

Θεραπευτικά Ρεύματα

ΚΑΠΟΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΟΝ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

- Οι θεραπευτικοί ηλεκτρικοί διεγέρτες λειτουργούν μέσω της κεντρικής παροχής ρεύματος ή μέσω μπαταρίας.
- Οι διεγέρτες μπορεί να είναι σταθερής έντασης ή σταθερής τάσης.
- Ο διεγέρτης σταθερής έντασης διαθέτει το πλεονέκτημα της σταθερότητας της κεντρικής παροχής ρεύματος, άσχετα από τις μεταβολές στο ηλεκτρόδιο και το δέρμα. Το αποτέλεσμα έτσι είναι πιο ακριβές.
- Το κύριο μειονέκτημα του διεγέρτη κεντρικής παροχής ρεύματος αφορά στην πρόκληση δυσφορίας στο δέρμα και κάποιες φορές στην πρόκληση ηλεκτρικού εγκαύματος λόγω της μείωσης του μεγέθους του ηλεκτροδίου και της αύξησης της πυκνότητας του ρεύματος.
- Οι διεγέρτες σταθερής τάσης προσφέρουν λιγότερη σταθερότητα ερεθισμού και είναι πιο ασφαλείς και άνετοι.
- Τα θεραπευτικά ρεύματα μπορεί να είναι υψηλής (άνω των 10000 Hz), μέσης (μεταξύ 1000 Hz-10000 Hz) και χαμηλής συχνότητας (μεταξύ 1 Hz-1000 Hz).
- Το ρεύμα εφαρμόζεται μέσω ηλεκτροδίων, τα οποία μπορεί να είναι αυτοκόλλητα, από μεταλλικό έλασμα ή επαγωγικό λάστιχο.
- Ένα αυτοκόλλητο ηλεκτρόδιο έχει ενσωματωμένη γέλη και δεν χρειάζεται να περιδεθεί στο σώμα.
- Τα ηλεκτρόδια μεταλλικού ελάσματος χρειάζονται ένα βρεγμένο επίθεμα από βαμβακερή γάζα ή φουγγάρι για την απορρόφηση και την κατακράτηση νερού.
- Το μέγεθος του ηλεκτροδίου πρέπει να είναι όσο μεγαλύτερο είναι εφικτό, αν και το διεγερτικό ηλεκτρόδιο δεν πρέπει να καλύπτει τα κινητικά σημεία παρακείμενων μυών. Τα μεγαλύτερα ηλεκτρόδια σημαίνουν και ρεύματα μικρότερης έντασης.
- Όταν ο στόχος είναι η διέγερση ενός νευρωμένου μυός, το ρεύμα πρέπει να διέρχεται κατά την πορεία του νεύρου.

- Στην περίπτωση νευρωμένων μυών τα ηλεκτρόδια μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από τον κορμό /κινητικό σημείο του νεύρου, ή στα άκρα του μυός.
- Στη διάταξη μονοπολικού ηλεκτρόδιου το ενεργό ηλεκτρόδιο τοποθετείται από τον κορμό/κινητικό σημείο του νεύρου και το ουδέτερο ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε ένα σημείο, όπου είναι λιγότερο πιθανό να ερεθίσει οτιδήποτε.
- Στη διπολική μέθοδο τοποθετούνται δύο σχεδόν ισομεγέθη ηλεκτρόδια σε κάθε άκρο της μυϊκής γαστέρας, ή μυϊκής ομάδας.
- Ως γενικός κανόνας πρέπει να επιλέγονται μεγάλα ηλεκτρόδια για μεγάλους μυς και μικρά ηλεκτρόδια για μικρούς μυς.
- Για τον ερεθισμό απονευρωμένων μυών επιλέγεται σε γενικές γραμμές η διπολική τεχνική.
- Τα ρεύματα χαμηλής συχνότητας επιδρούν σε αισθητηριακά και σε κινητικά νεύρα. Κάθε παλμός του ρεύματος εκπολώνει τις νευρικές ίνες.
- Για τον πιο αποδοτικό ερεθισμό της νευρικής ίνας ένα ορθογώνιο ερέθισμα είναι το πιο κατάλληλο, καθώς δεν υπάρχει χρόνος για να προσαρμοστεί η νευρική ίνα.
- Η διαμόρφωση είναι κάθε συστηματική διακύμανση μιας συγκεκριμένης παραμέτρου, όπως είναι η συχνότητα, το εύρος και η διάρκεια. Στην περίπτωση των θεραπευτικών ρευμάτων οι διαμορφώσεις χρησιμεύουν για τον περιορισμό του ρυθμού της εξοικείωσης. Μπορεί να αφορά σε διαμόρφωση της συχνότητας, του εύρους και του πλάτους παλμού.
- Ο κύκλος εργασίας είναι ο σχετικός χρόνος, για τον οποίο ρέει το ρεύμα. Εκφράζεται ως το ποσοστό του χρόνου σε κάθε κύκλο, κατά τη διάρκεια του οποίου ρέει το ρεύμα.
- Η διάκλιση αφορά στη σταδιακή αύξηση και μείωση της έντασης του ρεύματος.
- Κλινικά οι τύποι του ρεύματος περιλαμβάνουν: Συνεχές ρεύμα, παλμικό ρεύμα, εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Το συνεχές (DC) ρεύμα με διάρκεια παλμού μικρότερη του 1 sec καλείται παλμικό ρεύμα (APTA). Κάθε παλμός στο σύστημα διαχωρίζεται από τον επόμενο από μια παύλα.
- Το παλμικό ρεύμα μπορεί να είναι μονοφασικό, ή διφασικό (ασύμμετρο, συμμετρικό).
- Το συνεχές ρεύμα μπορεί να είναι διακοπτόμενο, κυμαινόμενο ή σταθερό. Το παλμικό DC μπορεί να έχει ορθογώνια, τριγωνική ή πριονωτή κυματομορφή και χρησιμοποιείται για τη διέγερση μυών και νεύρων.
- Το γαλβανικό ρεύμα είναι μια άλλη ονομασία για το σταθερό συνεχές ρεύμα, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται για τον νευρικό ερεθισμό.
- Το γαλβανικό ρεύμα ορίζεται ως το ρεύμα που ρέει για 1, ή περισσότερα δευτερόλεπτα.
- Το σταθερό συνεχές ρεύμα χρησιμοποιείται για την ιοντοφόρηση, ενώ το διακοπτόμενο συνεχές ρεύμα χρησιμοποιείται για τον νευρικό και μυϊκό ερεθισμό.

