



Παρεμβαλλόμενα ρεύματα (Interferential currents)

Δρ Σάββας Σπανός
Επίκουρος Καθηγητής

- **Ρεύματα χαμηλής συχνότητας** χαρακτηρίζονται τα ρεύματα με συχνότητες συνήθως 0-100Hz και μπορεί να φτάσουν μέχρι 1000Hz (ίσως και 3000Hz).
- **Ρεύματα μέσης συχνότητας** χαρακτηρίζονται τα ρεύματα με συχνότητες πάνω από 3000Hz και μέχρι 100000Hz.
- Στα χαμηλής συχνότητας μπορεί να προκύψει συγχρονισμένος ερεθισμός δηλαδή οι αποπολώσεις των νευρικών ινών να συγχρονιστούν με τις ώσεις που εφαρμόζονται από το ηλεκτρικό ρεύμα.
- Έτσι αξιοποιούνται όλες οι παραγόμενες ώσεις του ρεύματος μιας και ακόμη και οι μεγάλες εμμέλες νευρικές ίνες δεν μπορούν να ακολουθήσουν πάνω από 800-1000Hz (καθορίζεται από την απόλυτη ανερέθιστη περίοδο).
- Σε υψηλότερες συχνότητες (πάνω από 1000Hz ή μεταξύ 2000 και 3000Hz), προκύπτει ασύγχρονος ερεθισμός.

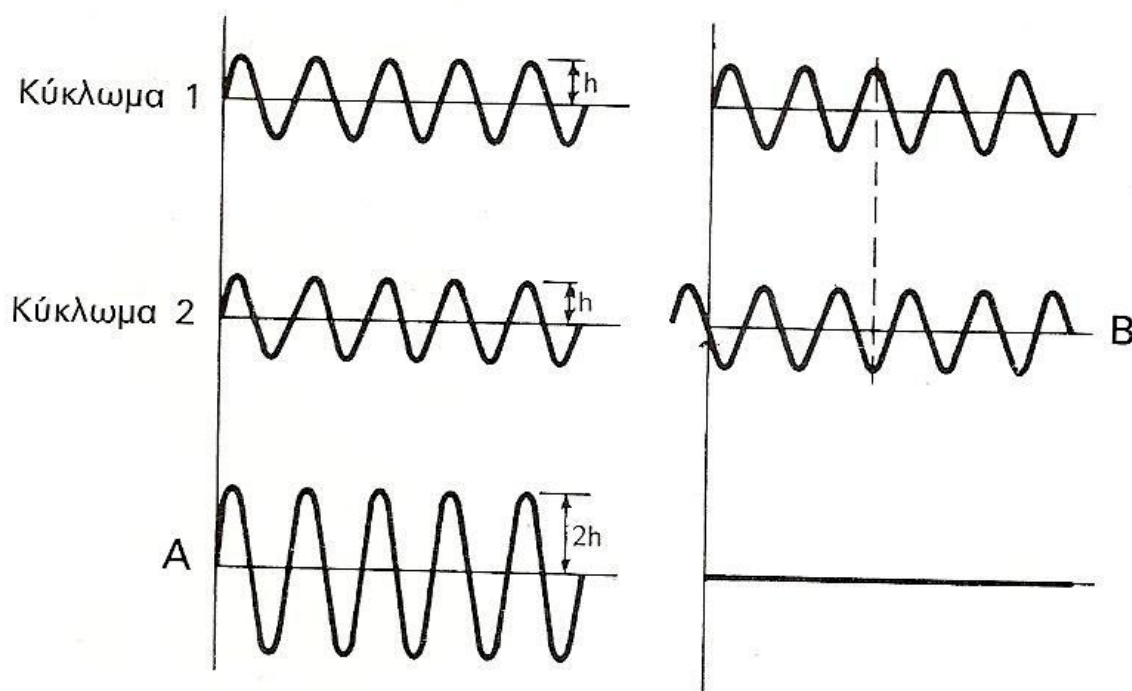
Βάθος δράσης των ρευμάτων μέσης συχνότητας

Όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα στο σώμα, στην ροή του αντιτίθενται δύο είδη αντίστασης:

- Η **ωμική** που είναι ανεξάρτητη της συχνότητας του ρεύματος.
- Η **χωρητική** που καθορίζεται από την χωρητικότητα των επιφανειακών ιστών και εξαρτάται από την συχνότητα του ρεύματος, σύμφωνα με τον τύπο $R_{\chi\omega\rho} = 1/2\pi fC$.

Δυνατότητα υψηλότερης έντασης (άρα μεγαλύτερο βάθος δράσης) χωρίς δυσάρεστο αισθητικό αποτέλεσμα στο δέρμα.

- Όταν δύο ημιτονοειδή ρεύματα ίδιας συχνότητας και έντασης φάσεων συμβάλλουν και τα κύματά τους είναι σε ακριβή φάση, συμβαίνει «ενισχυτική συμβολή», δηλαδή ενίσχυση των εντάσεων των φάσεων λόγω άθροισης μεταξύ τους.
- Όταν τα κύματά τους είναι σε ακριβή διαφορά φάσης, συμβαίνει «τική συμβολή», δηλαδή αμοιβαία εξουδετέρωση των φάσεων.

