



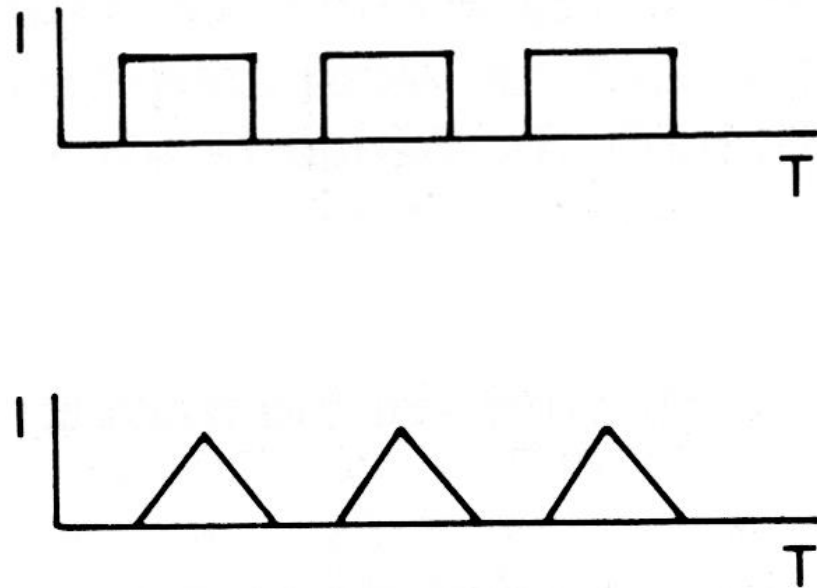
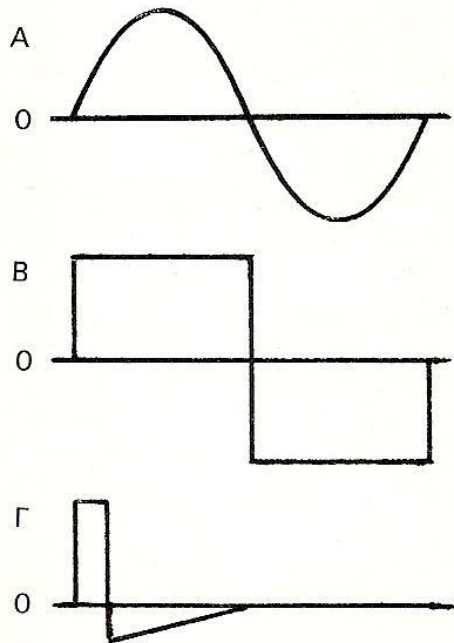
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Ηλεκτρικός Μυϊκός Ερεθισμός II

Δρ Σάββας Σπανός
Επίκουρος Καθηγητής

Είδη ρευμάτων μυϊκού ερεθισμού

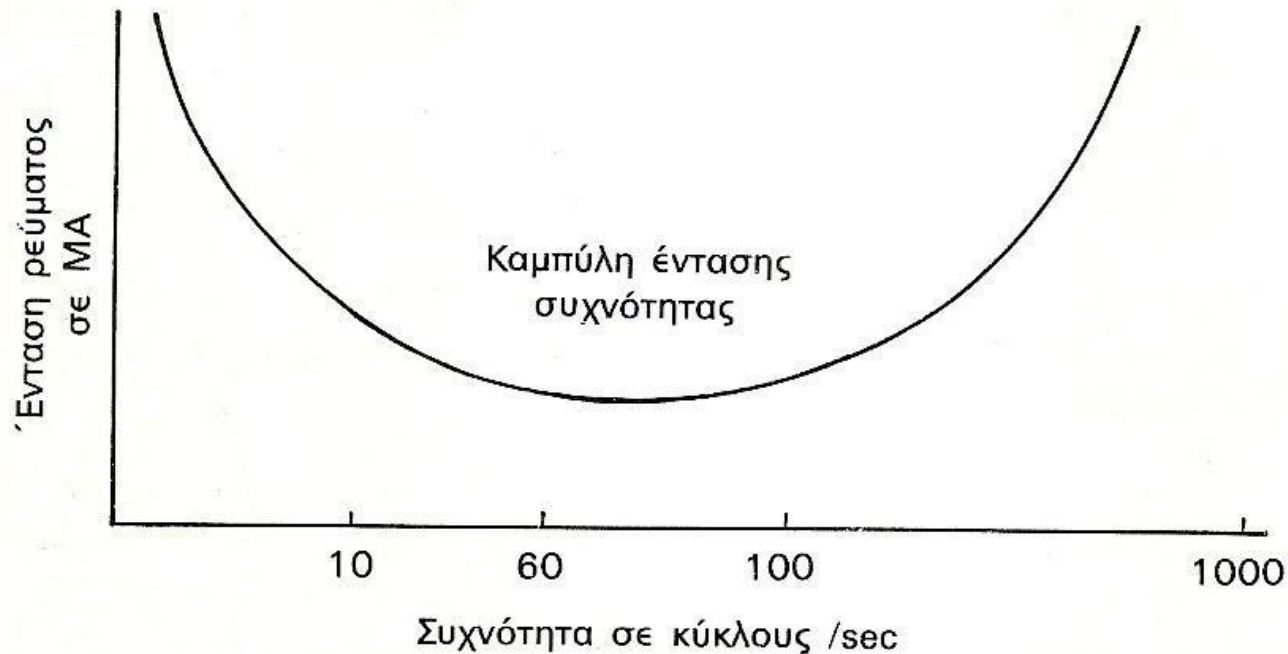
- **Συνεχές:** Δεν αλλάζει πολικότητα και τα χημικά προϊόντα που παράγονται σε κάθε πόλο αθροίζονται.
- **Εναλλασσόμενο:** Αλλάζει πολικότητα και τα χημικά προϊόντα που παράγονται στην μία φάση εξουδετερώνονται στην επόμενη.