- Το εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα, το οποίο αποτελείται από μια συνεχή σειρά εναλλασσόμενων παλμών, χρησιμοποιείται κλινικά για τη συστολή των νευρωμένων μυών και για την παροχή αισθητηριακού ερεθισμού για τον έλεγχο του πόνου.
- Το φαραδικό ρεύμα είναι ένα χαμηλής συχνότητας παλμικό ρεύμα, με συχνότητα μεταξύ 30-100 Hz και διάρκεια παλμού 1 ms ή λιγότερο (0,1-1 ms), το οποίο χρησιμοποιείται για τον ερεθισμό νευρωμένων μυών.
- Το ρεύμα που παράγονταν από το πρώτο φαραδικό πηνίο (αρχικό φαραδικό ρεύμα) ήταν ένα άνισα εναλλασσόμενο ρεύμα (ασυμμετρικό διφασικό), όπου κάθε κύκλος αποτελούνταν από δύο ανισομεγεθείς φάσεις, η πρώτη χαμηλής έντασης και μακράς διάρκειας, και η δεύτερη υψηλής έντασης και βραχείας διάρκειας.
- Τα φαραδικού τύπου ρεύματα παράγονται από ένα κύκλωμα με πολυδονητή.
- Οι παλμοί μακράς διάρκειας (ορθογώνιοι και προσαρμογής), όπως αυτοί που έχουν διάρκεια παλμού άνω του 1 ms, χρησιμοποιούνται για τον ερεθισμό απονευρωμένων μυών.
- Ο ΠΓΕΥΤ αναπτύχθηκε αρχικά το 1945 στις ΗΠΑ με την ονομασία νευρομυϊκός ερεθισμός με κύμα Dyna, αλλά μετονομάστηκε ΠΓΕΥΤ το 1970.
- Ο ΠΓΕΥΤ αφορά σε δίδυμες παλμικές ώσεις υψηλής τάσης μέχρι και 500 volt που εφαρμόζονται με τη μορφή δύο κορυφαίων τάσεων, με μέγεθος μικρότερο των 300 volt (η κάθε μια) για την αποφυγή βλάβης στο δέρμα, με τη συχνότητα του συνδυασμού του διπλού παλμού να κυμαίνεται μεταξύ 1-100 Hz.
- Η μέγιστη τάση καθορίζεται βάσει παραγόντων ασφάλειας, καθώς η μέγιστη τάση άνω των 300 volt μπορεί να προκαλέσει αποδόμηση του δέρματος και έγκαυμα, επιπλοκές που μπορούν να ελαχιστοποιηθούν μέσω της χρήσης δύο μεμονωμένων παλμών 300 volt για την εφαρμογή παλμών 600 volt.
- Τα ημιτονοειδή ρεύματα είναι ισόποσα εναλλασσόμενα κυματοειδή ρεύματα με συχνότητα 50 Hz διάρκειας 10 ms.
- Τα διαδυναμικά ρεύματα είναι ημιτονοειδή ρεύματα ανόρθωσης ημίσεως, ή πλήρους κύματος.
- Τα μικρορεύματα είναι ρεύματα μικρής έντασης, η οποία φυσιολογικά είναι μικρότερη του 1mA, ενώ οι μονοφασικοί, ή διφασικοί παλμοί εφαρμόζονται με συχνότητα μέχρι και 10 Hz και με κύκλο εργασίας μέχρι 50%.
- Τα παρεμβαλλόμενα ρεύματα είναι δύο εναλλασσόμενα ρεύματα με συχνότητα της τάξης kHz, τα οποία έχουν ελαφρώς διαφορετικές συχνότητες. Τα ρεύματα διασταυρώνονται εντός των ιστών και παράγεται μεγαλύτερη ένταση ερεθισμού εν τω βάθει.
- Τα ρωσικά ρεύματα αφορούν στην εφαρμογή ενός ισόποσα εναλλασσόμενου ρεύματος μέσης συχνότητας, το οποίο εφαρμόζεται ως μια σειρά ξεχωριστών ριπών με διάρκεια παλμού 0,2 ms και διάρκεια ριπής 10 ms, ενώ παρεμβάλλεται μια περίοδος 10 ms, κατά τη διάρκεια της οποίας δεν ρέει ρεύμα, ενώ παράγονται 50 ριπές ανά δευτερόλεπτο, κάτι που είναι τελικά σαν τον χαμηλής συχνότητας φαραδικό παλμό στα 50 Hz.

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Ο ιατρικός ηλεκτρισμός εφαρμόζεται στην Ευρώπη από τις αρχές του 18ου αιώνα, όπου χρησιμοποιούνταν για μια μεγάλη ποικιλία καταστάσεων, από παράλυση μέχρι αρθρίτιδα. Αφού ανακαλύφθηκε ότι διεγείρει ευερέθιστους ιστούς, ειδικά νεύρα και μυς, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιήθηκε κλινικά ως διαγνωστικό και θεραπευτικό μέσο. Οι θεραπευτικές επιδράσεις σε επίπεδο φυσιολογίας των ηλεκτρικών ρευμάτων οφείλονται στις φυσικές και χημικές μεταβολές που εκλύονται στους ιστούς. Στην ηλεκτροθεραπεία τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται έχουν τροποποιηθεί για θεραπευτικούς σκοπούς και ταξινομούνται βάσει της συχνότητάς τους. Υπάρχουν τρεις γενικές κατηγορίες:

- Ρεύματα χαμηλής συχνότητας
- Ρεύματα μέσης συχνότητας
- Ρεύματα υψηλής συχνότητας.

Τα ρεύματα υψηλής συχνότητας (υψίσυχνα), τα οποία θα συζητηθούν με λεπτομέρεια στο σχετικό κεφάλαιο για την αγωγή με υψίσυχνα ρεύματα, διαθέτουν συχνότητα άνω των 10000 Hz, ενώ τα ρεύματα μέσης συχνότητας (μεσόσυχνα) έχουν συχνότητα μεταξύ 1000-10000 Hz. Τα ρεύματα χαμηλής συχνότητας (χαμηλόσυχνα) έχουν συχνότητα 1-100 Hz.

ΡΕΥΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Τα χαμηλόσυχνα ρεύματα είναι αυτά τα ρεύματα, στα οποία μεταβάλλεται περιοδικά η κατεύθυνση της ροής των ηλεκτρονίων, με συχνότητα που κυμαίνεται μεταξύ 1-1000 Hz. Σε αυτήν τη χαμηλή συχνότητα το ρεύμα μπορεί να ερεθίσει τις αισθητηριακές και κινητικές ίνες και συναντά αντίσταση από το δέρμα τουλάχιστον 3200 Ω, όταν η συχνότητα είναι 50 Hz.

