρικό έγκαυμα [ιδιαίτερα στη χρήση μονοφασικού ρεύματος λόγω της μεγάλης πυκνότητάς του] όταν το δέρμα του ασθενή στην περιοχή που εφαρμόζονται τα ηλεκτρόδια είναι ευαίσθητο ή υπάρχουν διαταραχές της αισθητικότητας.

Όπως σε κάθε εφαρμογή χαμηλόσυχων ρευμάτων έτσι και στα ρεύματα TENS ως αντενδείξεις θεωρούνται οι δερματοπάθειες και τα αλλεργικά συμπτώματα που μπορούν να παρουσιασθούν από τον ηλεκτρισμό, τους ιμάντες εφαρμογής των ηλεκτροδίων ή το ενδιάμεσο υλικό μεταξύ ηλεκτροδίων και δέρματος.

Ακόμη, ως σχετικές αντενδείξεις θεωρούνται οι εφαρμογές :

1. Σε περιπτώσεις ασθενών με καρδιακό βηματοδότη ή άλλη εμφυτευμένη ηλεκτρική συσκευή λόγω του κινδύνου να επιφέρει επικίνδυνη δυσλειτουργία σ'αυτές τις συσκευές. Η δυσλειτουργία αυτή μπορεί να

οφείλεται στο πεδίο που παράγεται από τη συσκευή του TENS, ιδιαίτερα όταν τα ρεύματα εφαρμόζονται πάνω στην περιοχή που βρίσκονται οι εμφυτευμένες συσκευές ή υπάρχουν καρδιακές αρρυθμίες. Όταν παρουσιάζεται περίπτωση χρήσης TENS σε ασθενή με εμφυτευμένη συσκευή, θα πρέπει να συζητήσουμε το πρόβλημα με τον θεράποντα γιατρό του ασθενή. Στην πράξη, όπως αναφέρεται από τον Eriksson και συν. (1978), αυτή η αντένδειξη εφαρμόζεται ιδιαίτερα σε απαιτητικούς βηματοδότες. Ο TENS μπορεί συχνά να εφαρμοσθεί χωρίς κίνδυνο με την παρουσία σταθεροποιητών βηματοδοτών, αυτό όμως δεν πρέπει ποτέ να το υποθέτουμε.

2. Σε κυοφορούσες μήτρες εξαιτίας της πιθανότητας παραγωγής ανεπιθύμητων συσπάσεων σε περίοδο που δεν έχουν ακόμα ξεκινήσει και επίσης μικρή πιθανότητα να επηρεασθεί η εργασία του τοκετού. Αυτό γεννά το γενικό ερώτημα πότε ο TENS πρέπει να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Αν και ορθώς οι ειδικοί αγνοούν το αν υπάρχουν ανεπιθύμητες συσπάσεις που παράγονται από τον TENS κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, θα ήταν φρόνιμο να αποφύγουμε να τα χρησιμοποιήσουμε [στην περίπτωση που τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στην οσφύ και στα κοιλιακά τοιχώματα] ιδιαίτερα κατά το πρώτο τρίμηνο της εγκυμοσύνης. Από μια ιατροδικαστική ματιά, αν ο TENS έχει χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια μιας εγκυμοσύνης που έγινε στη συνέχεια “επαπειλούμενη”, θα ήταν δύσκολο να αποκλεισθεί ο TENS ως η πιθανή αιτία των προβλημάτων που επακολουθούν. Από την άλλη μεριά, η χρήση του TENS για τον έλεγχο του πόνου κατά τη διάρκεια του τοκετού έχει αποδειχθεί (Augustinson και συν., 1976, Nesheim 1981, Polden 1984, Davies 1989).

3. Σε εφαρμογή του ρεύματος στο πρόσθιο τμήμα του αυχένα λόγω του κινδύνου να ερεθιστούν τα νεύρα των λαρυγγικών μυών, κάτι που θα έχει σαν συνέπεια τον λαρυγγικό σπασμό. Επίσης, αποφεύγουμε να ερεθίσουμε πάνω στον καρωτιδικό κόλπο, διότι θα έχει ως αποτέλεσμα οξεία υποτασική απάντηση, μέσω της δράσης του αγγειοπνευμονογαστρικού αντανεκλαστικού. Ακόμη, σύμφωνα με τη γνώμη άλλων μελετητών, αποφεύγουμε να ερεθίζουμε στην περιοχή του στόματος και κοντά στα μάτια.

4. Τέλος, δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο TENS σε απροσάρμοστους ή απείθαρχους ασθενείς, γιατί αυτό θα έχει ως

αναπόφευκτο αποτέλεσμα την αποτυχία της θεραπείας. Ακόμη, σε μια κλινική ανακούφισης του πόνου συναντάται και ο περιστασιακός ασθενής ο οποίος είναι ανίκανος να διαχειριστεί τη χρήση του TENS. Αυτή η ανικανότητα θα είναι το αποτέλεσμα ενός ανόητου και βαθιά ριζωμένου φόβου μη συμμόρφωσης για τις ηλεκτρικές συσκευές. Οι δύο πρώτοι τύποι ασθενών μπορούν συνήθως να εντοπισθούν κατά τη διάρκεια της φροντίδας με TENS, αλλά ο τρίτος μπορεί να προκύψει φανερά κατά τον επανέλεγχο.

5. Σε επιληψία.

6. Σε παιδιά.

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ TENS

Η κύρια ένδειξη εφαρμογής των ρευμάτων TENS είναι ο πόνος που είτε αναδεικνύεται ως οντότητα είτε υπάρχει σαν σύμπτωμα στις παθήσεις ή στις κακώσεις του μυοσκελετικού, του νευρικού ή του αγγειακού συστήματος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί, γενικά, στη θεραπεία κάθε εντοπισμένου πόνου σωματικής, νευρογενούς ή και σπλαχνικής προέλευσης για να παράγει παραισθησία στην περιοχή του πόνου ή μέσα στο ίδιο ή σε ένα συγγενές δερμοτόμιο.

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μελετών που φανερώνει πως ο διαδερματικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την ανακούφιση του οξύ και του χρόνιου πόνου. Διαπιστώνεται όμως ότι κάθε συγγραφέας παρουσιάζει τις δικές του εμπειρίες ως προς τις παραμέτρους των παλμών. Έτσι, θεωρείται ως ιδανική η μορφή ρεύματος, της οποίας το αναλγητικό αποτέλεσμα μπορεί να παραμείνει για αρκετό χρονικό διάστημα και μετά το χρόνο θεραπείας και χαρακτηρίζεται ως “carry – over – effect”.