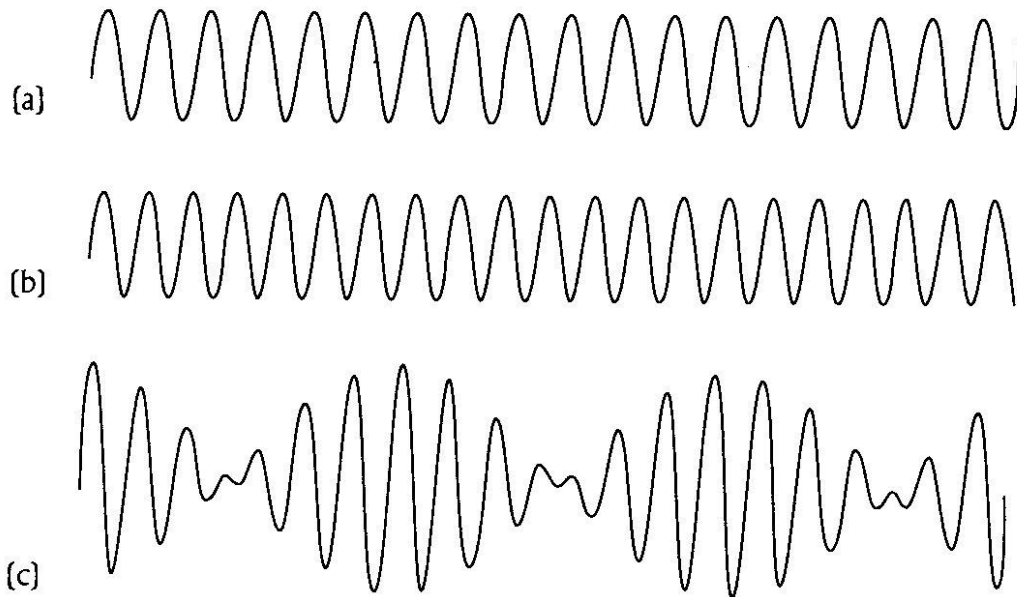


Συμβολή ρευμάτων

A: Άθροιση φάσεων

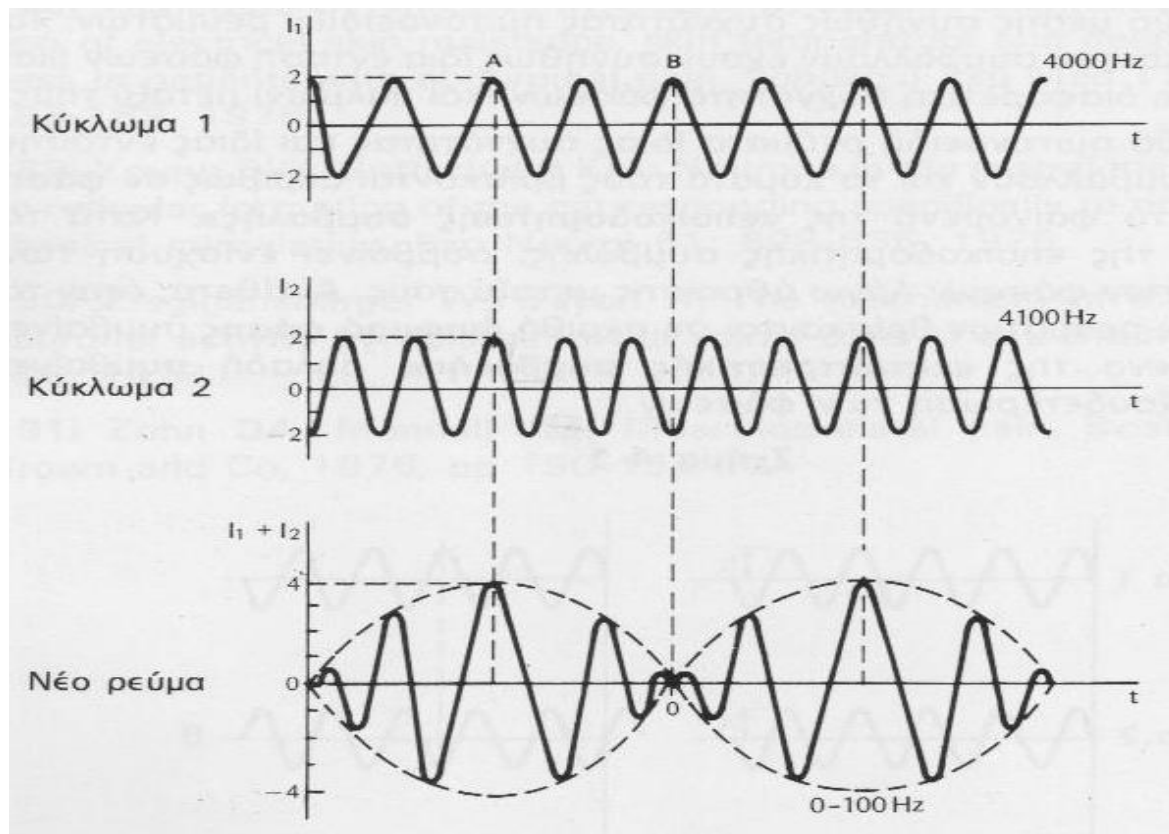
B: Εξουδετέρωση φάσεων

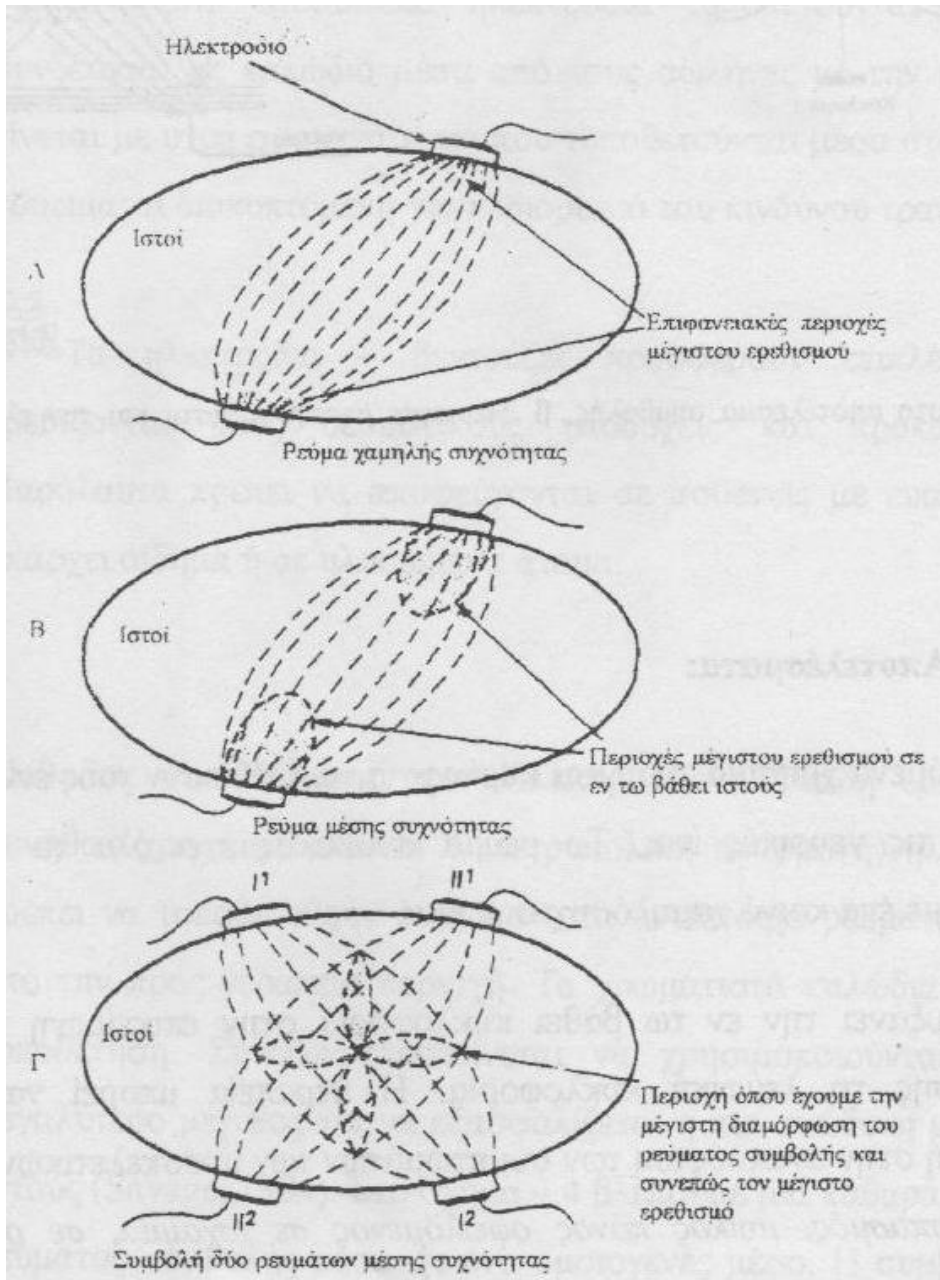
Όταν δύο ημιτονοειδή ρεύματα ίδιας έντασης φάσεων και διαφορετικής συχνότητας συμβάλουν, τότε παράγεται ένα νέο ρεύμα στην περιοχή συμβολής τους, του οποίου η συχνότητα είναι ίση με την διαφορά συχνοτήτων των δύο ρευμάτων (υπερισχύουσα συχνότητα) και η ένταση των φάσεων του νέου ρεύματος άλλοτε αυξάνεται, άλλοτε ελαττώνεται, ανάλογα με το αν τα κύματα των δύο συμβαλλόμενων βρίσκονται σε φάση ή σε διαφορά φάσης.



Παρεμβλλόμενα Ρεύματα (Nemec 1950)

