



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

# **T**ranscutaneous **E**lectrical **N**erve **S**timulation

(Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός)

**Δρ Σάββας Σπανός**  
**Επίκουρος Καθηγητής**

Κατηγορία	Ομάδα	Κεντρομόλες	Ταχύτ. Αγωγής (m/sec)	Διάμετρος (μ)
Μεγάλες εμμέλες	A-ALPHA A-BETA A-GAMMA (πίεσης, αφής, δόνησης)	I II II	70-120 40-70 30-50 <ουδό ενεργοποίησης <χροναξία	13-22 8-13 5-12
Μικρές εμμέλες	A-DELTA	III	5-15	1-4
Μικρές αμύελες	C	IV	0,2-2 >ουδό ενεργοποίησης >χροναξία	0,2-1

## ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

- Για αντίληψη ερεθίσματος ως οξύς, γρήγορος, κοφτερός πόνος, πρέπει αυτό να ερεθίσει  $A_{\delta}$  κεντρομόλες ίνες, να μεταβιβαστεί στο οπίσθιο νωτιαίο κέρατο (πέταλα I, V), από εκεί διαμέσου του νεονωτιαιοθαλαμιαίου αγωγού στον οπισθοπλάγιο κοιλιακό πυρήνα του θαλάμου, και να τελειώσει στην σωματοαισθητική περιοχή του φλοιού και στην οπισθοκεντρική έλικα.
- Για αντίληψη ερεθίσματος ως πόνος καψίματος ή βαθύς ακαθόριστος πόνος, πρέπει αυτό να ερεθίσει C κεντρομόλες ίνες, να μεταβιβαστεί στο οπίσθιο νωτιαίο κέρατο (πέταλα I, II), και να τελειώσει, διαμέσου του παλαιονωτιαιοθαλαμιαίου αγωγού, στο μέσο και τους ενδοπολυπεταλικούς πυρήνες του θαλάμου.

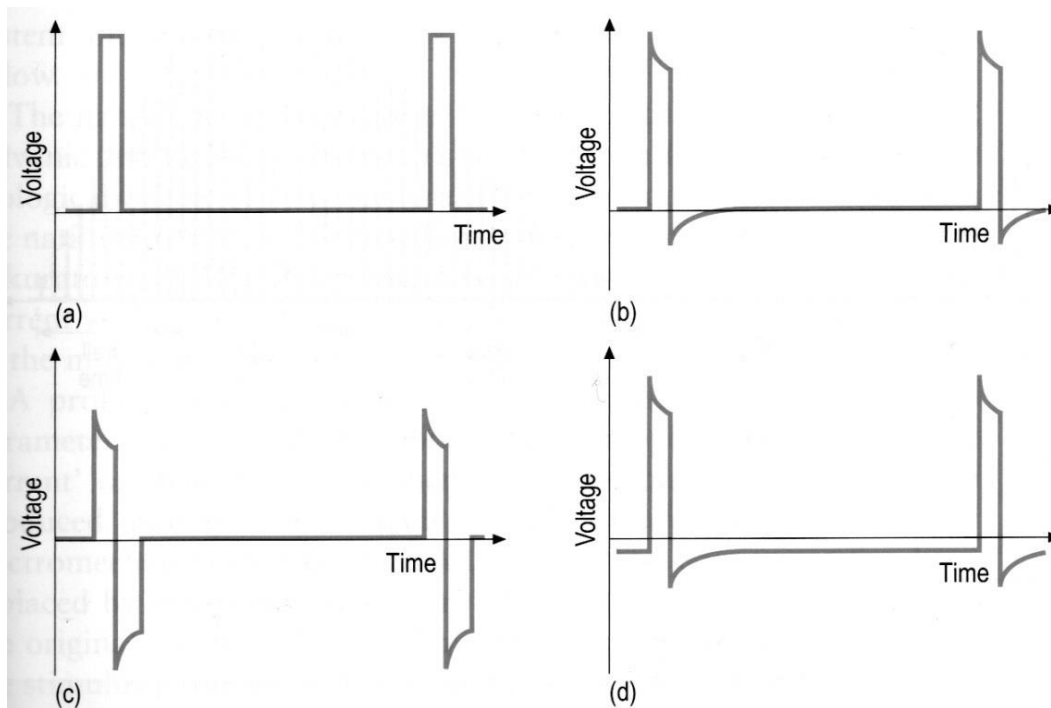
# Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός (TENS)