Επειδή οι μελέτες για τον οξύ και χρόνιο πόνο έχουν διαφορετικές αιτιολογίες και φυσικές ιστορίες θα παρουσιασθούν σε δύο χωριστές ενότητες και με αναφορές σε πρωτότυπες και πιο αντιπροσωπευτικές μελέτες, καθώς και η εφαρμογή της νευροδιέγερσης έχει καταστεί πολύ δημοφιλής στην αντιμετώπιση του πόνου σε κάθε ειδικότητα.

Ο TENS στον οξύ πόνο

Αν και οι περισσότερες κλινικές μελέτες αναφέρονται στη χρήση του TENS για τον έλεγχο του χρόνιου πόνου, υποστηρίζεται ότι ο ερεθισμός αυτός είναι εξ ίσου αποτελεσματικός και στον οξύ πόνο. Ο οξύς πόνος, γενικά, εγκαθίσταται ξαφνικά και συνήθως αποδίδεται σε μια εύκολα αναγνωρίσιμη περιοχή κάκωσης ή φλεγμονής του ιστού. Ο πόνος τείνει να κυριαρχεί καθώς η οργανική βλάβη επουλώνεται αν και σε μερικές περιπτώσεις χρόνιου συνεχούς πόνου μπορεί να παρουσιασθεί σαν επακόλουθο οξείας κάκωσης. Τα περισσότερα μικρά τραύματα παράγουν τέτοιας μικρής διάρκειας πόνο, που ο TENS δεν ενδείκνυται. Αθλητικές κακώσεις τέτοιες, όπως οι ρήξεις συνδέσμων, οι θλάσεις μυών, οι οσφυϊκές τάσεις κ.ά., μπορούν να θεραπευτούν με TENS. Μεγάλα τραύματα που συνοδεύονται με πολλαπλές κακώσεις είναι πιθανόν αρχικώς να παράγουν πόνο τέτοιας σοβαρότητας και κατανομής, που ο TENS θα ήταν αναποτελεσματικός και μια συστηματική αναλγησία είναι περισσότερο κατάλληλη. Μία κατάσταση που ο TENS είναι υψηλής αποτελεσματικότητας στη θεραπεία του τραυματικού πόνου είναι η περίπτωση σπασμένων πλευρών (Myers και συν. 1977). Ένα καλό παράδειγμα φλεγμονώδους πόνου που είναι συμβατός με τον TENS είναι ο οξύς στοματοπροσωπικός πόνος, που οφείλεται σε περιοδοντικές λοιμώξεις και πολφικές φλεγμονές (Hansson και Ekblom 1983, Black 1986) και ο πόνος που συσχετίζεται με οξεία αρθρίτιδα, οξεία μυαλγία και μυοπεριτοναϊκό σύνδρομο, ανταποκρίνονται επίσης στη θεραπεία με TENS.

Μία ιδιαίτερη εφαρμογή του TENS είναι για τον πόνο του τοκετού. Σε μια μελέτη με 147 επιτόκους (90 πρωτότοκες και 57 πολύτοκες) αναφέρθηκε πολύ μεγάλη ανακούφιση του πόνου του τοκετού σε ποσοστό 44%, ενώ ένα άλλο παρόμοιο ποσοστό ανέφερε μια προσωρινή μόνο ελάττωση του πόνου (Augustinson και συν. 1977, Nesheim 1981, Polden 1984, Davies 1989). Σ' αυτή την εφαρμογή τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν παρασπονδυλικά στο ύψος του Θ10 μέχρι το ύψος του Ο1 για θεραπεία του πόνου που παρουσιάζεται στο πρώτο στάδιο του τοκετού και φαίνεται ότι ανταποκρίνεται ικανοποιητικά. Καθώς όμως προχωράει η διαδικασία του τοκετού στο δεύτερο στάδιο, ο πόνος γίνεται περισσότερο αντιληπτός υπερηβικά και τα ηλεκτρόδια εφαρμόζονται στο ύψος του Ι2 μέχρι το ύψος του Ι4. Στη διάρκεια αυτού του

σταδίου, απαιτούνται υψηλότερες εντάσεις ερεθισμού, αν και συνήθως εφαρμόζονται και άλλες μέθοδοι αναλγησίας. Αξιοσημείωτο είναι ότι κατά τον ερεθισμό αυτό με TENS δεν καταγράφηκαν παρενέργειες τόσο στη μητέρα όσο και στο νεογνό. Σε μια άλλη μελέτη με 39 επιτόκους, αναφέρθηκε ότι ο TENS ήταν πολύ αποτελεσματικός σ' ένα ποσοστό 20%, ενώ στο υπόλοιπο 80% υπήρξε αρκετά υποβοηθητικός (Robson, 1979). Παρόμοια με τα παραπάνω ήταν και τα αποτελέσματα στη μελέτη του Stewart, (1979) με τη διαφορά ότι κατ' αυτήν τα ηλεκτρόδια εφαρμόστηκαν και στις δύο πλευρές της σπονδυλικής στήλης και παράλληλα με την κατώτερη θωρακική και ιερά μοίρα. Ακόμη στην ίδια ειδικότητα ο πόνος της πρωτοπαθούς δυσμηνόρροιας, ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στη θεραπεία με TENS.

Μεγάλες υποσχέσεις έχει αφήσει η εφαρμογή του TENS για τον πόνο στις μετεγχειρητικές καταστάσεις. Αυτή θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατό γρηγορότερα μετά την εγχείρηση, γιατί ενισχύεται η αναλγησία και μειώνεται ο αριθμός των αναλγητικών φαρμάκων. Ο μετεγχειρητικός πόνος ήταν η πρώτη φόρμα οξέος πόνου που θεραπεύτηκε επιτυχώς με TENS (Hymes και συν. 1974). Από τότε η θεραπεία του μετεγχειρητικού πόνου με TENS έχει αυξηθεί εντυπωσιακά. Η τεχνική είναι απλή και αποστειρωμένα ηλεκτρόδια μπορούν να τοποθετηθούν γειτονικά στην τομή από το χειρουργό στο τέλος της επέμβασης. Χρησιμοποιούμε την κλασσική μορφή του TENS και ανάλογα με τον τύπο της τομής ποικίλλει και η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων (συνήθως παράλληλα εκατέρωθεν της τομής ή περικλείοντάς την απ' όλες τις πλευρές και επικουρικά στα αντίστοιχα δερμοτόμια).

Ο TENS έχει χρησιμοποιηθεί για χειρουργεία κοιλίας και χειρουργεία θώρακος (Cooperman και συν. 1977, Ali και συν. 1981), ολικές ανακατασκευές ισχίου (Pike 1978), επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης (Solomon και συν. 1980), επεμβάσεις άκρας χειρός (Bourke και συν. 1984) καθώς και μετα-καισαρικό πόνο (Smith και συν. 1986).