Βασικές μορφές κυμάτων εναλλασσόμενων ηλεκτρικών ρευμάτων
Α: Συμμετρική ημιτονοειδής μορφή
Β: Συμμετρική τετραγωνική μορφή
Γ: Παλμική (ορθογώνια ασύμμετρη) μορφή

- Ο χρόνος ανόδου για τα τετραγωνικά και ορθογώνια ρεύματα είναι απειροελάχιστος.
- Στα ημιτονοειδή, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα τόσο μικρότερος ο χρόνος ανόδου και αντίστροφα.
- Στα ημιτονοειδή, όταν η συχνότητα είναι πάνω από 60 Hz, ο χρόνος ανόδου μπορεί να θεωρηθεί απειροελάχιστος (εύρος συχνοτήτων 60Hz – 100Hz το πιο αποτελεσματικό για αυτά τα ρεύματα).
- Στα ημιτονοειδή, σε χαμηλές συχνότητες μπορεί να προκληθεί προσαρμογή των φυσιολογικά εννευρωμένων μυών, λόγω μεγάλου χρόνου ανόδου ερεθίσματος.
- Αυτό δεν προκαλείται με την χρήση εναλλασσόμενων τετραγωνικής ή ορθογώνιας μορφής λόγω απειροελάχιστου χρόνου ανόδου.

Η σχέση μεταξύ συχνότητας, διάρκειας, χρόνου ανόδου και έντασης ερεθισμάτων, όταν χρησιμοποιούμε ημιτονοειδή εναλλασσόμενα ρεύματα για έκλυση σύσπασης φυσιολογικά εννευρωμένων μυών, παριστάνεται από την καμπύλη:



Σχέση μεταξύ συχνότητας και έντασης ερεθισμάτων για έκλυση σύσπασης φυσιολογικά εννευρωμένων μυών χρησιμοποιώντας ημιτονοειδές εναλλασσόμενο ρεύμα.

- Όσο μεγαλύτερη η συχνότητα των ηλεκτρικών ερεθισμάτων τόσο ανακουφιστικότερο το ρεύμα (οποιασδήποτε μορφής) για τον ασθενή (30Hz για τονική μυϊκή ίνα και 80Hz [ή 60-100Hz] για φασική μυϊκή ίνα).
- Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα των ερεθισμάτων τόσο μεγαλύτερη ένταση ρεύματος μπορεί να δεχθεί ο ασθενής.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της μυϊκής συστολής.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της μυϊκής συστολής τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση της μυϊκής δύναμης.
- Αν η μυϊκή συστολή θα είναι τετανική ή όχι εξαρτάται από τη συχνότητα του ρεύματος, ενώ αν θα είναι έντονη ή όχι εξαρτάται και από την συχνότητα (τετανική), αλλά ιδιαίτερα από την ένταση του ρεύματος.
- Για αύξηση της δύναμης υγιών ή ατροφικών μυών και για την καθυστέρηση της ατροφίας απονευρωμένων μυών χρειαζόμαστε και τετανικές και έντονες συστολές.
- Η διάρκεια της μυϊκής συστολής εξαρτάται από την διάρκεια της παλμοσειράς.