Επιδρά στα ακόλουθα επίπεδα του Κ.Ν.Σ.:

- Οπίσθιο νωτιαίο κέρατο «Gate control theory»
- Εσωτερικά της 3<sup>ης</sup> και 4<sup>ης</sup> κοιλίας του εγκεφάλου (περιυδραγώγιμη φαιά ουσία), μέσω εγκεφαλινών
- Υπόφυση και υποθάλαμο, μέσω της απελευθέρωσης β-εδορφίνης και δυνορφίνης??? (αυξημένες συγκεντρώσεις στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό).

## TENS

Χαμηλής συχνότητας διφασικό (σπανιότερα μονοφασικό) ρεύμα. Μπορεί να είναι συμμετρικό ή ασύμμετρο. Κλινικά χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση του πόνου.



- (a) μονοφασικό
- (b) διφασικό ασύμμετρο
- (c) διφασικό συμμετρικό
- (d) διφασικό ασύμμετρο εξισορροπημένο

Η εξισορρόπηση προλαμβάνει τον κίνδυνο ηλεκτρόλυσης (λόγω της ροής του ρεύματος προς μία κατεύθυνση) όταν η εφαρμογή του ξεπερνά τα 10min-20min και γίνεται για έλεγχο του πόνου από τον ίδιο τον ασθενή για αρκετές ώρες ανά μέρα.

## Συμβατική μορφή TENS (ή υψηλής συχνότητας ή αισθητικού επιπέδου)

**Επιλεκτική ενεργοποίηση:** Μεγάλη διαμέτρου  $A_{\beta}$  ίνες (αφή).

**Διάρκεια ώσεις:** 75-150  $\mu\text{sec}$ . Σκοπός ο ερεθισμός των μεγάλων εμμύελων  $A_{\beta}$ , οι οποίες έχουν μικρή χροναξία σε σχέση με τις ίνες πόνου που έχουν μεγάλη χροναξία, άρα διάρκεια ώσης μικρότερη της χροναξίας των ινών πόνου. Σε επιλογή διάρκειας ώσης  $<50 \mu\text{sec}$  δεν θα ερεθιστούν οι  $A_{\beta}$ .

**Συχνότητα:** 80-125 Hz (pulses/sec) (μπορεί και ψηλότερα π.χ. 200Hz). Σκοπός το λιγότερο δυσάρεστο αισθητικό αποτέλεσμα για τον ασθενή (οι μεγάλες εμμύελες έχουν μικρή ανερέθιστη περίοδο).

**Ένταση:** Χαμηλή. Σκοπός η αποφυγή, με απόλυτη σιγουριά, του ερεθισμού ινών πόνου αλλά και τις πρόκλησης μυϊκής σύσπασης.

**Επιθυμητή εμπειρία ασθενούς:** Έντονη, μη επώδυνη ηλεκτρική παραισθησία με ελάχιστη (έως καθόλου) μυϊκή δραστηριότητα.

**Διάρκεια εφαρμογής:** Συνεχής όσο διαρκεί ο πόνος. Σε ικανοποιητική ελάττωση του πόνου, διακόπτεται και επανενεργοποιείται με την επανεμφάνιση του πόνου.