Το κύριο πλεονέκτημα του TENS απέναντι στη θεραπεία με αναλγητικά οπιοειδή είναι ότι η ανακούφιση του πόνου είναι συνεχής, δεν υπάρχει αναπνευστική καταστολή ή νάρκωση και δεν υπάρχουν βλαπτικά αποτελέσματα στην κινητικότητα του εντέρου.

Ο TENS στο χρόνιο πόνο

Η ικανοποιητική διαχείριση του χρόνιου πόνου παραμένει ένα μεγάλο πρόβλημα για τους κλινικούς. Αρχικά ο TENS δοκιμάσθηκε σ' εκείνους τους ασθενείς όπου όλες οι άλλες φόρμες της συμβατικής θεραπείας απέτυχαν. Τώρα, ακόμη περισσότερο, είναι γνωστά τα σχετικά με τη χρήση του TENS και την αποτελεσματικότητά του και είναι εξοικειωμένο να χρησιμοποιείται ο TENS ως η πρώτης γραμμής φόρμα της θεραπείας.

Ο TENS ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στη θεραπεία του πόνου νευρογενούς προέλευσης, συμπεριλαμβανομένης της περιφερικής νευρικής κάκωσης, καυσαλγίας, μεθερπητικής νευραλγίας και μεσοπλεύριας νευρίτιδας (Wall και Sweet 1967, Meyer και Fields 1972, Nathan και Wall 1974, Loeser και συν. 1975, Ersek 1977, Gyory και Caine 1977, Miles και Lipton 1978, Magora και συν. 1978, Bates και Nathan 1980).

Χρόνιος οσφυϊκός πόνος, ριζοπάθειες, πιεστικά σύνδρομα κ.τ.λ. είναι επίσης κατάλληλα για θεραπεία με TENS (Cauthen και Renner 1975, Hachen 1978, Eriksson και συν. 1979) όπως και χρόνιοι προσωπικοί πόνοι (άτυπος προσωπικός πόνος και νευραλγία τριδύμου, Eriksson και συν. 1984).

Κεντρικής προέλευσης πόνος, όπως κάκωση βραχιόνιου εξελκυσμού (Wynn Parry 1980) και πόνος σπονδυλικής κάκωσης (Bannerjee 1974, Richardson και συν. 1980) μπορούν επίσης να θεραπευτούν με TENS, αν και η επιτυχία μπορεί να αναμένεται, όταν μπορεί να παραχθεί επαρκής παραισθησία. Μία καινοφανής χρήση του TENS είναι για θεραπεία της στηθάγχης. Όχι μόνο μειώνεται ο πόνος αλλά υπάρχει και μία αύξηση στην ικανότητα για εργασία, ελαττώνει το διάστημα ST πίεσης και αυξάνει την αντοχή στο περπάτημα (Mannheimer και συν. 1986). Σ' αυτό το παράδειγμα (περιστατικό) ο ερεθισμός εφαρμόζεται στο δερμοτόμιο του οποίου οι δερματικές προσαγωγές νευρικές ίνες έρχονται μέσα στο νωτιαίο μυελό, στο ίδιο ή ένα συγγενές (κοντινό) δερματικό επίπεδο των σπλαχνικών προσαγωγών ινών, οι οποίες σχετίζονται με τον συγκεκριμένο σπλαχνικό πόνο.

Ξεχωριστή σημασία έχει η εφαρμογή των ρευμάτων TENS στο σύνδρομο που λέγεται "μέλος φάντασμα". Σύμφωνα με την ανακοίνωση των Gessler και Strumppler (1981) σε διακόσιες και πλέον περιπτώσεις ασθενών

με πόνο φάντασμα τα ποσοστά επιτυχίας σε σχέση με το χρόνο έναρξης της θεραπείας ήταν εντυπωσιακά κατά την άμεση εφαρμογή (70%) ενώ μειώθηκαν σε 50% σε εφαρμογή μετά τον πρώτο μήνα. Σε εφαρμογή μετά ένα χρόνο ήταν 32%, και 28% σε εφαρμογή μετά πέντε χρόνια. Παράλληλα, εφαρμογή του ηλεκτρικού ερεθισμού γίνεται και για αναλγησία από πόνους στο κολόβωμα με τοπική ή αντανakλαστική θεραπεία.

Μια από τις πολύ ενδιαφέρουσες εφαρμογές του TENS είναι για τον πόνο του καρκίνου, ιδιαίτερα στην εξέλιξή του. Η πετυχημένη εφαρμογή του επιτρέπει στον άρρωστο να είναι ενεργητικός και δραστήριος, να αισθάνεται άνετα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να περιορίζει σημαντικά τη λήψη των παυσίπονων φαρμάκων. Αυτό γίνεται πιο φανερό στα τελικά στάδια της πάθησης όπου ολοκληρώνεται η διαδικασία και χρειάζονται πολύ μεγάλες δόσεις αναλγητικών φαρμάκων· ο TENS, πέρα από το ότι περιορίζει τη χρήση πολλών φαρμάκων, προσφέρει στον άρρωστο και μια ικανοποιητική ανακούφιση του πόνου. Έτσι δίνουμε τη δυνατότητα στον ασθενή με καρκίνο, να ζήσει όσο το δυνατό πιο ενεργητικά, ανακουφίζοντας τον πόνο του, και να μην παραμένει αδρανής και κατεσταλμένος από τα οπιοειδή αναλγητικά, περιορίζοντας παράλληλα και τις ανεπιθύμητες παρενέργειές των (Μπάκας 1985).

ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ TENS

Η κλινική αποτελεσματικότητα ενός θεραπευτικού παράγοντα ή μιας θεραπευτικής παρέμβασης είναι αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, όταν η ερευνητική μελέτη που την παρουσιάζει στηρίζεται στην εφαρμογή προκαθορισμένων αρχών και κανόνων, που αφορούν είτε την εκτίμηση της μεθοδολογικής της ποιότητας είτε την κλινική της χρησιμότητα.

Οι πλέον ενδεδειγμένες μελέτες ή πρότυπα για την εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας των θεραπευτικών παραγόντων ή παρεμβάσεων στην Ιατρική είναι οι τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες (randomized controlled trials, RCTs), αν και εκφράζονται και κάποιες επιφυλάξεις σε σχέση με την εξωτερική εγκυρότητα, τη δυσκολία διεξαγωγής τους και την σπανιότητα επαρκών RCTs. Η διαδικασία της τυχαιοποίησης εξασφαλίζει την παρόμοια κατανομή των πιθανών συγχυτικών παραγόντων στις ομάδες που

συγκρίνονται, εάν βεβαίως ο αριθμός των συμμετεχόντων είναι επαρκής. Στις RCTs οι ασθενείς πρέπει να κατανέμονται στις δυο ομάδες (παρέμβασης ή ενεργού θεραπείας, υποκριτικής θεραπείας (placebo) ή ελέγχου) με αμερόληπτο τρόπο, μέσω της διαδικασίας απόκρυψης της τυχαιοποίησης. Η εγκυρότητα της σύγκρισης των τυχαιοποιημένων ομάδων εξασφαλίζεται όταν ο εκτιμητής δεν γνωρίζει σε ποια ομάδα ανήκει ο ασθενής (διπλή τυφλή ή [τριπλή τυφλή όταν και ο ερευνητής δε γνωρίζει την ομάδα κατανομής]) και η αποτελεσματικότητα διαφυλάσσεται με τη λεγόμενη ανάλυση με βάση την αρχική θεραπευτική πρόθεση.