Καθώς τα χαμηλόσυχνα ρεύματα επιδρούν στα αισθητηριακά και τα κινητικά νεύρα, κάθε παλμός του ρεύματος εκπολώνει τις νευρικές ίνες. Οι χαμηλόσυχοι παλμοί μπορούν να είναι μονοφασικοί (μονοκατευθυντικοί) ή διφασικοί (δικατευθυντικοί). Κάθε παλμός χαμηλής συχνότητας μπορεί να είναι είτε σταθερής έντασης, είτε σταθερής τάσης.

Ο διεγέρτης σταθερού ρεύματος έχει πλεονέκτημα, όσον αφορά στη σταθερότητα του ρεύματος κεντρικής παροχής, άσχετα από τις μεταβολές στο ηλεκτρόδιο και το δέρμα. Το αποτέλεσμα είναι έτσι πιο επακριβές.

Το κύριο μειονέκτημα του διεγέρτη σταθερού ρεύματος έγκειται στην έκλυση δυσφορίας στο δέρμα και κάποιες φορές στην πρόκληση ηλεκτρικού εγκαύματος εξαιτίας της μείωσης του μεγέθους του διεγερτικού ηλεκτροδίου και της αύξησης της πυκνότητας του ρεύματος. Οι διεγέρτες σταθερής

τάσης προσφέρουν λιγότερη σταθερότητα ερεθισμού, αλλά είναι πιο ασφαλείς και άνετοι.

Τα χαμηλόσυχνα ρεύματα διαχωρίζονται στους παρακάτω τύπους.

Συνεχές ρεύμα

Πρόκειται για το ρεύμα που ρέει προς μια μόνο κατεύθυνση. Το ρεύμα είναι είτε σταθερό DC, είτε διακοπτόμενο DC (Εικόνα 9.1A και B). το σταθερό συνεχές ρεύμα χρησιμοποιείται κλινικά για την ιοντοφόρηση, δηλαδή για την ώθηση θεραπευτικών επωφελών ιόντων διαμέσου του δέρματος για θεραπευτικό όφελος. Η διακοπή, ή η διάκλιση της έντασης του ρεύματος είναι η διακύμανση του DC, με ορθογώνια, τριγωνική, ή πριονωτή κυματομορφή του παλμού. Αυτό το διακοπτόμενο DC χρησιμοποιείται για τον νευρικό και μυϊκό ερεθισμό.

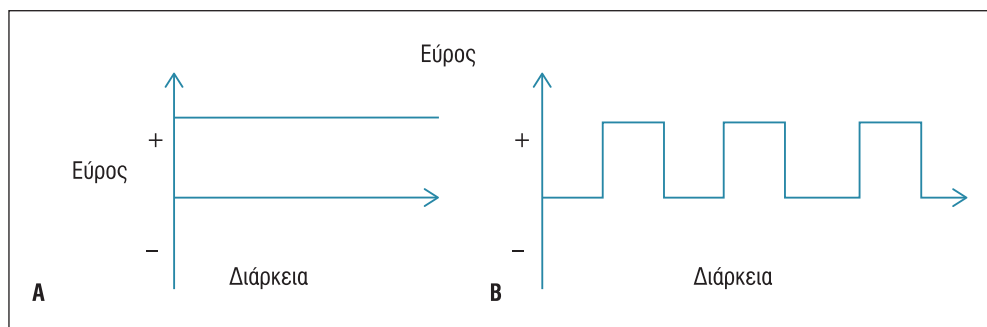
Το διακοπτόμενα συνεχή ρεύματα υποδιαιρούνται στους δύο ακόλουθους τύπους.

Ρεύματα βραχείας διάρκειας (1 ms ή λιγότερο)

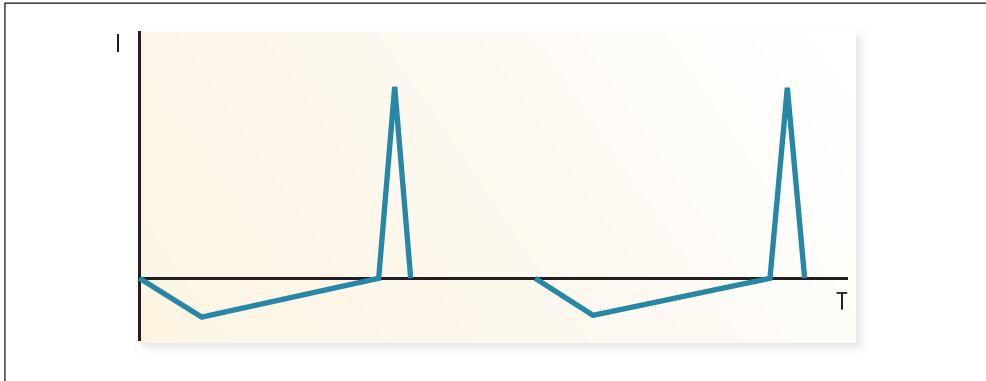
Σε αυτά περιλαμβάνονται:

- i. Φαραδικό ρεύμα
- ii. TENS
- iii. Ηλεκτροβελονισμός
- iv. Παλμικός γαλβανικός ερεθισμός υψηλής τάσης

Φαραδικό ρεύμα: Το φαραδικό ρεύμα είναι ένα χαμηλής συχνότητας παλμικό ρεύμα, το οποίο αρχικά ήταν ασύμμετρο και διφασικό (Εικόνα 9.2) με συχνότητα μεταξύ 30-70 Hz και διάρκεια παλμού 1 ms ή λιγότερο, το οποίο χρησιμοποιούνταν για τον ερεθισμό νευρωμένων μυών. Το ρεύμα αυτό αρχι-



Εικόνα 9.1. Α. Σταθερό DC, Β. Διακοπτόμενο DC.



Εικόνα 9.2. Η κυματομορφή του πρωτότυπου φαραδικού ρεύματος.

κά παράγονταν από ένα φαραδικό πηνίο, το οποίο είναι ένας τύπος επαγωγικού πηνίου. Το ρεύμα που παράγονταν από το πρώτο φαραδικό πηνίο (αρχικό φαραδικό ρεύμα) ήταν ένα άνισα εναλλασσόμενο ρεύμα, του οποίου ο κάθε κύκλος αποτελούνταν από δύο άνισες φάσεις, η πρώτη χαμηλής έντασης και μακράς διάρκειας, και η δεύτερη υψηλής έντασης και βραχείας διάρκειας. Η συχνότητα ήταν περίπου 50 Hz, και η διάρκεια της δεύτερης φάσης, η οποία ήταν η αποτελεσματική, περίπου 1 ms.