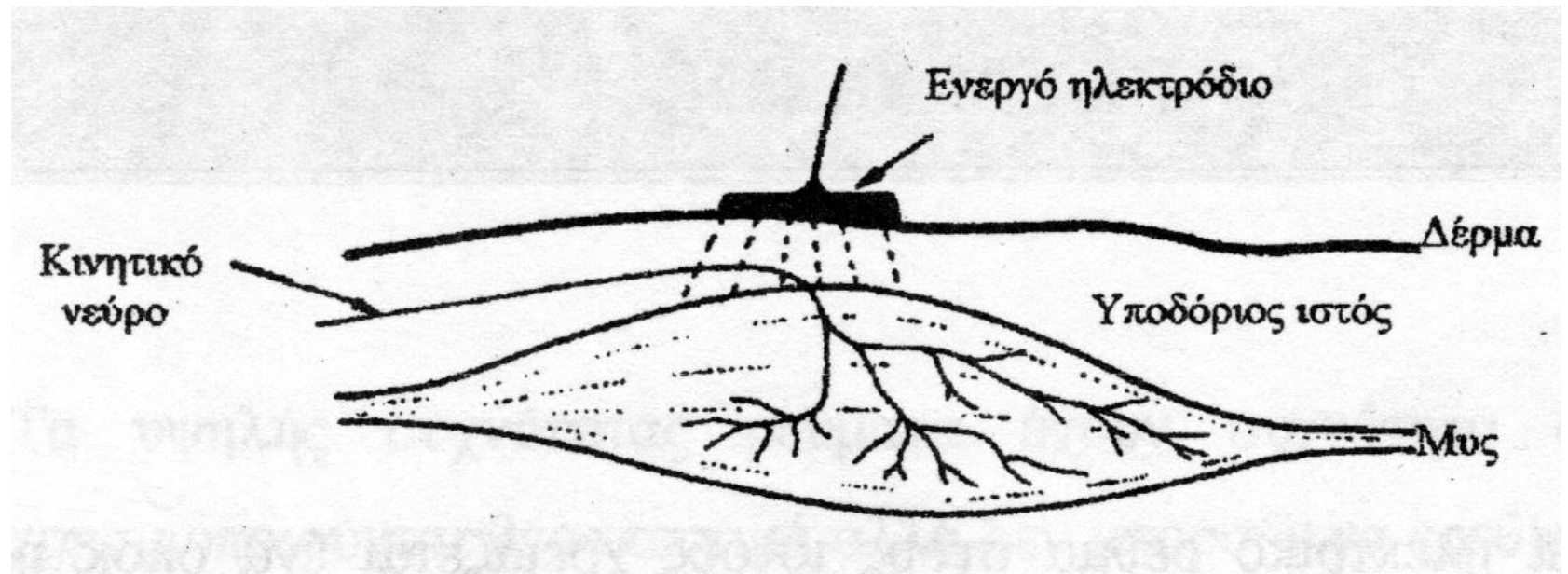
- Για να προκαλέσουμε ξεχωριστές μυϊκές συστολές και να επιτρέψουμε ξεκούραση του μυ ενδιάμεσα, πρέπει οι παλμοσειρές να διακόπτονται περιοδικά.
- Αν η παλμοσειρά αρχίζει και διακόπτεται ομαλά (βαθμιαία), η μυϊκή συστολή που προκαλεί είναι ανάλογη της φυσιολογικής.
- Αν η παλμοσειρά αρχίζει και διακόπτεται απότομα, η μυϊκή συστολή που προκαλεί είναι απότομη και δεν μοιάζει με την φυσιολογική.
- Για να είναι μια μυϊκή συστολή τετανική, έντονη, ομαλή και παρατεταμένη, πρέπει ο ηλεκτρικός ερεθισμός να είναι υψηλής συχνότητας, μεγάλης έντασης, η παλμοσειρά του να διακόπτεται ομαλά και να διαρκεί αρκετό χρόνο.
- Η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια παλμοσειράς που συνήθως χρησιμοποιείται είναι 10sec, μιας και η ευκολία κόπωσης του μυός είναι ανάλογη της διάρκειας της παλμοσειράς (διάρκεια σύσπασης).
- Ο χρόνος παύσης πρέπει να είναι 5-10 φορές μεγαλύτερος της διάρκειας παλμοσειράς.
- Η αναλογία πρέπει να είναι 1:1 για αντοχή και 1:4 – 1:6 για δύναμη.