- Χαμηλής συχνότητας ημιτονοειδές ρεύμα που προκύπτει (παράγεται μέσα στους ιστούς) από τη συμβολή των κυμάτων δύο ημιτονοειδών ρευμάτων διαφορετικής μέσης συχνότητας. Τα ρεύματα που συμβάλουν έχουν συνήθως ίδια ένταση φάσεων (και παλμών) και διαφορετική συχνότητα φάσεων (και παλμών) μεταξύ τους.
- Αναπτύχθηκαν με σκοπό να γίνουν εκμεταλλεύσιμες οι θεραπευτικές ιδιότητες των χαμηλόσυχνων ρευμάτων τα οποία όμως δεν είναι ιδιαίτερα ανεκτά όσον αφορά στην απορρόφησή τους από τους ιστούς.





Στα ρεύματα χαμηλής
 συχνότητας ο μέγιστος
 ερεθισμός παρατηρείται
 επιφανειακά κάτω από την
 περιοχή εφαρμογής
 των ηλεκτροδίων

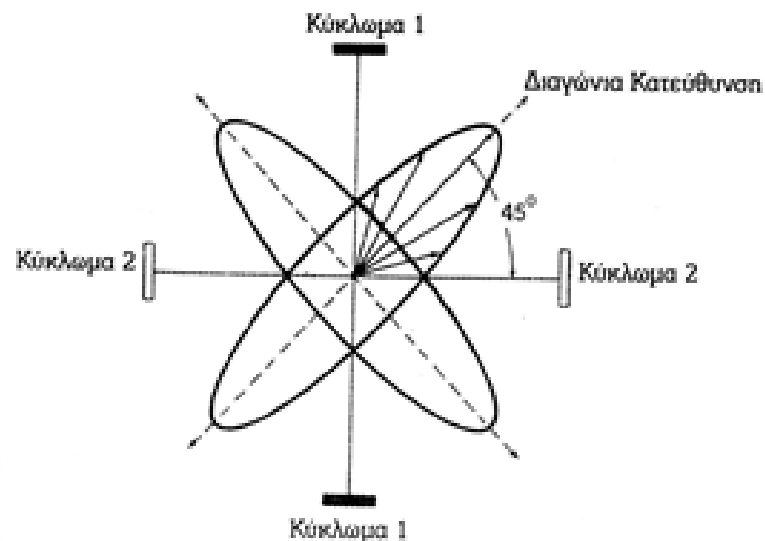
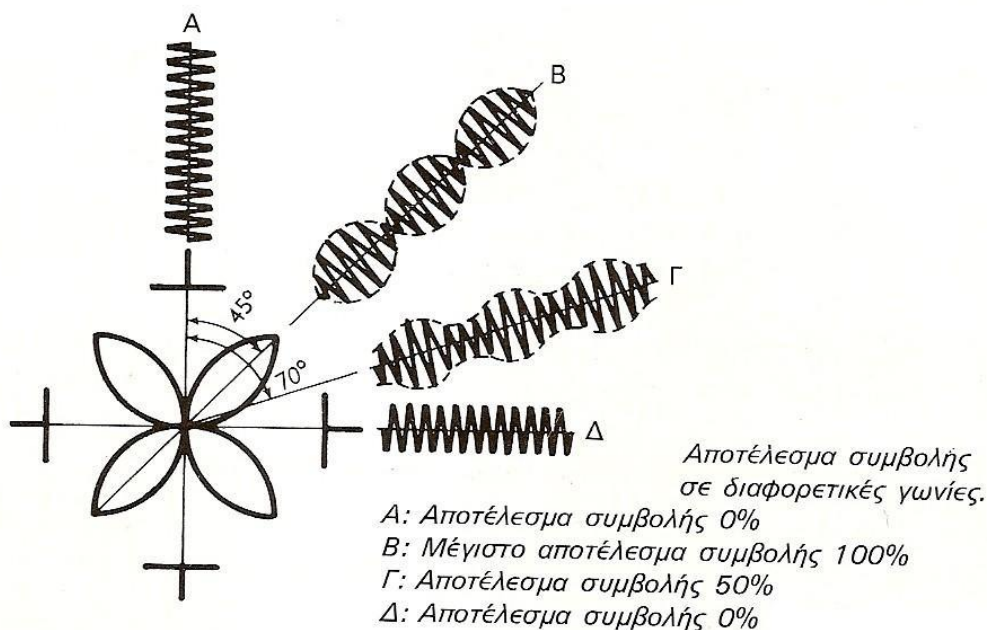
Στα ρεύματα μέσης συχνότητας
 ο μέγιστος ερεθισμός
 παρατηρείται εν τω βάθει κάτω
 από την περιοχή εφαρμογής
 των ηλεκτροδίων