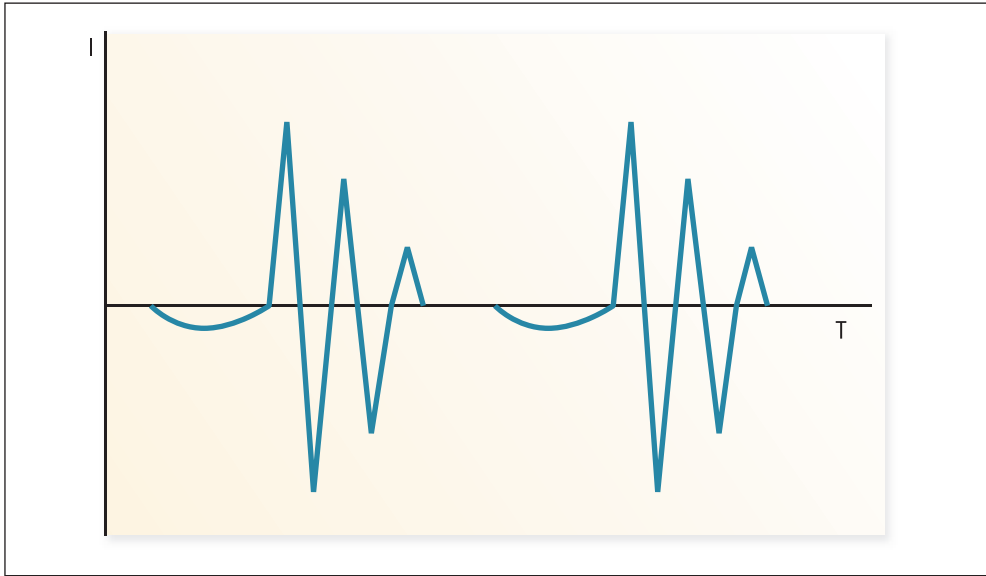
Μετά τη ανάπτυξη διάφορων φαραδικών πηνίων αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο ήταν το φαραδικό πηνίο Smart-Bristow. Το ρεύμα που παράγεται διαφέρει από το αρχικό φαραδικό ρεύμα καθώς πρόκειται για μια σειρά από φθίνουσες ταλαντώσεις, με συχνότητα περίπου 1000 κύκλων/δευτερόλεπτο, μετά από μια μέγιστη τιμή ΗΕΔ (Εικόνα 9.3). Οι μέγιστες τιμές της ΗΕΔ και οι πρώτες ταλαντώσεις είναι το αποτελεσματικό ερέθισμα.

Τα φαραδικά πηνία έχουν πλέον αντικατασταθεί από ηλεκτρονικούς διεγέρτες. Αυτοί παρέχουν ρεύμα, το οποίο έχει τις ίδιες επιδράσεις σε επίπεδο φυσιολογίας όπως το αρχικό φαραδικό ρεύμα, αν και διαφέρουν σημαντικά από αυτό ως προς την κυματομορφή (Εικόνα 9.4). Το ρεύμα που παράγεται από τους σύγχρονους ηλεκτρονικούς διεγέρτες μοιάζει με το φαραδικό ρεύμα, οπότε καλείται φαραδικού τύπου ρεύμα.

Ένα φαραδικού τύπου ρεύμα είναι ένα βραχείας διάρκειας διακοπτόμενο συνεχές ρεύμα με διάρκεια παλμού 0,1-1 ms και με συχνότητα 30-100 Hz, το οποίο χρησιμοποιείται για τον ερεθισμό νευρωμένων μυών.

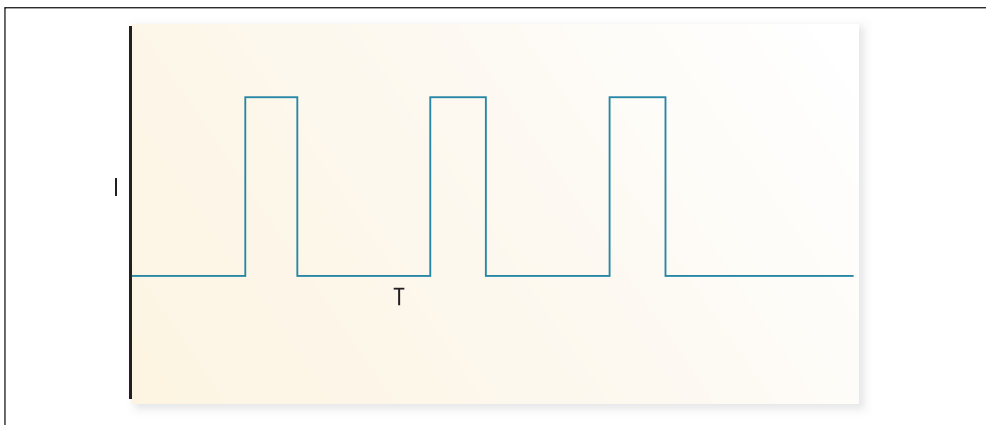
Η παραγωγή του φαραδικού τύπου ρεύματος μέσω του κυκλώματος με πολυδονητή θα συζητηθεί στα επόμενα κεφάλαια.

Διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός: Ο διαδερμικός ηλεκτρικός



Εικόνα 9.3. Φαραδικό ρεύμα από ένα φαραδικό πηνίο Smart – Bristow.

νευρικός ηλεκτρικός ερεθισμός (Transcutaneous electrical nerve stimulation – TENS) είναι μια απλή, μη παρεμβατική αναλγητική τεχνική, η οποία χρησιμοποιείται εκτεταμένα από τους φυσικοθεραπευτές στην κλινική πρακτική για την ελάττωση του πόνου οποιασδήποτε αιτιολογίας. Πρόκειται για την εφαρμογή παλμικού ορθογώνιου μονοφασικού/διφασικού ρεύματος με διάρκεια παλμού 50-200 μ s και συχνότητας 1-120 Hz (μέχρι και 200 Hz) και μέγι-