Πολλές από τις πρόωρες δημοσιεύσεις κλινικών μελετών, αλλά και μια πλειονότητα μελετών που παρουσιάζονται μέσω του διαδικτύου ή της βιβλιογραφίας, στερούνται των χαρακτηριστικών των RCTs και δε θεωρούνται αξιολογήσιμες. Αυτό αφορά και μελέτες για την εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα του TENS, για τον οποίο θα πρέπει να προκαθορισθούν τα κριτήρια παρέμβασής του, ώστε να έχουμε μελέτες με όχι διφορούμενα αποτελέσματα είτε μεθοδολογικά είτε κλινικά, όπως θα δούμε παρακάτω.

Πρόσφατα, συστηματικές ανασκοπήσεις υποστηρίζουν ότι ο TENS είναι κλινικά αποτελεσματικός. Η Bandolier, η εφημερίδα για θέματα φροντίδας υγείας, που βασίζεται σε ενδείξεις (στοιχεία) και χρησιμοποιεί τα ευρήματα συστηματικών ανασκοπήσεων, για να παρέχει τις “κλινικές βασικές γραμμές” δηλώνει ότι: “ο TENS δεν είναι αποτελεσματικός στην ανακούφιση του μετεγχειρητικού πόνου”, “ο TENS δεν ανακουφίζει τον πόνο κατά τη διάρκεια του τοκετού, ούτε μειώνει την χρήση επιπλέον αναλγησίας”, “υπάρχει έλλειψη στοιχείων για την αποτελεσματικότητα του TENS [για τον χρόνιο πόνο] στο συνιστώμενο χρονοδιάγραμμα θεραπείας”.

Όταν κάποιος θέλει να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του TENS, θα πρέπει πρώτα να απομονώσει τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τη δράση της παροχής ρεύματος αυτής καθ'εαυτής. Πολλές πρόωρες μελέτες στερήθηκαν κατάλληλο έλεγχο και γι'αυτό οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν σε μελέτες θα μπορούσαν να οφείλονται στην προσδοκία των ασθενών ότι ο TENS θα μπορούσε να μειώσει τον πόνο. Επιπλέον, πολλές πρόσφατες μελέτες στερούνται τυχαιοποίησης οδηγώντας σε υπερεκτίμηση των αποτελεσμάτων της θεραπείας. Αυτό αποδείχθηκε χαρακτηριστικά από τους Carroll και συν., οι οποίοι βρήκαν ότι 17/19 ελεγχόμενες κλινικές μελέτες οι

οποίες δεν ήταν τυχαιοποιημένες αναφέρουν ότι ο TENS ήταν ευεργετικός για τον μετεγχειρητικό πόνο, ενώ 15/17 δοκιμές οι οποίες ήταν τυχαιοποιημένες αναφέρουν ότι δεν ήταν. Πρόσφατα ένας αριθμός συστηματικών ανασκοπήσεων και μετα-αναλύσεων του TENS έχουν προκαλέσει την πεποίθηση ότι τα αποτελέσματά του είναι κλινικά σημαντικά και /ή το αποτέλεσμα του ηλεκτρικού ρεύματος του ίδιου.

TENS και οξύς πόνος

Στη μοναδική συστηματική ανασκόπηση του Reeve και των συνεργατών του (1996), ανασκοπήθηκαν μελέτες με διάφορες καταστάσεις πόνου όπως: οδοντιατρικές παρεμβάσεις, αυχεναλγίες, δυσμηνόρροια και στοματοπροσωπικός πόνος. Σε 7/14 RCTs δείχθηκε ότι ο TENS είχε ευεργετικά αποτελέσματα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, αλλά συμπερασματικά τα αποτελέσματα αποτελούν αμφισβητούμενη απόδειξη λόγω της μεθοδολογικής ανεπάρκειας των μελετών.

TENS και μετεγχειρητικός πόνος

Συνήθως στις μετεγχειρητικές καταστάσεις ο TENS χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική παρέμβαση και όχι ως αυτόνομη θεραπεία. Πρόσφατες αναφορές προτείνουν ότι ο TENS μειώνει τον μετεγχειρητικό πόνο και την κατανάλωση οπιοειδών (Hymes 1974, Scuster 1980, Ali 1981). Ωστόσο μία αξιολόγηση της τεχνολογίας υγείας από τους Reeve και συν.1996 ανέφερε ότι ο TENS έχει όφελος μόνο σε 12/20 τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες (RCTs). Μία συστηματική ανασκόπηση των Carroll και συν. 1996 ανέφερε επίσης ότι ο TENS δεν είχε σημαντικό όφελος σε σύγκριση με placebo θεραπεία σε 15/17 RCTs. Και οι δύο ανασκοπήσεις χρησιμοποίησαν την ανακούφιση του πόνου ως το κύριο μέτρο έκβασης, αν και οι ασθενείς σε μερικές από τις μελέτες είχαν πρόσβαση σε επιπρόσθετα αναλγητικά φάρμακα και έτσι η υποκριτική (sham) ομάδα και η ομάδα ενεργητικού TENS θα μπορούσαν να αναλύσουν ποσοτικά την κατανάλωση αναλγητικών, ώστε να πετύχουν παρόμοια επίπεδα ανακούφισης του πόνου. Υπήρχαν επίσης μικρότερες ασυνέπειες στις κρίσεις εκβάσεων των μελετών μεταξύ των