Στα παρεμβαλλόμενα ρεύματα
 ο μέγιστος ερεθισμός
 παρατηρείται εν τω βάθει στην
 περιοχή συμβολής των 2
 ρευμάτων

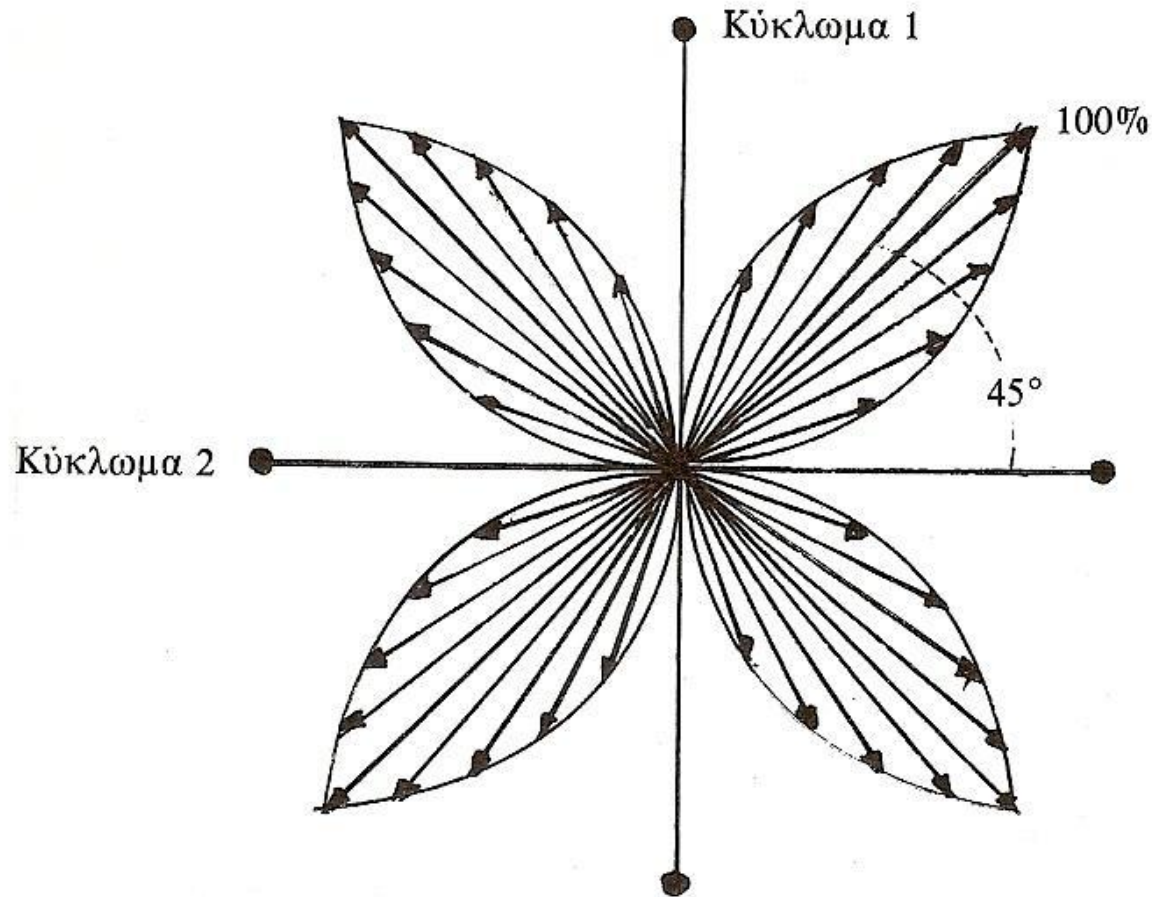
Κατεύθυνση μέγιστου αποτελέσματος συμβολής

Η διασταύρωση των κυμάτων, με συνέπεια το μεγαλύτερο αποτέλεσμα συμβολής, γίνεται σε γωνία 45° σε κάθετα σχετιζόμενα τέσσερα ηλεκτρόδια.

Από τις 45° προς τις κάθετες γραμμές που ενώνουν τα ηλεκτρόδια, η ελάττωση της έντασης του παραγόμενου ρεύματος επέρχεται μέχρι του μηδενός.