**Τοποθέτηση:** Επώδυνη περιοχή – Δερματομιακή.

## Συμβατική μορφή TENS (ή υψηλής συχνότητας ή αισθητικού επιπέδου)

- Ο αισθητηριακός δερματικός ερεθισμός των  $A_{\beta}$  ινών κλείνει την πύλη, σε επίπεδο νωτιαίου μυελού, στα επώδυνα ερεθίσματα που μεταδίδονται κυρίως μέσω των C ινών. Η αναλγησία επιτυγχάνεται συνήθως λίγο μετά την έναρξη εφαρμογής, διαρκεί όσο και ο ερεθισμός ή λίγο περισσότερο, σε κάθε περίπτωση παύει σε λιγότερο από 30min μετά τη διακοπή του ερεθισμού. Αποτελεσματικότερος στον οξύ πόνο.
- Μελέτες ισχυρίζονται ότι ο ερεθισμός με αυτά τα χαρακτηριστικά, εκτός από το επίπεδο του N.M., μπορεί επίσης να τροποποιήσει τα αλγαισθητικά ερεθίσματα στο επίπεδο του εγκεφαλικού στελέχους καθώς και σε υποφλοιώδεις και φλοιώδεις περιοχές συνεπώς να λειτουργήσει και ως ερέθισμα παραγωγής ενδογενών οπιοειδών.
- Αν δεν επιτευχθεί αναλγησία αλλάζει η θέση των ηλεκτροδίων ή εφαρμόζεται άλλη μορφή TENS.
- Στην κλινική πρακτική (δεδομένα Ηνωμένου Βασιλείου) χρησιμοποιείται περισσότερο από τον ίδιο τον ασθενή.

# TENS χαμηλής συχνότητας ή κινητικού επιπέδου (Acupuncture-Like, AL-TENS)

**Ενεργοποίηση:** Μυϊκοί τασεοϋποδοχείς (έμμεσα, μέσω ενεργοποίησης Αα φυγόκεντρων/κινητικών νευρικών ινών).

**Διάρκεια ώσεις:** 100 - 600 msec. Σκοπός η πρόκληση έντονων ερεθισμάτων που να προκαλούν φασική (στιγμαία) μυϊκή σύσπαση, όχι όμως πόνο (η εννευρωμένη μυϊκή ίνα έχει χροναξία 100 -1000 msec, άρα εύκολη μυϊκή σύσπαση χωρίς απαίτηση ιδιαίτερα υψηλής έντασης). Σε περίπτωση μεγαλύτερης διάρκειας (1000 msec), σε συνδυασμό με την υψηλή ένταση, θα δημιουργούσε δυσάρεστο αισθητικό αποτέλεσμα.

**Συχνότητα:** <20 Hz (pulses/sec). Σκοπός η δημιουργία έντονων ερεθισμάτων, σαφώς διαχωρισμένων, για να είναι δυνατόν να μεταβιβαστούν σε ανώτερα επίπεδα του Κ.Ν.Σ. Μεγάλη αύξηση της συχνότητας θα μίκραινεν την διάρκεια παλμού (μεγαλύτερη συχνότητα οδηγεί σε χαμηλότερο αισθητικό αποτέλεσμα).

**Ένταση:** Υψηλή (φασική μυϊκή σύσπαση αλλά όχι επώδυνη). Σκοπός το εντονότερο αισθητικό αποτέλεσμα.

**Επιθυμητή εμπειρία ασθενούς:** Έντονες, μη επώδυνες φασικές μυϊκές συστολές.

**Διάρκεια εφαρμογής:** 15-60min (όσο απαιτηθεί μέχρι ελάττωσης του πόνου).

Ενεργοποίηση του κατιόντος μηχανισμού (περιυδραγωγίμος φαία ουσία και πυρήνας της ραφής) παραγωγής εγκεφαλινών στο Ν.Μ. Ερεθίζει αναπόφευκτα και  $A_{\beta}$ .

**Τοποθέτηση:** Κινητικό σημείο του μυός που συνδέεται με την προέλευση του πόνου (Μυοτομιακή) – Σημείο πυροδότησης του πόνου – Σημείο βελονισμού.



# **TENS χαμηλής συχνότητας ή κινητικού επιπέδου (Acupuncture-Like, AL-TENS)**

- Η αναλγησία ξεκινά βραδύτερα από ότι με την συμβατική μορφή, μπορεί να διαρκέσει 1h μετά την εφαρμογή και με περιοδική αλλά όχι καθημερινή εφαρμογή μπορεί να επιφέρει συνολικά μείωση του πόνου.
- Μπορεί να συνδυαστεί (όχι ταυτόχρονα) με τις άλλες μορφές TENS.
- Η όποια επιτυχία της μεθόδου εκδηλώνεται στο τέλος της εφαρμογής.
- Στην κλινική πρακτική (δεδομένα Ηνωμένου Βασιλείου) χρησιμοποιείται από εξειδικευμένο πρόσωπο.