κριτικών, εξαιτίας της δυσκολίας διχοτόμησης των πολλαπλών κριτηρίων έκβασης στις RCTs. Είναι γνωστό ότι ο TENS θεωρείται λιγότερο αποτελεσματικός για σοβαρούς πόνους, όπως αυτοί που συσχετίζονται με θωρακικές χειρουργικές επεμβάσεις, και παρατηρούνται μειώσεις μόνο σε μέτριο πόνο, πράγμα που απαιτεί ένα μεγάλο δείγμα μεγεθών, ώστε να επιτευχθεί στατιστική δύναμη (Benedetti και συν. 1997). Σε κάποιες RCTs χρησιμοποιήθηκαν δείγματα μεγεθών με ανεπαρκή στατιστική δύναμη για να ανιχνευθούν οι πιθανές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Το 2003 ο Johnson M. και οι συνεργάτες του εκτέλεσαν μια μετα-ανάλυση σε 21 RCTs που υπολογίζει για κάποια από αυτά τα θέματα. Βρήκαν ότι η σημαντική μείωση της κατανάλωσης αναλγητικών μετά τον TENS ήταν 26,5% (εύρος -6% έως +51%) καλύτερα από το placebo. Είναι σημαντικό ότι η ανάλυση μιας υποομάδας 11 μελετών (964 ασθενείς) που εκπλήρωναν τα κριτήριά τους για βέλτιστη δόση TENS (π.χ. ένας δυνατός, υποβλαβής ηλεκτρικός ερεθισμός) ανέφερε μια σημαντικής βαρύτητας μείωση στην κατανάλωση αναλγητικών στο 35,5% (εύρος 14 έως 51%) καλύτερα από το placebo. Στις μελέτες χωρίς ρητή επιβεβαίωση της βέλτιστης δόσης TENS, η σημαντικής βαρύτητας κατανάλωση αναλγητικών ήταν 4,1% (εύρος -10% έως +29%) υπέρ της δράσης του TENS. Η διαφορά υπέρ του επαρκούς ερεθισμού ήταν πολύ σημαντική ($p = 0,0002$). Αυτό προτείνει ότι η επαρκής τεχνική εφαρμογή του TENS είναι απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί ένα αποτέλεσμα.

TENS και πόνος τοκετού

Οι Augustinsson και συν. 1977 καινοτόμησαν με τη χρήση του TENS στον πόνο τοκετού, διαβιβάζοντας ρεύματα σε περιοχές του νωτιαίου μυελού που ανταποκρίνονται στην εισαγωγή βλαβοαντιληπτικών (nociceptive) κεντρομόλων και σχετίζονται με το πρώτο και δεύτερο στάδιο του τοκετού (π.χ. Θ10-Ο1 και Ι2-Ι4 αντίστοιχα). Πρόσφατες αναφορές της επιτυχίας του TENS είχαν ως αποτέλεσμα το σχεδιασμό εξειδικευμένων μαιευτικών συσκευών TENS με διπλό κανάλι εξόδου και ελέγχους “προώθησης” για τον πόνο της σύσπασης. Παρά την εκτεταμένη χρήση του TENS, οι συστηματικές ανασκοπήσεις συμπεραίνουν ότι ο TENS δίνει μικρή, αν παρέχει, ανακούφιση από τον πόνο κατά τη διάρκεια του τοκετού (Reeve 1996, Carroll, Moore

1997, Carroll, Tramer 1997). Οι Carroll και συν. ανέφεραν ότι 10/10 RCTs έδειξαν πως τα αποτελέσματα της ανακούφισης από τον πόνο που παράγεται από τον TENS δεν ήταν πολύ μεγαλύτερα από τον υποκριτικό TENS ή από τη μη ελεγχόμενη θεραπεία. Ωστόσο η αυτοαναφορά της ανακούφισης του πόνου μπορεί να είναι συμβιβασμένη με την πρόσβαση σε επιπρόσθετα αναλγητικά, σε κάποιες από τις RCTs. Το εύρημα ότι αυτή η αναλγητική παρέμβαση μπορεί να είναι λιγότερο πιθανή με τον TENS, όπως αναφέρεται στη αυθεντική συστηματική ανασκόπηση (Carroll, Tramer), δεν επιβεβαιώθηκε στη νέα ανασκόπηση, όταν προστέθηκαν τα δεδομένα από μια επιπλέον μελέτη (Carroll, Moore)

Αυτά τα ευρήματα φαίνεται να συγκρούονται με την κλινική εμπειρία όπου οι μαίες και οι ασθενείς ανέφεραν ικανοποίηση από τα αποτελέσματα του TENS (Johnson 1997). Είναι δυνατόν, οι εκτιμήσεις της ανακούφισης του πόνου, να ήταν επηρεασμένες από ταλαντευόμενες συναισθηματικές και φυσικές καταστάσεις κατά τη διάρκεια του τοκετού. Κι αυτό, γιατί μια μελέτη βρήκε ότι σημαντικά περισσότερες γυναίκες και μαίες υποστήριζαν τον ενεργό παρά τον υποκριτικό TENS, όταν καταγράφονται τα αποτελέσματα, κάτω από δύσκολες καταστάσεις στο τέλος του τοκετού (Harrisson 1986). Μετά τον τοκετό οι γυναίκες μοιάζουν να είναι περισσότερο χαλαρές και ίσως περισσότερο ικανές να εκφράσουν τα αποτελέσματα της επέμβασης. Οι συστηματικές ανασκοπήσεις επίσης, συμπεριλάμβαναν RCTs που χρησιμοποίησαν μη συμβατικές συσκευές TENS (Champagne 1984, Wattrisse 1993). Αυτές οι μελέτες χρησιμοποίησαν ρεύματα Limoge, τα οποία διανέμονται διακρανιακά και διαφέρουν καθαρά από τον συμβατικό μαιευτικό TENS. Είναι ενδιαφέρον ότι και οι δυο μελέτες αναφέρουν ότι τα ρεύματα Limoge παράγουν φτωχά αναλγητικά αποτελέσματα, όταν συγκρίθηκαν με τα ψεύτικα ή τη μη ελεγχόμενη θεραπεία.

TENS και χρόνιος πόνος

Ένας μεγάλος αριθμός κλινικών μελετών προτείνει ότι ο TENS είναι χρήσιμος για τον χρόνιο πόνο. Τρεις συστηματικές ανασκοπήσεις εξέτασαν την αποτελεσματικότητα του TENS σε μικτούς πληθυσμούς ασθενών με χρόνιο πόνο. Ο Reeve και οι συν. ανασκόπησαν 20 μελέτες διαφόρων καταστάσεων πόνου όπως: οσφυαλγίες, παγκρεατίτιδες, αρθρίτιδες και στηθάγχη. Ανέφεραν ότι ο TENS ήταν περισσότερο αποτελεσματικός από τον υποκριτικό ($\eta=7$) ή την καθόλου θεραπεία ($\eta=2$) σε 9/20 RCTs (Reeve 1996). Οι McQuay και Moore (1988) ανασκόπησαν 24 μελέτες αντίστοιχων καταστάσεων πόνου: οσφυαλγία, παγκρεατίτιδα, οστεοαρθρίτιδα και δυσμηνόρροια και δήλωσαν ότι ο TENS ήταν καλύτερος από τον υποκριτικό TENS, τα χάπια placebo, ή τις ακατάλληλες τοποθετήσεις ηλεκτροδίων σε 10/24 RCTs. Οι Carroll και συν. ανέφεραν ότι ο TENS παρείχε καλύτερη ανακούφιση του πόνου από τον υποκριτικό ή την καθόλου θεραπεία σε 10/15 RCTs που περιείχαν καταστάσεις πόνου όπως η προηγούμενη συστηματική ανασκόπηση. Όλοι οι κριτικοί συμπέραναν ότι τα στοιχεία για τον TENS στον χρόνιο πόνο δεν ήταν αποτελεσματικά (Carroll 2001). Οι ανασκοπήσεις σε ειδικούς πληθυσμούς ασθενών με χρόνιο πόνο είναι επίσης χωρίς συμπέρασμα.