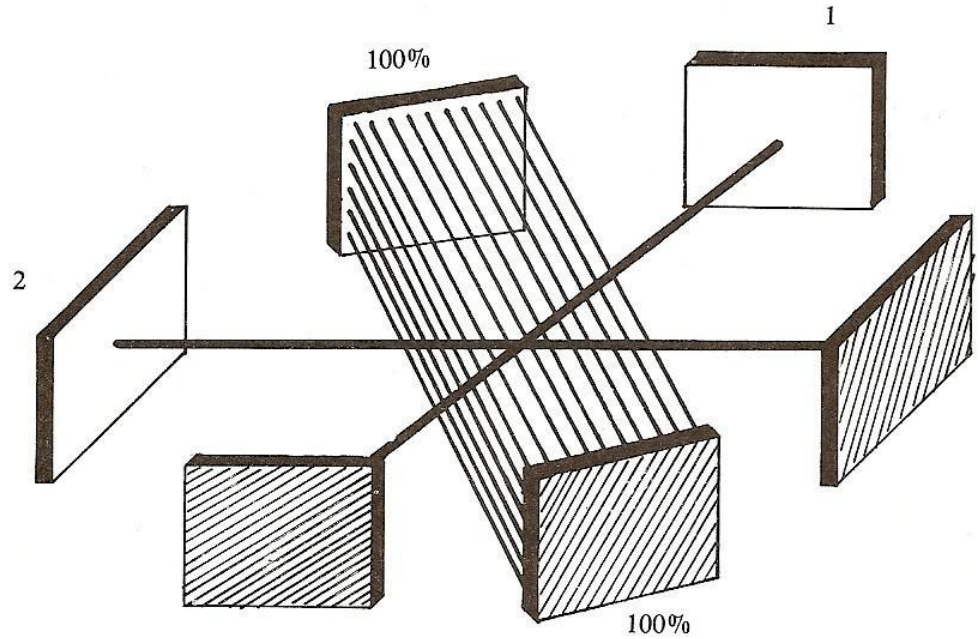
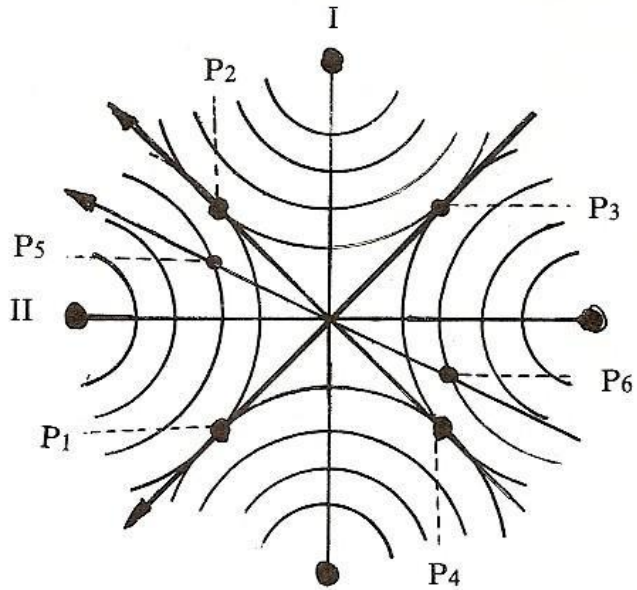


Στατικό πεδίο συμβολής



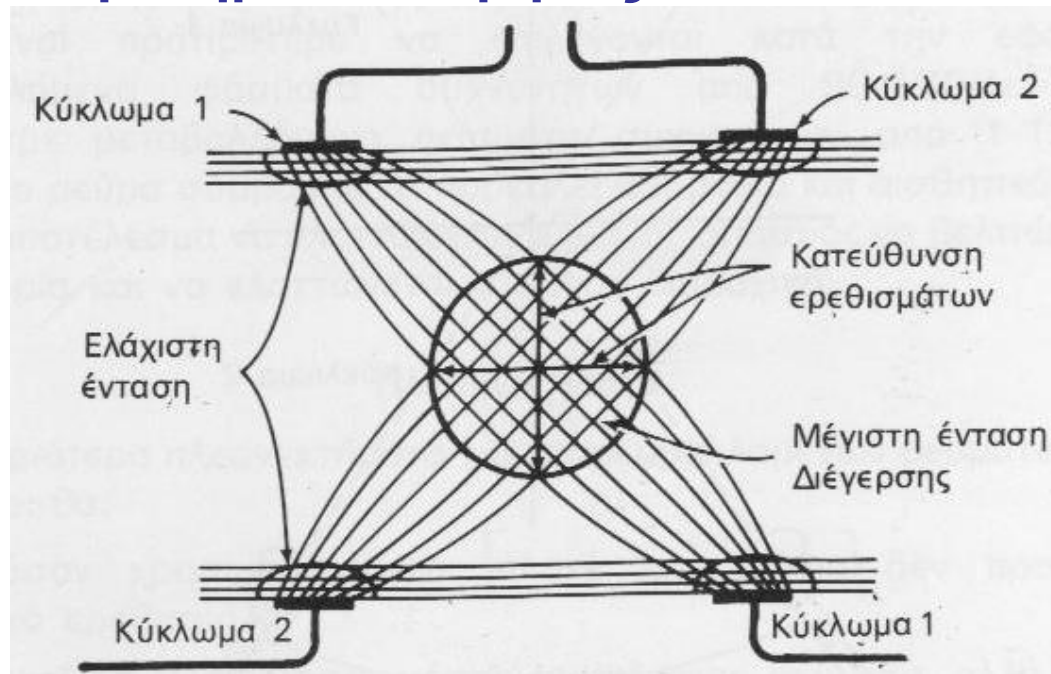
Σχηματική παράσταση του ερεθίσματος ανάλογα με τις τιμές του διανύσματος συμβολής, με τετραπολική εφαρμογή.

Στατικό πεδίο συμβολής



Σχηματική παράσταση της κατανομής της 100% συμβολής στο χώρο.

- Το μέγιστο αποτέλεσμα συμβολής (μεγαλύτερη ένταση νεοπαράγόμενου ρεύματος), παρατηρείται στη περιοχή διασταύρωσης τις κάθε μιας από τις νοητές ευθείες που ενώνουν κάθε ζεύγος ηλεκτροδίων.
- Το ελάχιστο αποτέλεσμα συμβολής (ελάχιστη ένταση ρεύματος) παρατηρείται ακριβώς κάτω από τα ηλεκτρόδια.



- Σε κλινικές συνθήκες δεν επιτυγχάνεται συμμετρία λόγω της διαφοράς στην αγωγιμότητα διαφορετικών ιστών, και των άνισων σχετικών αποστάσεων μεταξύ των ηλεκτροδίων.

- Η υπερισχύουσα συχνότητα μπορεί να είναι σταθερή με τιμές 1-120Hz.
- Από κάποιες συσκευές παρέχεται η δυνατότητα διακύμανσης συχνοτήτων, ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο της προσαρμογής των ινών στο ερέθισμα αλλά και να επιτυγχάνεται (αν αυτό είναι επιθυμητό), συνδυασμός αισθητικού και μυϊκού ερεθισμού.