Κλινικές εφαρμογές ηλεκτρικού ερεθισμού εννευρωμένων μυών

- Για έκλυση σύσπασης ιδιαίτερα μετά από τραυματικές καταστάσεις όπου οι φυσιολογικά εννευρωμένοι μύες αδυνατούν να εκτελέσουν για διάφορους λόγους (διευκόλυνση μυϊκής σύσπασης).
- Για την επανεκπαίδευση μυϊκών ομάδων που δύσκολα υπακούουν στον εκούσιο έλεγχο.
- Για την παρεμπόδιση δημιουργίας ενδομυϊκών μυοπεριτονιακών και μυοπεριτενοντίων συμφύσεων μετά από τραυματισμούς.
- Για την εκπαίδευση καινούργιας λειτουργίας μύος (τενοντομετάθεση).
- Για την βελτίωση της κιναισθησίας.
- Για την ελάττωση του μυϊκού σπασμού.
- Για την βελτίωση της αρτηριοφλεβικής και λεμφικής κυκλοφορίας.
- Για την αύξηση της δύναμης συγκεκριμένων μυών, κυρίως αθλητών.
- Για την ταχύτερη, από όσο μπορεί να προκαλέσει μόνον η άσκηση, ενδυνάμωση μυών (ατροφικών).

Κινητικό Σημείο

Είναι το σημείο εκείνο στην επιφάνεια του δέρματος το οποίο όταν διεγερθεί προκαλεί μυϊκή σύσπαση με την διοχέτευση της μικρότερης δυνατής ενέργειας (επειδή βρίσκεται πλησιέστερα στο σημείο εισόδου του κινητικού νεύρου στον μυ). Συνήθως το κινητικό σημείο βρίσκεται στα όρια μεταξύ του κεντρικού και του μέσου τριτημορίου της γαστέρας του μυ.



Απόκριση των μυών στον ηλεκτρικό ερεθισμό

- **Ενδυνάμωση & Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος**
- Η ενδυνάμωση έχει συσχετισθεί με τη ρήξη σε μικροσκοπικό επίπεδο των νηματίων ακτίνης-μυοσίνης, γεγονός που αποτελεί & την αιτία του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Delayed Onset Muscle Soreness - DOMS).
- Η ικανότητα του μυ για παραγωγή ροπής μειώνεται άμεσα εξαιτίας της ενεργητικής ανεπάρκειας (ρήξη νηματίων) & έμμεσα λόγω της νευρικής αναστολής. Η αποκατάσταση απαιτεί ώρες-μέρες, ωστόσο αν η άσκηση συνεχιστεί (Jones 1996), η μυϊκή δύναμη αυξάνεται αξιοσημείωτα (McComas 1996). Δεν είναι γνωστό αν ο DOMS είναι απαραίτητος για την ενδυνάμωση, αλλά συνοδεύει τα πιο πολλά σχετικά πρωτόκολλα.
- **Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός έχει αναφερθεί πως μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένο μυϊκό πόνο**, ιδίως αν είναι έντονος ή αν έχει προηγηθεί περίοδος ακινητοποίησης του μυ (Robertson et al 2006).

Απόκριση των μυών στον ηλεκτρικό ερεθισμό

• Κόπωση & Αντοχή

- Η κόπωση σε υπομέγιστες εκούσιες συσπάσεις περιορίζεται χάρη στην επιλεκτική επιστράτευση τύπου I μυϊκών ινών και στη μεταβαλλόμενη δραστηριότητα των εμπλεκόμενων κινητικών μονάδων.
- Στους μύες όπου εφαρμόζεται ηλεκτρικός ερεθισμός η κόπωση επέρχεται ταχύτερα, επειδή επιστρατεύονται αναλογικά περισσότερες τύπου II ίνες & επειδή δε μεταβάλλεται ουσιαστικά η δραστηριότητα των μυϊκών ινών.
- Η συχνότητα του ηλεκτρικού ερεθισμού επηρεάζει το ρυθμό της κόπωσης (30Hz για τονική μυϊκή ίνα και 80Hz για φασική μυϊκή ίνα).
- Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται κλινικά δεν ανταποκρίνονται συνήθως σε αυτές που σημειώνονται σε εκούσιες συσπάσεις της ίδιας έντασης.