Η μετα-ανάλυση για χρήση οποιασδήποτε μορφής ηλεκτρικού ερεθισμού, σε 170 ασθενείς με **επώδυνο ώμο** μετά από εγκεφαλικό, δε βρήκε σημαντική αλλαγή στην πρόκληση του πόνου (odds ratio = 0,64) ή την ένταση του πόνου (standardized mean difference (SMD) = 0,13) μετά από ηλεκτρικό ερεθισμό συγκρινόμενο με έλεγχο (Price 2001). Στις 4 RCTs που περιελήφθησαν, χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τύποι ηλεκτρικού ερεθισμού, καθώς και TENS και λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός. Έτσι, οι παράμετροι ερεθισμού ήταν διαφορετικές και δε συνέκριναν “όπως με ομοειδή”, ενώ τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μετρήσεις του πόνου, της τροχιάς της παθητικής έξω στροφής του βραχιονίου, του αποτελέσματος της κίνησης και του αποτελέσματος της σπαστικότητας. Ωστόσο, ο ηλεκτρικός ερεθισμός αποδεικνύει το ελεύθερο από πόνο εύρος της παθητικής έξω στροφής του βραχιονίου (weighted mean difference (WMD) = 9,17) και μειώνει τη σοβαρότητα του γληνοβραχιονίου υπεξαρθρήματος (SMD = -1,13).

Για τον **οσφυϊκό πόνο**, τα ευρήματα των ανασκοπήσεων ήταν αντιφατικά. Η μετα-ανάλυση σε 321 ασθενείς αναφέρει όχι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ ενεργού και υποκριτικού TENS για την ανακούφιση του πόνου (Milne 2001, Brosseau 2002). Επιλέχθηκαν 5 RCTs που πληρούσαν τις προϋποθέσεις, με καθορισμένο ως χρόνιο πόνο τον πόνο διάρκειας άνω των 3 μηνών. Υπήρξε μια μεγάλη ποικιλία στην διάρκεια εφαρμογής του TENS που κυμαινόταν από 1 θεραπεία την ημέρα για 2 διαδοχικά ημέρες, σε 3 θεραπείες την ημέρα για 4 εβδομάδες.

Αντίθετα η μετα-ανάλυση σε 288 ασθενείς (6 RCTs) αναφέρει ότι ο TENS μείωσε τον πόνο και αύξησε το εύρος της κίνησης (Gadsby 2000, Flowerdew 1997). Η γενική ασυνήθιστη αναλογία (odds ratio) της ανακούφισης του πόνου έναντι του placebo ήταν μόνο 2,11, αν και παρά την ασυνήθιστη αναλογία 7,22 αναφέρθηκε ευνοϊκά προς τον AI-TENS. Ωστόσο RCTs στον AI-TENS δε δηλώνουν ότι ο TENS παράγει μυϊκές συσπάσεις, οι οποίες προαπαιτούνται για τον AI-TENS.

Η μετα-ανάλυση για το αποτέλεσμα του TENS στον πόνο που σχετίζεται με **πρωτοπαθή δυσμηνόρροια** σε 213 ασθενείς (8 RCTs) αναφέρει ότι ο υψηλής συχνότητας αλλά όχι χαμηλής συχνότητας TENS ήταν περισσότερο αποτελεσματικός για την ανακούφιση του πόνου απ' ότι ο υποκριτικός (Proctor 2002).

Η μετα-ανάλυση 294 ασθενών με **οστεοαρθρίτιδα γόνατος** αναφέρει ότι ο TENS παρέχει σημαντικά καλύτερη ανακούφιση από τον πόνο και μείωση της δυσκαμψίας από ό,τι το placebo (Osiri 2002). 7 RCTs επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ο συμβατικός και ο ηλεκτροβελονιστικός TENS. Το μήκος εφαρμογής της θεραπείας ποίκιλε από μια ενιαία 30 λεπτών εφαρμογή σε διάφορες εφαρμογές καθημερινά για πάνω από 6 εβδομάδες. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν οι αξιολογήσεις του πόνου, η δυσκαμψία, η αρθρική περιφέρεια και η μυϊκή δύναμη.

Όλοι οι κριτικοί συμπεραίνουν ότι η χαμηλής ποιότητας μεθοδολογία των μελετών του TENS συμβάλλει στην αβεβαιότητα των κλινικών στοιχείων για την αποτελεσματική χρήση στο χρόνιο πόνο. Υποδοσολογία του TENS έχει αναγνωρισθεί ως πρόβλημα και μερικές μελέτες μετράνε την έκβαση μετά από μια μοναδική παρέμβαση με TENS ή ακολουθώντας μια πορεία από διακοπτόμενες θεραπείες TENS (Carroll 2001). Αυτό διαφέρει από την κλινική

πρακτική όπου οι μακροχρόνιοι χρήστες του TENS το διανέμουν σε μακρές χρονικές περιόδους, επειδή τα αποτελέσματα του TENS φαίνεται να είναι τα πιο μεγάλα όταν η συσκευή είναι ανοικτή (Johnson 1991).

Παρ' όλα αυτά η αβεβαιότητα για την κλινική αποτελεσματικότητα των τυποποιημένων συσκευών TENS για την ανακούφιση του πόνου έχει αμφισβητηθεί ως ένας βιώσιμος τρόπος θεραπείας. Οι προσπάθειες για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας με την αναζήτηση για καλύτερες ρυθμίσεις των ερεθιστών υπήρξαν αποτυχημένες. Ως αποτέλεσμα, οι επαγγελματίες φροντίδας της υγείας στρέφονται σε εμπορικά διαθέσιμες συσκευές που μοιάζουν με TENS με νέα χαρακτηριστικά που έχουν προκύψει από άλλους τομείς της φροντίδας υγείας. Προς το παρόν, οι πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα των συσκευών που μοιάζουν με TENS είναι περιορισμένες και οι αποφάσεις για την επιλογή συσκευής βασίζονται σε αβέβαιες πηγές όπως οι κατασκευαστές υλικών ή αυτά που ακούνε από τους συναδέλφους τους. Χρειάζεται αξιολόγηση των θετικών, μερικών από τις διαθέσιμες εμπορικές συσκευές που μοιάζουν με TENS.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βασική αρχή για κάθε θεραπευτική εφαρμογή που εστιάζεται πάνω σε οποιαδήποτε επώδυνη κατάσταση είναι να καθοριστεί πρώτα η αιτία που προκαλεί τον πόνο. Αυτό είναι μια μεγάλη πραγματικότητα για κάθε επώδυνη κατάσταση που πιθανό να οφείλεται σε κάποια οργανική βλάβη. Στις περιπτώσεις όμως εκείνες που ο πόνος αποτελεί έναν κρίκο στην αλυσίδα των συμπτωμάτων του ασθενή είναι φυσικό η θεραπεία να κατευθύνεται πάνω στον ίδιο τον πόνο για να είναι και η αντιμετώπισή του αποτελεσματική.