Φυσιολογικά αποτελέσματα

- Μπορούν να προκαλέσουν και μυϊκό (μη ικανοποιητικός για ενίσχυση της μυϊκής δύναμης) και αισθητικό ερεθισμό.
- Αύξηση εν τω βάθει κυκλοφορίας.
- Αύξηση λεμφικής κυκλοφορίας.
- Αναστολή φυγόκεντρης δράσης του συμπαθητικού (μέσω του ερεθισμού των μεγάλης διαμέτρου νευρικών ινών).
- Μείωση μυϊκού σπασμού.
- Μείωση πόνου οφειλόμενου σε οίδημα, ισχαιμία.
- Όταν χρησιμοποιείται αναρρόφηση γίνεται μικρο-μάλαξη που ερεθίζει τους δερματικούς υποδοχείς και προκαλεί περαιτέρω αγγειοδιαστολή.
- Προώθηση της ιστικής επούλωσης αυξάνοντας τον δείκτη μίτωσης των κυττάρων.

Φυσιολογικά αποτελέσματα

- Μείωση οιδήματος μέσω μηχανισμών:
 - 1) μυϊκής αντλίας (περιοδική σύσπαση σκελετικών & λείων μυών λόγω κινητικού ερεθισμού) &
 - 2) γαλβανοτακτισμού (εξαναγκασμένη μετακίνηση ιόντων που απαρτίζουν το οίδημα χάρη στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος).
- Όταν χρησιμοποιείται μεταβαλλόμενη συχνότητα επιτυγχάνεται:
 - 1) ο συνδυασμός αισθητικού και κινητικού ερεθισμού,
 - 2) η μείωση της πιθανότητας του φαινομένου προσαρμογής.

Ηλεκτρόδια

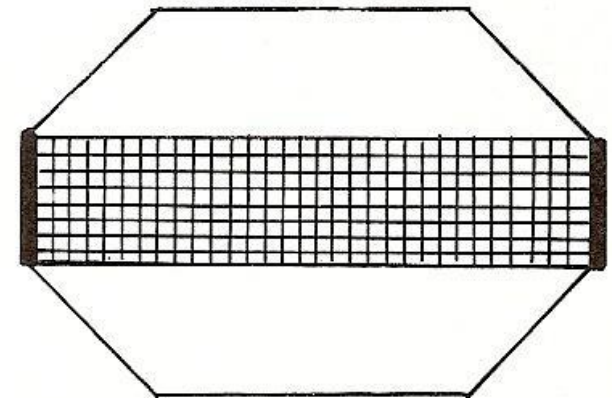
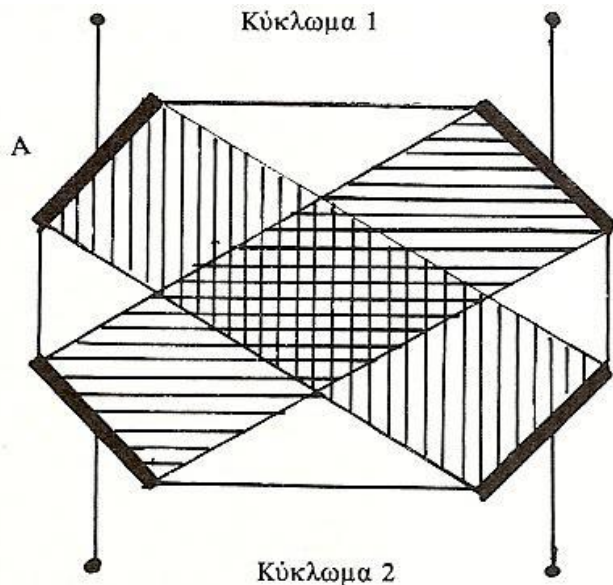
- Λαστιχένια ηλεκτρόδια επαλειμμένα με gel ή τοποθετημένα σε βρεγμένο σπόγγο.
- Ηλεκτρόδια «βεντούζες» με βρεγμένους σπόγγους, σταθεροποιημένα με αναρρόφηση (μείωση ωμικής αντίστασης δέρματος λόγω έκλυσης υγρού των αγγείων), συνεχή ή διακοπτόμενη (προτιμάται η διακοπτόμενη για αποφυγή ερεθισμού).
- Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση αναρρόφησης όταν υπάρχει ευαισθησία του δέρματος (π.χ. σε ηλικιωμένους) και η τοποθέτησή τους απευθείας πάνω στο οίδημα.
- Οι σπόγγοι πρέπει να είναι αρκετά μεγάλοι ώστε να αποφεύγεται η επαφή των μεταλλικών ηλεκτροδίων με το δέρμα.

Τοποθέτηση ηλεκτροδίων

- Χρησιμοποιείται συνήθως η 4-πολική εφαρμογή. Κάθε ζεύγος ηλεκτροδίων έχει συνήθως ξεχωριστό χρώμα, ώστε τα ηλεκτρόδια του ίδιου κυκλώματος να τοποθετούνται απέναντι το ένα από το άλλο.
- Τα ηλεκτρόδια πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε η περιοχή συμβολής να συμπίπτει με την περιοχή που απευθύνεται η θεραπεία.

Διπολική μέθοδος εφαρμογής (pre-modulated interferential current)

- Δύο ρεύματα διαφορετικής μέσης συχνότητας συμβάλλονται μέσα στη συσκευή άρα το χαμηλής συχνότητας ερέθισμα προδιαμορφώνεται μέσα στην συσκευή.
- Χρησιμοποιούνται 2 ηλεκτρόδια που τοποθετούνται εκατέρωθεν της πάσχουσας περιοχής.
- Εμφανίζεται πιο αποτελεσματική και «άνετη» για μυϊκό ερεθισμό καθώς επίσης πλεονεκτεί σε πρακτικότητα.
- Ωστόσο, αμφισβητείται το κατά πόσον αυτού του είδους η εφαρμογή μπορεί να θεωρηθεί «παρεμβαλλόμενα ρεύματα».



Παράμετροι εφαρμογής

- Οι περισσότερες συσκευές παραγωγής παρεμβαλλόμενων ρευμάτων δίνουν τη δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας συμβολής του παραγόμενου ερεθίσματος (1Hz-250Hz), η οποία μπορεί να είναι σταθερή ή κυμαινόμενη μεταξύ δύο τιμών.