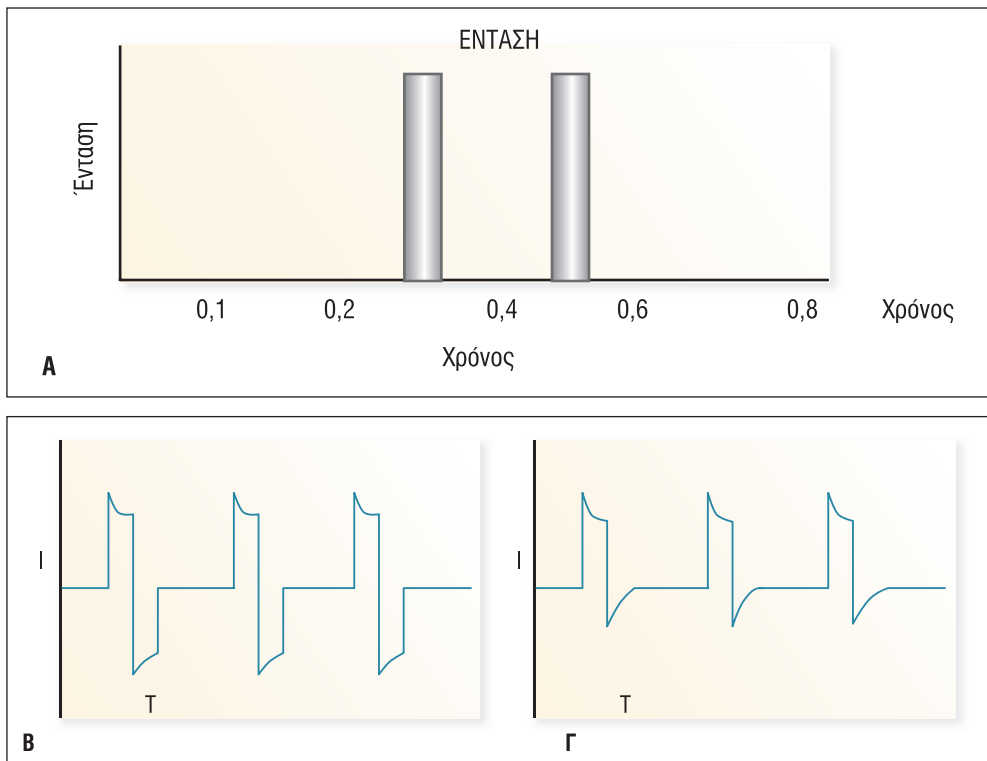


Εικόνα 9.4. Φαραδικού τύπου ρεύμα από έναν σύγχρονο ηλεκτρικό διεγέρτη.

στη ένταση ρεύματος 50-100 mA (εφαρμόζεται μέσω επιφανειακών ηλεκτροδίων, κυρίως για τον έλεγχο του πόνου (Εικόνα 9.5Α-Γ). Αν και οι κυματομορφές μπορεί να είναι μονοφασικές και διφασικές, οι διφασικοί παλμοί είναι οι ασφαλέστερη, καθώς δεν υπάρχει καθαρό DC.

Ηλεκτροβελονισμός: Χρησιμοποιούνται διάφορες μορφές ρεύματος. Μπορεί να είναι ένας παλμός που αποτελείται από μερικά δευτερόλεπτα DC, ή μια κυματομορφή χαμηλής συχνότητας και υψηλής έντασης TENS.

Παλμικός γαλβανικός ερεθισμός υψηλής τάσης: Αυτή η μορφή ρεύματος αναπτύχθηκε αρχικά το 1945 στις ΗΠΑ με την ονομασία Dyna νευρομυϊκός ερεθισμός, αλλά μετονομάστηκε σε ΠΓΥΕΥΤ (High voltage pulsed galvanic stimulation - HVPGS) το 1970. Εφαρμόζεται παλμικό ρεύμα υψηλής τάσης της τάξης των 500 V. Οι κυματομορφές των δίδυμων παλμών (Εικόνα 9.6Α και Β) έχουν σχεδόν στιγμιαία άνοδο και εκθετική πτώση. Το ζεύγος των παλμών



Εικόνα 9.5. Α. Μονοφασικό ρεύμα TENS. Β. Συμμετρικοί διφασικοί παλμοί TENS. Γ. Ασύμμετροι διφασικοί παλμοί TENS.

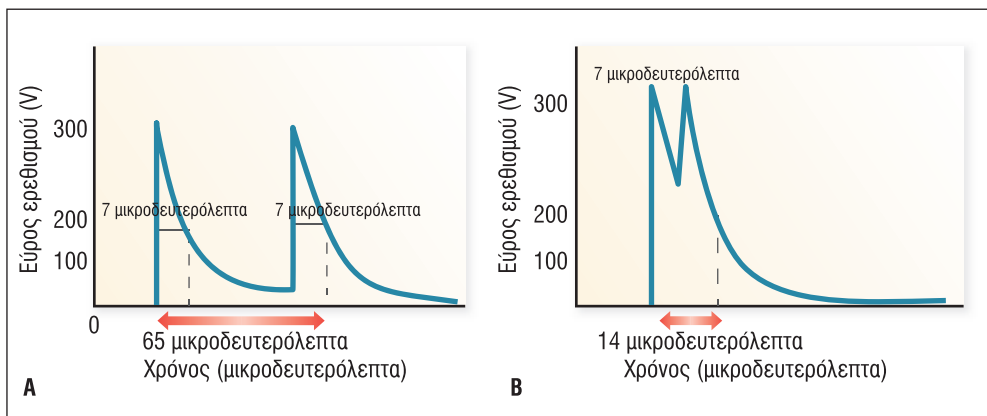
διαρκεί για μερικά μόνο μικροδευτερόλεπτα, και η διάρκεια κάθε μέγιστης ροής ρεύματος διαρκεί για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Η συχνότητα του διπλού παλμού κυμαίνεται από 1-100 Hz. Η μέγιστη τάση καθορίζεται βάσει προφυλάξεων ασφάλειας, καθώς η τάση άνω των 300 V ενδέχεται να προκαλέσει αποδόμηση του δέρματος και έγκαυμα. Επιλέγονται δίδυμοι παλμοί με μέγιστη τάση μικρότερη των 300 V αντί για έναν παλμό με τάση 500 V. Στην περίπτωση τόσο σύντομων μέγιστων τιμών χρειάζονται πολύ υψηλές τάσεις (για αυτό και η ονομασία) για την παροχή αρκετά έντονων ρευμάτων για τον ερεθισμό των νευρικών ινών. Στη Εικόνα 9.6Α ο διαχωρισμός των παλμών είναι περίπου 65 μικροδευτερόλεπτα, ενώ στην Εικόνα 9.6Β, όπου επικαλύπτονται οι δίδυμοι παλμοί, η διάρκεια παλμού είναι περίπου 14 μικροδευτερόλεπτα, και οι δίδυμοι παλμοί ενισχύουν ο ένας τον άλλο, με αποτέλεσμα μια ισχυρότερη κινητική απόκριση λόγω των επικαλυπτόμενων κυματομορφών. Ενδέχεται να παράγονται μέγιστες εντάσεις της τάξης των 2-2,5 A κατά τη διάρκεια των μερικών μικροδευτερολέπτων της μέγιστης τάσης, αλλά η μέση συνολική ένταση του ρεύματος είναι περίπου 1,2-1,5 mA.

Η εφαρμογή του ρεύματος είναι πολύ άνετη για τους ασθενείς και παράγεται ανώδυνος αισθητηριακός ερεθισμός και άνετη μυϊκή συστολή.