# TENS επώδυνου επιπέδου

**Ενεργοποίηση:** Μικρής διαμέτρου  $A_{\delta}$  ίνες (πόνος).

**Διάρκεια ώσης:** 100-1000 msec.

**Συχνότητα:** 1-5 pulses/sec.

**Ένταση:** Υψηλή, ικανή να προκαλεί επώδυνα ερεθίσματα (στα όρια αντοχής του ασθενούς).

**Επιθυμητή εμπειρία ασθενούς:** Επώδυνη ηλεκτρική παραισθησία.

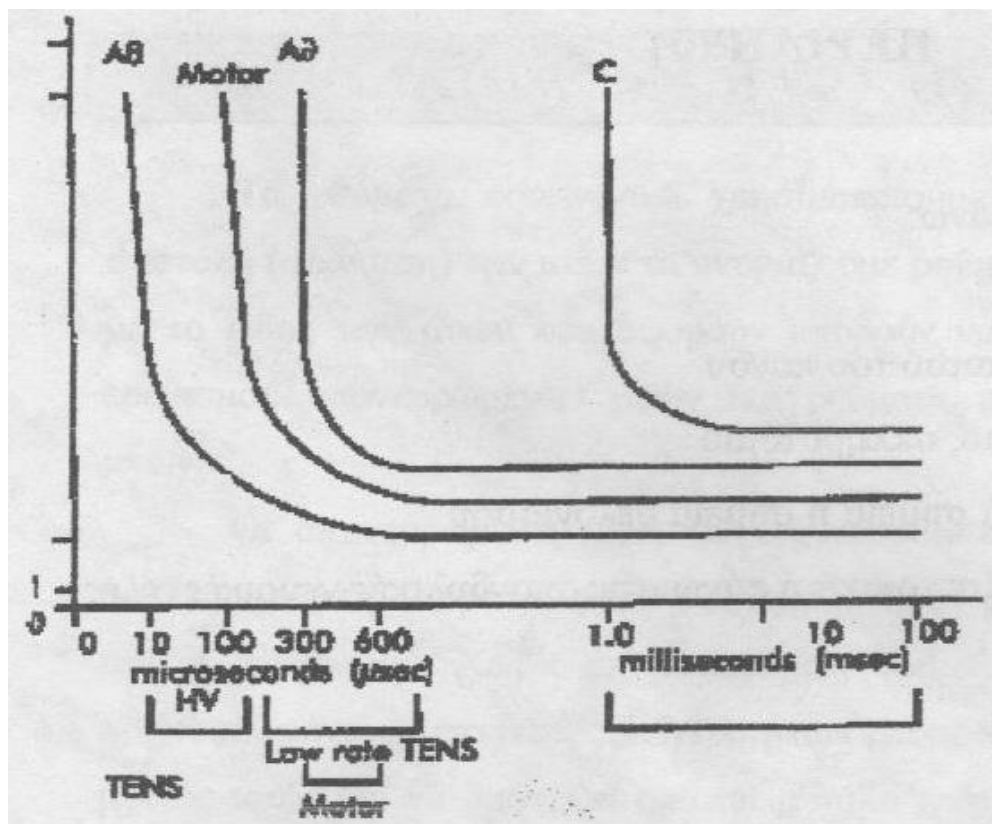
**Διάρκεια εφαρμογής:** ~15 min (εφαρμογές των 30-45sec με ενδιάμεσες παύσεις).

**Τοποθέτηση:** Σημειακή στην περιοχή του πόνου – Σημείο βελονισμού.

- Ο έντονος ερεθισμός των  $A_{\delta}$  ινών που άγουν τον πόνο προκαλεί ενεργοποίηση του μηχανισμού απελευθέρωσης ενδορφινών (υπόφυση) με αποτέλεσμα την παραγωγή εγκεφαλινών στο N.M.
- Παλαιότερη εμπειρία και αντίληψη για τον πόνο (επίπεδο εγκεφαλικού φλοιού) επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα αυτού του μηχανισμού αναλγησίας.
- Σε επιτυχή εφαρμογή, η αναλγησία μπορεί να διαρκέσει αρκετές ώρες (6-7h) μετά την εφαρμογή.
- Στην κλινική πρακτική (δεδομένα Ηνωμένου Βασιλείου) χρησιμοποιείται από εξειδικευμένο πρόσωπο.