Συχνότητα

- Οξείες καταστάσεις πόνου: 70Hz-150Hz (Hogenkamp et al, 1987).
- Υποξείες και χρόνιες καταστάσεις και μυϊκός ερεθισμός: <50Hz (Hogenkamp et al, 1987), καλύτερα αποτελέσματα 10Hz (Ward and Robertson, 1998).
- Εν τω βάθει μυϊκή σύσπαση: 2Hz (Laycock and Green, 1988).
- Συνδυασμένος μυϊκός και αισθητικός ερεθισμός: 1Hz-120Hz (Low and Reed, 2000).

Παράμετροι εφαρμογής

Ένταση

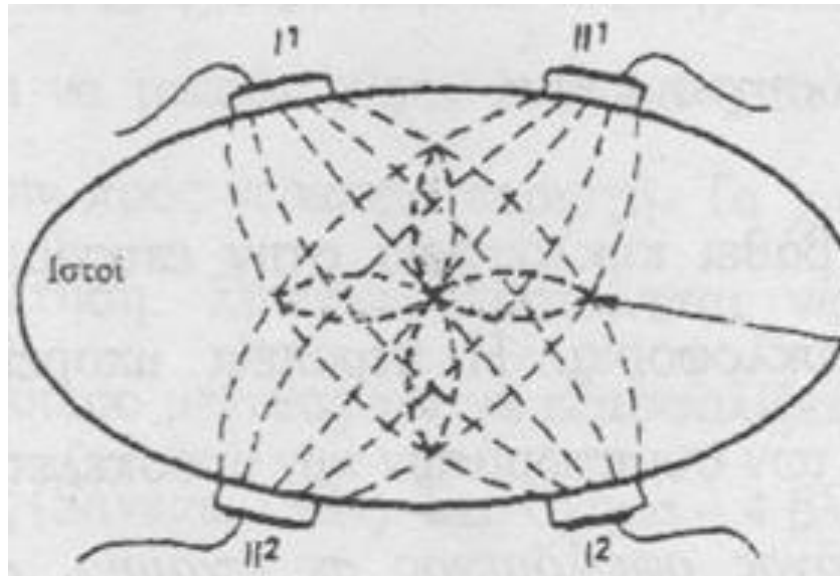
- Ρυθμίζεται σύμφωνα με προτεινόμενες από την αρθρογραφία τιμές και έτσι ώστε ο ασθενής να αισθάνεται ευχάριστα.

Χρόνος εφαρμογής

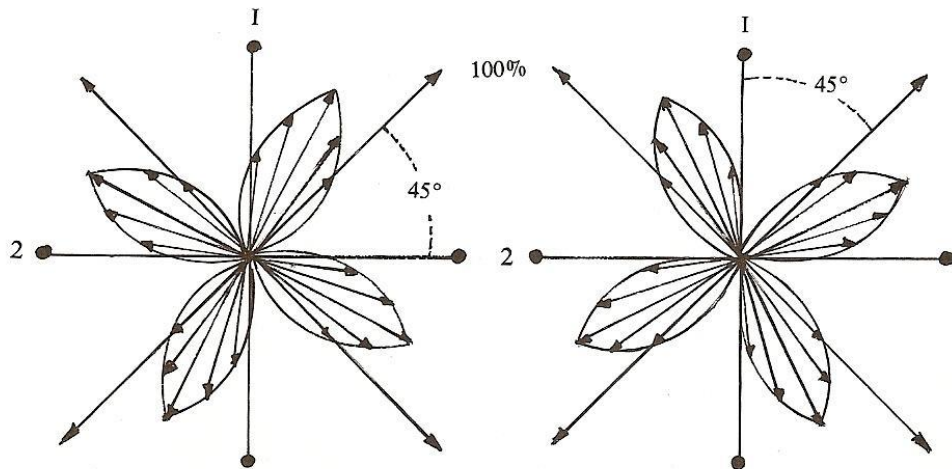
- 7-20min ανάλογα με την περιοχή εφαρμογής.

Εφαρμογή «Vector rotation»

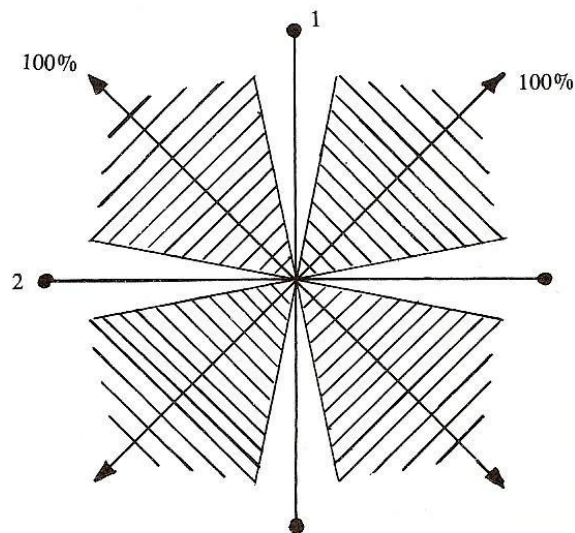
- Μια λειτουργία που προσφέρουν οι συσκευές παρεμβαλλόμενων ρευμάτων είναι αυτή του vector rotation (ανυσματική περιστροφή).
- Επιτυγχάνεται μέσω της ρυθμικής αυξομείωσης της έντασης του ρεύματος μεταξύ ενός ζεύγους ηλεκτροδίων & ταυτόχρονα της αντίθετης μεταβολής στο άλλο ζεύγος μέσα σε λίγα sec ή msec.
- Φανταστείτε το σαν περιστροφή του σχήματος στο μέσο της εικόνας. Περισσότερες νευρικές ίνες ερεθίζονται (παράλληλα με την πορεία του ρεύματος) όταν η ένταση αυξάνεται & λιγότερες όταν μειώνεται.



Δυναμικό πεδίο συμβολής



Μετακίνηση των ισοδυναμικών γραμμών του στατικού πεδίου που έχει σαν αποτέλεσμα να μετακινούνται και οι κατευθύνσεις της 100% συμβολής, μετατρέποντας το στατικό πεδίο σε δυναμικό.



Το σύνολο της 100% συμβολής στο δυναμικό πεδίο «κτενίζει» το πεδίο της θεραπείας.