Σχετικά με την αποτελεσματικότητα των διαφόρων μεθόδων θεραπείας, θα μπορούσαμε να επισημάνουμε τα εξής:

- Η αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε συμπτωματικής θεραπείας θα πρέπει να εκτιμάται με μεγαλύτερη βαρύτητα πάνω στους κινδύνους ή στις παρενέργειες που μπορεί να προκαλέσει. Θεραπευτική αγωγή με αναλγητικά φάρμακα για την αντιμετώπιση του χρόνιου πόνου και χειρουργικές διαδικασίες ελλοχεύουν παρενέργειες και επιπλοκές με δυσμενή αποτελέσματα ιδιαίτερα σε χρόνιες καταστάσεις .

- Η μέσω του ηλεκτρικού ερεθισμού αναλγησία εκφράζεται με την εφαρμογή κυρίως του διαδερματικού ηλεκτρικού νευρικού ερεθισμού (TENS). Στη συμπτωματική αναλγησία του οξύ και του χρόνιου πόνου, ο TENS έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί πολύ εύκολα, αρκεί να υπάρχει η κατάλληλη γνώση. Η εφαρμογή μπορεί να γίνει ακόμη και απ' τον ίδιο τον ασθενή, αρκεί να ενημερωθεί σωστά, ως επέκταση της θεραπείας του στο σπίτι. Και μέχρι τώρα, έχει διαπιστωθεί ότι αυτή η εφαρμογή δεν προκαλεί βασικές παρενέργειες και επιπλοκές.

- Ο διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός χρησιμοποιείται κλινικά από πολλές ειδικότητες επαγγελματιών υπηρεσιών υγείας. Όπως είδαμε και πιο πάνω, η κλινική αποτελεσματικότητά του είναι αμφισβητούμενη, με μερικές μελέτες να υποστηρίζουν τη χρήση του, ενώ άλλες την αντικρούουν. Αυτή

βέβαια η αμφισβήτηση προκύπτει, κατά βάση, λόγω των μη προκαθορισμένων παραμέτρων ερεθισμού (δηλ. συχνότητα, ένταση και διάρκεια παλμού, τοποθέτηση ηλεκτροδίων κ.ά.), αλλά και των μεθοδολογικά ανεπαρκών κλινικών μελετών (λόγω ποικίλλου πληθυσμού, μέτρων έκβασης και αξιολόγησης, έλλειψης τυχαιοποίησης), δε μειώνει ωστόσο την κλινική εφαρμογή του. Είτε μεμονωμένα είτε μαζί με άλλα θεραπευτικά μέσα, ο TENS αποτελεί μια αξιόπιστη συμπληρωματική θεραπευτική παρέμβαση. Οι μελλοντικές ορθολογικές κλινικές μελέτες, βασισμένες σε αντικειμενικά στοιχεία, ίσως δώσουν τις απαντήσεις που εμπειρικά διαπιστώνουμε στην καθημερινή πράξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

1. Μπάκας Ελευθέριος. Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση. Αθήνα. «ΖΗΤΑ». 1985.
2. Γιόκαρης Παναγιώτης. Κλινική Ηλεκτροθεραπεία. Αθήνα. ΓΡΑΜΜΑ Α.Ε. 1992.
3. Φραγκοράπτης Ελευθέριος. Εφαρμοσμένη Ηλεκτροθεραπεία. Θεσσαλονίκη. ΠΕΤΡΟΥΛΑ. 1994.
4. Kandel E. R., Schwartz J. H., Jessel T. M., Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά. Ηράκλειο. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. 1999.
5. Guyton & Hall: Εγχειρίδιο Ιατρικής Φυσιολογίας. Επιμέλεια: Άγγελος Ευαγγέλου. Επιστημονικές Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Ο.Ε. 2004.
6. Σημειώσεις Φυσιολογίας. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: “Η αντιμετώπιση του πόνου”, Ιωάννινα, 2005.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Woolf C, Thompson J. Stimulation-induced analgesia: Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and vibration. In Patrick D. Wall, Ronald Melzack eds. Textbook of PAIN. Churchill Livingstone.1994.1191-1208.
2. Melzack R, Wall PD: Pain mechanisms: A new theory. Science 150:971-978, 1965.
3. Wall PD, Sweet WH: Temporary abolition of pain in man. Science 155:108-109, 1967.
4. Johnson M. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). In: Kitchen S ed. Electrotherapy: evidence-based practice. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2001: 259-286.
5. Walsh D. *TENS*. Clinical applications and related theory. New York: Churchill Livingstone, 1997.
6. Chabal C, Fishbain DA, Weaver M, Heine LW. Long-term transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) use: impact on medicationutilization and physical therapy costs. *Clin J Pain*1998; 14: 66–73.
7. Bandolier. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in postoperative pain. *Bandolier* 1999; (July). Available from: [URL:http://www.jr2.ox.ac.uk/bandolier/booth/painpag/Acutrev/Other/AP19.html](http://www.jr2.ox.ac.uk/bandolier/booth/painpag/Acutrev/Other/AP19.html) [Accessed 16-Jan-03]
8. Bandolier. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in labour pain. *Bandolier* 1999; (July). Available from: [URL:http://www.jr2.ox.ac.uk/bandolier/booth/painpag/Acutrev/labour/AP001.html](http://www.jr2.ox.ac.uk/bandolier/booth/painpag/Acutrev/labour/AP001.html) [Accessed 16-Jan-03]
9. Bandolier. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in chronic pain. *Bandolier* 1999; (July). Available from:

URL:<http://www.jr2.ox.ac.uk/bandolier/booth/painpag/Chronrev/Other/CP074.html> [Accessed 16-Jan-03]