Παλμοί μακράς διάρκειας (> 1 ms)

Διακοπτόμενο συνεχές ρεύμα (IDC)/τροποποιημένο DC: Πρόκειται για ορθογώνια ή τριγωνικά, πριονωτά ή τραπεζοειδή παλμικά ρεύματα με διάρκεια παλμού μικρότερη του 1 ms, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον ερεθισμό απονευρωμένων μυών. Στην Εικόνα 9.7 παρουσιάζεται ένα μακράς διάρκειας ρεύμα με ορθογώνια κυματομορφή.

Σταθερό συνεχές ρεύμα/γαλβανικό ρεύμα: Πρόκειται για ένα ρεύμα, το



Εικόνα 9.6. Δίδυμοι παλμοί ΠΡΥΤ: **A.** Ευρύς διαχωρισμός παλμών. **B.** Στενός διαχωρισμός παλμών.

οποίο διαρκεί περισσότερο από 1 δευτερόλεπτο και χρησιμοποιείται για ιοντοφόρηση. Το ρεύμα αυτό δεν χρησιμοποιείται για την παραγωγή νευρικού και μυϊκού ερεθισμού, οπότε δεν χρειάζεται να διακόπτεται.

Εναλλασσόμενα ρεύματα

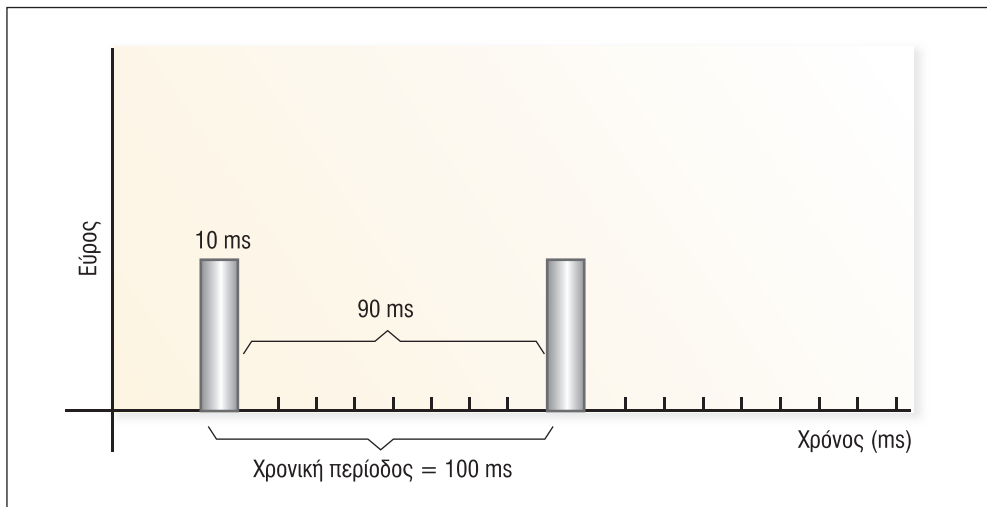
Το ρεύμα αυτό αποτελείται από μια συνεχή σειρά εναλλασσόμενων παλμών και χρησιμοποιείται κυρίως για τη συστολή νευρωμένων μυών και για τον έλεγχο του πόνου. Το διακριτικό χαρακτηριστικό του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι ότι οι παλμοί είναι συνεχείς και δεν υπάρχει παύλα μεταξύ των παλμών. Τα διάφορα ρεύματα για κλινική χρήση είναι:

Ημιτονοειδή ρεύματα

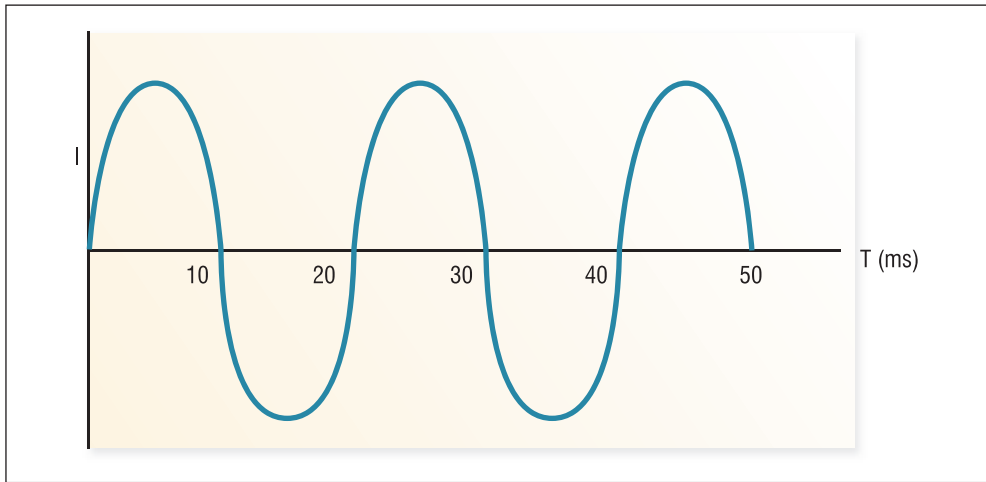
Τα ημιτονοειδή ρεύματα έχουν ισόποσα εναλλασσόμενη καμπύλη κυματομορφή συχνότητας 50 Hz. Έτσι προκύπτουν 100 παλμοί, ή φάσεις ανά δευτερόλεπτο διάρκειας 10 ms η κάθε μια, 50 προς μια κατεύθυνση και 50 προς την άλλη (Εικόνα 9.8). Χρησιμεύουν σε γενικές γραμμές για την έκλυση ρυθμικών μυϊκών συστολών για την ανακούφιση από τον πόνο και τη μείωση του οιδήματος. Εξαιτίας του έντονου αισθητηριακού ερεθισμού το ρεύμα αυτό χρησιμοποιείται συχνά πάνω από μεγάλες περιοχές και σπάνια για τοπικό μυϊκό ερεθισμό.

Διαδυναμικά ρεύματα

Τα ρεύματα αυτά παρουσιάστηκαν από τον Pierre Bernard σχεδόν πριν από 70 έτη.



Εικόνα 9.7. Ορθογώνια κυματομορφή ρεύματος μακράς διάρκειας.

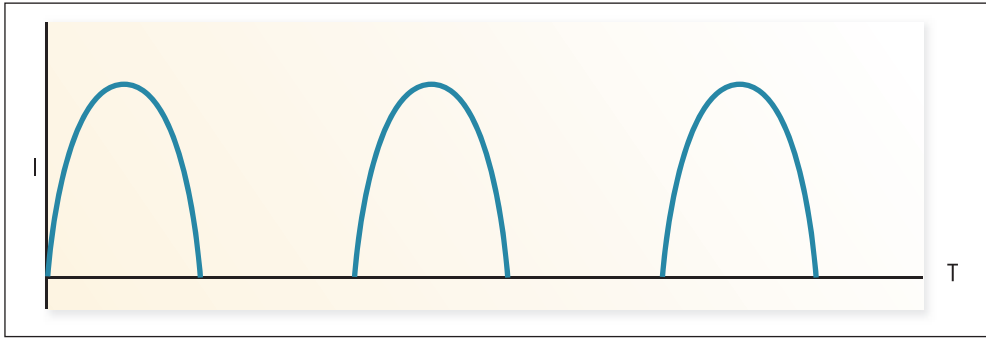


Εικόνα 9.8. Γραφική αναπαράσταση ημιτονοειδούς ρεύματος.