Ενδείξεις

- Οξείες ή χρόνιες επώδυνες καταστάσεις
- Πόνος και άλλα συμπτώματα συμπαθητικής προέλευσης
- Μετατραυματικός ή μετεγχειρητικός πόνος
- Μυϊκός σπασμός
- Πρόκληση μυϊκής σύσπασης
- Άσκηση μυών του πνευλικού εδάφους

Αντενδείξεις

Οι γενικές που ισχύουν για την ηλεκτροθεραπεία και:

- Πάνω σε οίδημα (ηλεκτρόδια κενού)

Πλεονεκτήματα

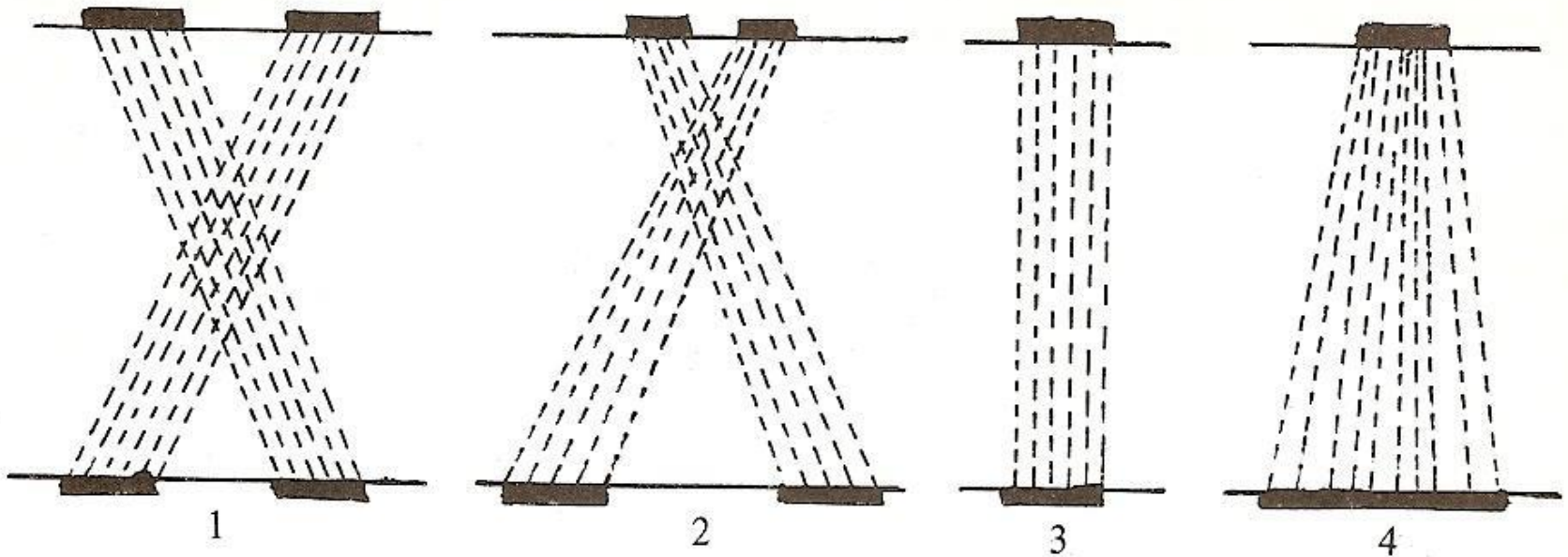
- Εφαρμογή με πλακέ ηλεκτρόδια δεν προκαλεί δερματικό ερεθισμό.
- Αν και μέσης συχνότητας, με συχνότητες 4000Hz, συναντούν χαμηλή χωρητική αντίσταση και μπορούν να διεισδύσουν σε ικανοποιητικό βάθος.
- Με την κατάλληλη τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, μπορεί να προκληθεί έντονο αποτέλεσμα συμβολής και να επικεντρωθεί αυτό στην πάσχουσα εν τω βάθει περιοχή.
- Παρέχουν δυνατότητα ταυτόχρονης σπασμολυτικής, αντιφλεγμονώδους και αναλγητικής δράσης, σε εν τω βάθει προσβεβλημένους ιστούς.
- Δεν υπάρχει πολικότητα στα ηλεκτρόδια άρα το διεγερτικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο σε όλα τα ηλεκτρόδια.
- Με εφαρμογή δυναμικού πεδίου, δεν είναι απαραίτητος με ακρίβεια ο εντοπισμός του σημείου θεραπείας.
- Εφαρμογή ηλεκτροδίων κενού αυξάνει την αποτελεσματικότητα.

Μειονεκτήματα

- Με χρήση ηλεκτροδίων κενού (βεντουζών), μπορεί να προκληθεί δερματικός ερεθισμός ή εκχυμώσεις.
- Δεν είναι γνωστές (εκτός από την συχνότητα), λεπτομέρειες για τις παραμέτρους του παραχθέντος ρεύματος.
- Οι μηχανισμοί δράσης τους σχετικά με την ελάττωση ή αναστολή του πόνου, δεν διαθέτουν ισχυρή επιστημονική τεκμηρίωση.

Εφαρμογή πάνω στο επώδυνο σημείο

- Κατάλληλη τοποθέτηση των ηλεκτροδίων ώστε το διαμορφωμένο ρεύμα να διέρχεται από το επώδυνο σημείο.
- Χρήση διαφορετικών μεγεθών ηλεκτροδίων.



Εφαρμογή πάνω στα νευρικά στελέχη

- Επιλογή, κατά το δυνατόν, σημείων εφαρμογής πάνω σε επιφανειακότερα σημεία των νευρικών στελεχών (σημεία του Valleix).
- Προτιμότερη η διπολική εφαρμογή κατά μήκος του νευρικού στελέχους.
- Σε τετραπολική εφαρμογή η επικέντρωση πρέπει να είναι πάνω στο επιφανειακό σημείο της πορείας του νευρικού στελέχους.

Παρασπονδυλική εφαρμογή

- Σε εντοπισμένο πόνο, σε ερεθισμό ρίζας ή σε τοπικό μυϊκό σπασμό.
- Απαιτείται γνώση δερματομιακής κατανομής.

Εφαρμογή πάνω σε μύες

- Απαιτείται σχετικά υψηλή ένταση.
- Προκαλεί φανερές τετανικές συσπάσεις.