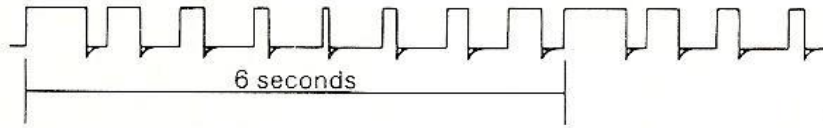
# Φαινόμενο Προσαρμογής

- Το φαινόμενο της προσαρμογής (πιο εμφανές σε μακροχρόνια χρήση ή αυτοθεραπεία) αντιμετωπίζεται με την τροποποίηση (modulation) των διάφορων παραμέτρων του ρεύματος, όπως της συχνότητας και του εύρους παλμού.

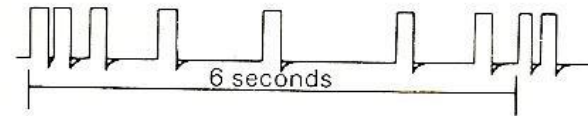


Διαφορετική διάρκεια παλμού προκαλεί ερεθισμό διαφορετικών νευρικών ινών (λόγω της διαφορετικής χροναξίας τους).

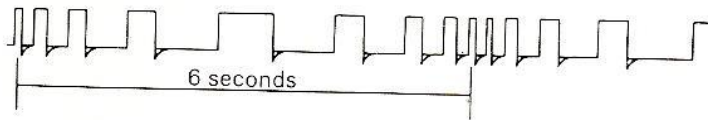
# Τροποποίηση παραμέτρων



*Αλλοίωση διάρκειας παλμών κλασικού TENS  
σε περίοδο 6 δευτερολέπτων*



*Αλλοίωση συχνότητας παλμών κλασικού TENS  
σε περίοδο 6 δευτερολέπτων*



*Αλλοίωση διάρκειας παλμών και συχνότητας ταυτόχρονα,  
κλασικού TENS σε περίοδο 6 δευτερολέπτων*

# Ηλεκτρόδια

- Χρησιμοποιούνται 2 ή 4 ηλεκτρόδια (2 ηλεκτρόδια/κανάλι) τύπου άνθρακα-καουτσούκ.
- Τα ηλεκτρόδια επαλείφονται με gel.
- Σταθεροποιούνται χάρη στο gel ή με αυτοκόλλητες ταινίες αν απαιτείται περισσότερη σταθεροποίηση.
- Στην περίπτωση του TENS επώδυνου επιπέδου χρησιμοποιείται σημειακό ηλεκτρόδιο.

# Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων

- Κοντά ή πάνω στο σημείο του πόνου (αισθητικού επιπέδου, κινητικού επιπέδου)
- Στο ίδιο δερμοτόμιο, μυοτόμιο ή σκληροτόμιο (αισθητικού επιπέδου, κινητικού επιπέδου)
- Σε trigger point (κινητικού επιπέδου, επώδυνου επιπέδου)
- Σε σημεία βελονισμού (κινητικού επιπέδου, επώδυνου επιπέδου)
- Κατά μήκος περιφερικού νεύρου, ιδίως όπου είναι επιφανειακό (αισθητικού επιπέδου)
- Στις σπονδυλικές ρίζες κοντά στη Σ.Σ. (αισθητικού επιπέδου)

# Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων

- Όλες οι τεχνικές σχετίζονται ως προς το θεωρητικό τους υπόβαθρο.
- Το αποτέλεσμα των διάφορων τεχνικών τοποθέτησης ερευνάται.
- Η κάθοδος (ενεργό ηλεκτρόδιο) συνιστάται να τοποθετείται πλησιέστερα στη Σ.Σ. σε σχέση με τα υπόλοιπα ηλεκτρόδια (στην περίπτωση χρήσης μονοφασικού ρεύματος για TENS αισθητικού επιπέδου).
- Επιλέγεται ρομβοειδής, τετράγωνη ή σταυρωτή τοποθέτηση, και ομόπλευρη ή αμφοτερόπλευρη τοποθέτηση.