Πρόκειται για μονοφασικά, ημιτονοειδή ρεύματα, τα οποία προκύπτουν από ανόρθωση ημίσεως ή πλήρους κύματος ενός ημιτονοειδούς ρεύματος. Υπάρχουν δύο βασικές μορφές.

Ανορθωμένο ημιτονοειδές ρεύμα ημίσεως κύματος: Το ρεύμα αυτό παράγεται από την ανόρθωση ημίσεως κύματος ενός ημιτονοειδούς ρεύματος και αφορά στην απομάκρυνση των μισών ημιτονοειδών ταλαντώσεων και την παραγωγή κυματομορφών που δεν είναι πλέον AC. Το ρεύμα αυτό είναι γνωστό ως MF (monophasic fixed – σταθερό μονοφασικό). Αποτελείται από μια σειρά παλμών με ημιτονοειδή μορφή, διάρκειας 10 ms με παύλα διάρκειας 10 ms (Εικόνα 9.9).

Ανορθωμένο ημιτονοειδές ρεύμα πλήρους κύματος: Αυτό παράγεται από την ανόρθωση πλήρους κύματος του ημιτονοειδούς ρεύματος. Αφορά στην αναστροφή της πολικότητας της μιας φάσης ενός ημιτονοειδούς AC ρεύματος έτσι, ώστε το ρεύμα να ρέει προς την ίδια κατεύθυνση σε κάθε παλμό. Είναι επίσης γνωστό ως DF (diphasic fixed – σταθερό διφασικό). Πρόκειται για μια συνεχή σειρά ημιτονοειδών παλμών διάρκειας 10 ms, με αποτέλεσμα συχνότητα 100 Hz (Εικόνα 9.10). Καθώς η διάρκεια παλμού είναι 10 ms, ο ερεθισμός με το ρεύμα αυτό είναι δυσάρεστος. Κατά την εφαρμογή των ρευμάτων αυτών παράγονται επιδράσεις σε επίπεδο φυσιολογίας κινητικού και αισθητηριακού ερεθισμού, κάτι που συμβάλλει στην πρόκληση μυϊκής συστολής και στην ανακούφιση από τον πόνο.



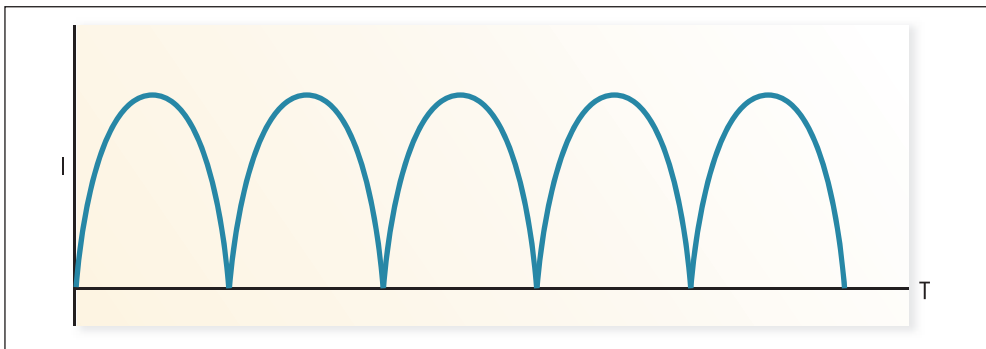
Εικόνα 9.9. Ημιτονοειδές ρεύμα ανόρθωσης ημίσεως κύματος.

ΡΕΥΜΑΤΑ ΜΕΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Τα ρεύματα αυτά έχουν συχνότητα μεταξύ 1 KHz και 10 KHz και έχουν διαμόρφωση έντασης (παρεμβαλλόμενα ρεύματα) ή διαμόρφωση χρόνου (ρωσικά ρεύματα). Χρησιμοποιούνται για μυϊκή συστολή και ανακούφιση από τον πόνο. Περιλαμβάνονται τα παρακάτω ρεύματα:

Παρεμβαλλόμενο ρεύμα

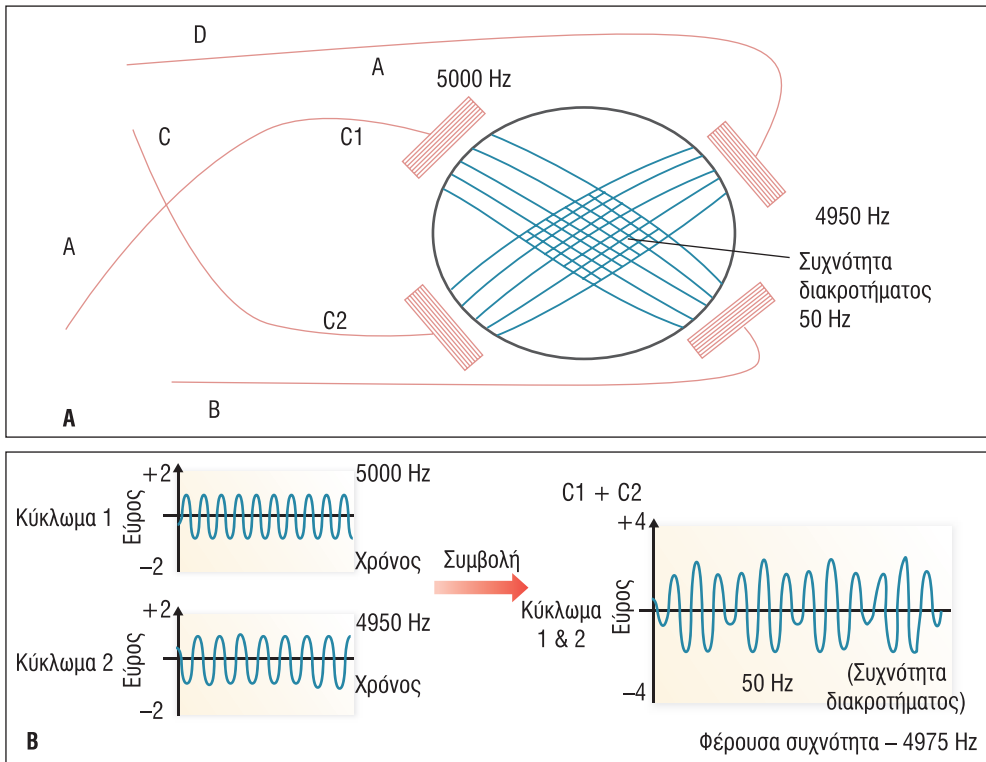
Αυτή είναι η πιο διάσημη μορφή ηλεκτρικού ερεθισμού που χρησιμοποιείται στην κλινική πράξη. Το ρεύμα αυτό, όπως προτείνεται από την ονομασία του, παράγεται από την παρεμβολή δύο μεσόσυχνων εναλλασσόμενων ρευμάτων με συχνότητα της τάξης των KHz και σταθερής έντασης. Τα ρεύματα εφαρμόζονται μέσω δύο ζευγών ηλεκτροδίων, ενώ διαθέτουν ελαφρώς διαφορετικές συχνότητες (για παράδειγμα το ένα 5000 Hz και το άλλο 4950