10. Sjölund B, Eriksson M, Loeser J. Transcutaneous and implanted electric stimulation of peripheral nerves. In: Bonica J ed. *The management of pain*. Philadelphia, PA: Lea and Febiger, 1990: 1852–61.
11. Johnson MI. A critical review of the analgesic effects of TENS-like devices. *Phys Ther Rev* 2001;6: 153–73.
12. Mannheimer J, Lampe G. *Clinical transcutaneous electrical nerve stimulation*. Philadelphia, PA: FA Davis, 1988.
13. Sjölund BH. Peripheral nerve suppression of C-fiber stimulation-evoked flexion reflex in rats. Part 1: Parameters of continuous stimulation. *J Neurosurg* 1985; 63: 612–16.
14. Sjölund BH. Peripheral nerve stimulation suppression of C-fiber-evoked flexion reflex in rats. Part 2: Parameters of low-rate train stimulation of skin and muscle afferent nerves. *J Neurosurg* 1988; 68: 279–83.
15. Johnson MI, Ashton CH, Bouseld DR, Thompson JW. Analgesic effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Pain* 1989; 39: 231–36.
16. Johnson MI, Ashton CH, Thompson JW. The consistency of pulse frequencies and pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) used by chronic pain patients. *Pain* 1991;44: 231–34.
17. Johnson MI. The analgesic effects and clinical use of acupuncture-like TENS (AL-TENS). *Phys Ther Rev* 1998; 3: 73–93.
18. Meyerson B. Electrostimulation procedures: effects presumed rationale, and possible mechanisms. In: Bonica J, Lindblom U, Iggo A eds. *Advances in pain research and therapy*, vol. 5. New York: Raven, 1983: 495–534.
19. Walsh DM. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture points. *Complementary Ther Med* 1996; 4: 133–37.
20. Melzack R, Vetere P, Finch L. Transcutaneous electrical nerve stimulation for low back pain. A comparison of TENS and massage for pain and range of motion. *Phys Ther* 1983; 63: 489–93.
21. Levin M, Hui-Chan C. Conventional and acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation excite similar afferent fibers. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 54–60.
22. Chung JM, Fang ZR, Hori Y, Lee KH, Willis WD. Prolonged inhibition of primate spinothalamic tract cells by peripheral nerve stimulation. *Pain* 1984; 19:259–75.
23. Woolf CJ, Mitchell D, Barrett GD. Antinociceptive effect of peripheral segmental electrical stimulation in the rat. *Pain* 1980; 8: 237–52.
24. Carrol EN, Badura AS. Focal intense brief transcutaneous electric nerve stimulation for treatment of radicular and postthoracotomy pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 262–64.
25. Carroll D, Tramer M, McQuay H, Nye B, Moore A. Randomization is important in studies with pain outcomes: systematic review of transcutaneous electrical nerve stimulation in acute postoperative pain. *Br J Anaesth* 1996; 77: 798–803.
26. Hymes A, Raab D, Yonchiro E, Nelson G, Printy A. Electrical surface stimulation for control of postoperative pain and prevention of ileus. *Surg Forum* 1974; 65: 1517–20.

27. Schuster G, Infante M. Pain relief after low back surgery: the efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain* 1980; 8: 299–302.
28. Ali J, Yaffe C, Serrette C. The effect of transcutaneous electric nerve stimulation on postoperative pain and pulmonary function. *Surgery* 1981; 89: 507–12.
29. Reeve J, Menon D, Corabian P. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): a technology assessment. *Int J Technol Assess Health Care* 1996;12: 299–324.
30. Benedetti F, Amanzio M, Casadio C *et al.* Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 773–76.
31. Bjordal J, Johnson M, Ljunggren A. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *Eur J Pain* 2003;7: 181–188.
32. Augustinsson L, Bohlin P, Bundsen P *et al.* Pain relief during delivery by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain* 1977; 4: 59–65.
33. Carroll D, Moore A, Tramer M, McQuay H. Transcutaneous electrical nerve stimulation does not relieve in labour pain: updated systematic review. *Contemp Rev Obstet Gynaecol* 1997; 9:195–205.
34. Carroll D, Tramer M, McQuay H, Nye B, Moore A. Transcutaneous electrical nerve stimulation in labour pain: a systematic review. *Br J Obstet Gynaecol* 1997; 104: 169–75.
35. Johnson MI. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in the management of labour pain: the experience of over ten thousand women. *Br J Midwifery* 1997; 5: 400–405.
36. Harrison R, Woods T, Shore M, Mathews G, Unwin A. Pain relief in labour using transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). A TENS/TENS placebo controlled study in two parity groups. *Br J Obstet Gynaecol* 1986; 93: 739–46.
37. Champagne C, Papiernik E, Thierry JP, Noviant Y. [Transcutaneous cerebral electric stimulation by Limoge current during labor.] *Ann Fr Anesth Reanim* 1984; 3: 405–13.
38. Watrisse G, Leroy B, Dufosse F, Bui Huu Tai R. [Transcutaneous electric stimulation of the brain: a comparative study of the effects of its combination with peridural anesthesia using bupivacaine-fentanyl during obstetric analgesia.] *Cah Anesthesiol* 1993;41: 489–95.
39. McQuay H, Moore A. TENS in chronic pain. In: McQuay H, Moore A eds. *An evidence-based resource for pain relief*. Oxford: Oxford University Press, 1998: 207.
40. Carroll D, Moore RA, McQuay HJ, Fairman F, Tramer M, Leijon G. *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain* [Cochrane review]. In: The Cochrane Library, Issue 4, 2001; Oxford: Update Software.
41. Price CI, Pandyan AD. Electrical stimulation for preventing and treating post-stroke shoulder pain: a systematic Cochrane review. *Clin Rehabil* 2001; 15:5–19.
42. Price CI, Pandyan AD. *Electrical stimulation for preventing and treating post-stroke shoulder pain* [Cochrane review]. In: The Cochrane Library, Issue 4, 2001; Oxford: Update Software.

43. Milne S, Welch V, Brosseau L *et al.* *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic low back pain* [Cochrane Review]. In: The Cochrane Library, Issue 4, 2001; Oxford: Update Software.
44. Brosseau L, Milne S, Robinson V *et al.* Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a metaanalysis. *Spine* 2002; 27: 596–603.
45. Gadsby JG, Flowerdew MW. *Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation for 154 MI Johnson Pain Reviews* 2001; 8: 121–158 *chronic low back pain* [Cochrane review]. In: The Cochrane Library, Issue 2, 2000; Oxford: UpdateSoftware.
46. Flowerdew M, Gadsby G, A review of the treatment of chronic low back pain with acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation and transcutaneous electrical nerve stimulation. *Comp Ther Med* 1997; 5: 193-201.
47. Proctor ML, Smith CA, Farquhar CM, Stones RW, Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture for primary dysmenorrhoea (Cochrane Review). In: The Cochrane Library, Issue 1, 2002; Oxford: Update Software.
48. Osiri M, Welch V, Brosseau L *et al.* Transcutaneous electrical nerve stimulation for knee osteoarthritis. (Cochrane review). In: The Cochrane Library, Issue 1, 2002; Oxford: Update Software.
49. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of Pain*, Vol 4, No 3 (April), 2003: pp 109-121.
50. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) and TENS-like devices: do they provide pain relief? *MI Johnson Pain Reviews* 2001; 8: 121–158.