# Αντενδείξεις

- Αυτές που ισχύουν γενικά για την ηλεκτροθεραπεία

Προσοχή αν πρόκειται να εφαρμοστεί:

- Σε υποαισθητικές περιοχές
- Σε ασθενή που έχει βηματοδότη (πιθανή απορύθμιση)
- Προσθίως του αυχένα, πάνω από τον καρωτιδικό κόλπο (έκκληση πνευμονογαστρικού αντανακλαστικού με συνέπεια οξεία υποτασική αντίδραση - διέγερση λαρυγγικών νεύρων με συνέπεια λαρυγγικό σπασμό)
- Σε καρδιακές αρρυθμίες (αποφεύγεται η τοποθέτηση που ευνοεί την διέλευση του ρεύματος από τον θώρακα)
- Κοντά σε περιοχή με κυκλοφορική ανεπάρκεια (π.χ. θρομβοφλεβίτιδα, λόγω κινδύνου σχηματισμού εμβόλου)
- Σε επιληψία (εκλύει επιληπτικές κρίσεις, ιδιαίτερος η εφαρμογή στον αυχένα και την κεφαλή)
- Μετά από Α.Ε.Ε. (οι πάσχοντες είναι πιο επιρρεπείς σε επιληπτικές κρίσεις)
- Σε κακοήθεια εκτός τελικού σταδίου (το ρεύμα ευνοεί τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων in vitro)
- Σε ευαίσθητο δέρμα (π.χ. σε ηλικιωμένους, έκζεμα κλπ.)
- Για μεγάλο διάστημα (π.χ. αυτοθεραπεία με TENS με κίνδυνο δερματίτιδας)
- Στο πρώτο τρίμηνο της κύησης (άγνωστη η επίδραση στο αναπτυσσόμενο έμβρυο)
- Στην κοιλιακή χώρα σε οποιοδήποτε στάδιο της εγκυμοσύνης (πιθανή πρόκληση συσπάσεων της μήτρας)
- Σε μη συνεργάσιμους ασθενείς (ψυχικά νοσήματα, φοβίες σχετικά με τον ηλεκτρισμό κλπ.)
- Σε περιοχή πρόσφατης εκδήλωσης αιμορραγίας (πιθανή πρόκληση νέας)



# Επιλογή κατάλληλων συσκευών «TENS»

## Έλεγχος των:

- Ποιότητα της συσκευής με βάση συγκριτικά στοιχεία που έχουμε στην διάθεσή μας από διάφορους τύπους συσκευών.
- Δυνατότητα επιλογής μορφών TENS και κυμάτων που παρέχει η συσκευή.
- Δυνατότητα διαφοροποίησης παραμέτρων που παρέχει η συσκευή.

## Επιλογή κατάλληλων ηλεκτροδίων «TENS»

- Γενικά οι διαστάσεις των ηλεκτροδίων επιτρέπεται να είναι σχετικά μικρές (λόγω του χαμηλού μέσου όρου έντασης).
- Μετρίων διαστάσεων ηλεκτρόδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση πόνων μεγάλων μυϊκών μαζών.
- Για ερεθισμό ειδικών σημείων (έχουν πολύ μικρές διαστάσεις), επιλέγονται ηλεκτρόδια πολύ μικρών διαστάσεων.

# Επιλογή κατάλληλων περιοχών τοποθέτησης ηλεκτροδίων «TENS»

- Οι περιοχές τοποθέτησης πρέπει να βασίζονται σε φυσιολογικές και ανατομικές αρχές. Οι επιλογές αυτές εξαρτώνται από την αιτιολογία, την τοποθεσία και τον χαρακτήρα του πόνου.
- Η τελική αίσθηση του πόνου μπορεί να γίνει αντιληπτή τοπικά, να ακτινοβολείται σε απομακρυσμένες περιοχές (ερεθισμός νευρικής ρίζας), ή να βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές (σπλαχνικός πόνος).

# Επιλογή κατάλληλων περιοχών τοποθέτησης ηλεκτροδίων «TENS»

Προϋποθέσεις για χαρακτηρισμό μιας περιοχής ως κατάλληλης για τοποθέτηση ηλεκτροδίων:

- Να είναι περιοχή όπου ο ερεθισμός μπορεί να οδηγηθεί εύκολα στο Κ.Ν.Σ.
- Να είναι περιοχή που μπορεί να εφαρμοστεί καλά το ηλεκτρόδιο.
- Να είναι περιοχή που συνδέεται ανατομικά και φυσιολογικά με την πηγή του πόνου.