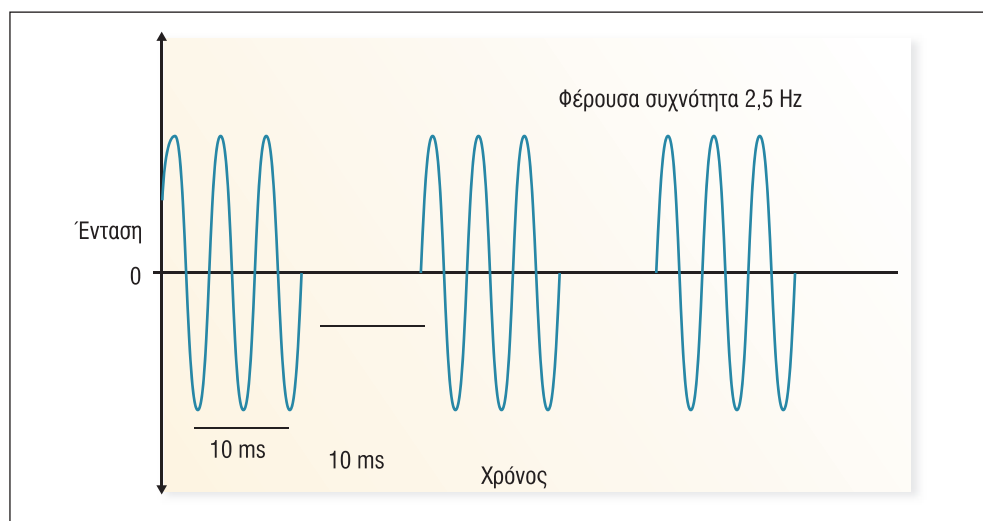
Εικόνα 9.10. Ημιτονοειδές ρεύμα ανόρθωσης πλήρους κύματος.

Hz), και τα οποία διασταυρώνονται εν τω βάθει στους ιστούς. Το ρεύμα ενισχύεται στην κεντρική περιοχή της διασταύρωσης για την παραγωγή μιας κυματομορφής ερεθισμού, τα οποία διαμορφώνεται με ημιτονοειδή τρόπο σε μια συχνότητα ίση με τη διαφορά μεταξύ των δύο AC συχνοτήτων (η συχνότητα διακροτήματος). Η κυματομορφή ερεθισμού θα έχει μια συχνότητα διαμόρφωσης 50 Hz (συχνότητα διακροτήματος) στο εν λόγω παράδειγμα. Το ρεύμα που προκύπτει (άθροισμα των δύο ρευμάτων), και του οποίου η ένταση και η συχνότητα διαμορφώνονται, θα ταλαντώνεται σε μια φέρουσα συχνότητα 4975 Hz (στο συγκεκριμένο παράδειγμα) ριπών/διακρότημα (Εικόνα 9.11A και B). Στο σημείο της διασταύρωσης παράγεται μια μεγαλύτερη συνολική ένταση (από το άθροισμα των δύο ρευμάτων) (διαμόρφωση συχνότητας) εν τω βάθει στους ιστούς, οπότε και ο ερεθισμός είναι μέγιστος.

Το σκεπτικό για τη χρήση ρευμάτων με συχνότητες της τάξης των KHz έχει να κάνει με τον ρόλο του δέρματος ως χωρητικός φραγμός στη ροή του ρεύματος. Καθώς αυξάνεται η συχνότητα του ρεύματος (όπως εφαρμόζεται στην



Εικόνα 9.11. Α. Παρεμβλλόμενο ρεύμα «τετραπολικής» εφαρμογής. **Β.** Η διασταύρωση δύο ρευμάτων ίσου εύρους και διαφορετικής συχνότητας.



Εικόνα 9.12. Ρωσικό ρεύμα.

αγωγή με παρεμβαλλόμενα ρεύματα), το δέρμα ενδέχεται να προβάλλει προοδευτικά μικρότερη εμπέδηση, οπότε διαχέεται περιφερικά λιγότερη ενέργεια, ενώ διεισδύει περισσότερη ενέργεια στον μυ. Συνεπώς ο μυς δέχεται περισσότερη ενέργεια σε μικρότερη συχνότητα (συχνότητα διακροτήματος).

Ρωσικό ρεύμα

Το ρεύμα αυτό επινοήθηκε από έναν Ρώσο επιστήμονα, τον Yakov Kots, με σκοπό τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης για την αύξηση της μέγιστης εκούσιας συστολής. Τα ρωσικά ρεύματα είναι εναλλασσόμενα ρεύματα με συχνότητα 2,5 kHz, με διαμόρφωση ριπής σε συχνότητα 50 Hz και με κύκλο εργασίας 50%. Η διάρκεια της ριπής είναι 10 ms στα 50 Hz. Όταν ο κύκλος εργασίας είναι 50%, μεταβιβάζεται το ήμισυ της ηλεκτρικής ενέργειας, οπότε υπάρχει μικρότερη πιθανότητα για ιστική βλάβη. Αν και οι επιδράσεις σε επίπεδο φυσιολογίας δεν είναι καλά κατανοητές, η χρήση του ως ένα μέσο μυϊκής ενδυνάμωσης χαίρει μεγάλης εκτίμησης, ειδικά σε αθλητές. Η κυματομορφή του ερεθίσματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 9.12.

ΡΕΥΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Πρόκειται για ρεύματα με συχνότητα άνω των 10000 Hz, τα οποία δεν είναι κατάλληλα για μυϊκό και νευρικό ερεθισμό, οπότε χρησιμεύουν για την παραγωγή θερμότητας. Τα ρεύματα αυτά χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή ΔΒΚ, ΜΚΔ και για την παραγωγή υπέρηχου.