Απόκριση των μυών στον ηλεκτρικό ερεθισμό

- **Κόπωση & Αντοχή**

Έχουν αναγνωρισθεί 2 είδη μυϊκού κάματος ως αποτέλεσμα ηλεκτρικού ερεθισμού:

- κάματος οφειλόμενος σε ερεθισμό χαμηλής συχνότητας (<20Hz) επειδή η διέγερση (εκπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης) αποτυγχάνει να οδηγήσει σε σύσπαση & παραγωγή δύναμης. Η χρονική εξέλιξη είναι ίδια με αυτή του «φυσιολογικού» κάματος, διαρκεί μερικά λεπτά ή λιγότερο και αντιπροσωπεύει αλλαγές στη συγκέντρωση μεταβολιτών όπως γλυκόζη, O₂, CO₂ (Matsunaga et al 1999).
- κάματος οφειλόμενος σε ερεθισμό υψηλής συχνότητας (>50Hz). Η αποκατάσταση της ικανότητας παραγωγής δύναμης είναι άμεση, και πιθανώς σχετίζεται με την επαναφορά σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις των ιόντων του εγκάρσιου σωληνωτού συστήματος και μεταβολιτών όπως η φωσφορική κρεατίνη (Jones 1996). Δεν παρατηρείται σε εκούσιες συσπάσεις.

Απόκριση των μυών στον ηλεκτρικό ερεθισμό

- **Κόπωση & Αντοχή**

- Ο **κάματος** λόγω υψίσυχνου ερεθισμού **πρέπει να αποφεύγεται** καθώς δε συμβάλλει στην αύξηση της δύναμης ούτε της αντοχής, ούτε προάγει (ή αποτρέπει) τη μετατροπή των μυϊκών ινών. Χαμηλής συχνότητας ερεθισμός είναι αποτελεσματικός για τη διατήρηση της αντοχής χωρίς να επιφέρει μείωση της παραγόμενης δύναμης (Gordon & Pattullo 1993).

Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού πρέπει να περιλαμβάνει:

- επιλογή χαμηλής συχνότητας
 - σταδιακή αύξηση της ημερήσιας διάρκειας εφαρμογής
 - επαναπροσδιορισμό των παραμέτρων με βάση την απόκριση των μυών.
-
- Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις μακρόχρονης εφαρμογής ηλεκτρικού ερεθισμού όπως σε βλάβη του ΚΝΣ μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο ή κάκωση του ΝΜ.

Απόκριση των μυών στον ηλεκτρικό ερεθισμό

- **Αιματική Ροή**

Η μετατροπή των μυϊκών ινών από τύπου II σε τύπου I βασίζεται στην εξασφάλιση αυξημένης παροχής οξυγόνου (αύξηση αιματικής παροχής), άρα και στην αύξηση της αγγείωσης (αύξηση πυκνότητας του δικτύου τριχοειδών αγγείων).

- Η ενίσχυση της νευρωνικής ανάπτυξης οδηγεί στην αύξηση της αγγειοποίησης και αντίστροφα (Grills et al 1997).
- Αντίστοιχα, η αύξηση της δραστηριότητας των υπαρχόντων νευρικών ινών μέσω του ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού προάγει την αγγειοποίηση, την αιματική ροή, και την αποδοτικότητα των τριχοειδών (Brown et al 2001).

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Δεν πρέπει να εφαρμόζεται ή πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή σε ασθενείς με:

- Βηματοδότη
- Περιφερική αγγειοπάθεια, ιδιαιτέρως όπου υπάρχει κίνδυνος αποκόλλησης θρόμβων
- Υπέρταση ή υπόταση, διότι ενδέχεται να επηρεαστεί η απόκριση του Α.Ν.Σ.
- Περιοχές υπερβολικής συγκέντρωσης λιπώδους ιστού, διότι απαιτείται υψηλής έντασης ερεθισμός που ενδέχεται να επηρεάσει την απόκριση του Α.Ν.Σ.
- Νεοπλασίες
- Περιοχές ενεργού ιστικής μόλυνσης
- Αφυδατωμένο δέρμα (π.χ. μετά από ακτινοβολία Χ)
- Νοητικές δυσκολίες που καθιστούν δύσκολη την κατανόηση της θεραπείας και την ανατροφοδότηση από αυτήν

Αντενδείξεις και κίνδυνοι

Δεν πρέπει να εφαρμόζεται πάνω στις εξής περιοχές:

- Καρωτιδικές αρτηρίες
- Θώρακα (ίσως παρεμβάλλεται στην λειτουργία της καρδιάς)
- Φρενικό νεύρο (A3-A4)
- Κορμό εγκύων
- Υπαισθησία

Κίνδυνοι στους οποίους πρέπει να επιδεικνύεται προσοχή κατά την εφαρμογή:

- Χημική βλάβη εξαιτίας ανεπαρκούς προστασίας του δέρματος (ιδιαίτερος στο συνεχές ή διακοπτόμενο συνεχές)
- Παρεμβολή στην λειτουργία εξαιτίας της εγγύτητας διαθερμίας σε λειτουργία