



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ**
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΧΡΟΝΙΟΥ ΠΟΝΟΥ ΣΕ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΕΣ
ΠΑΘΗΣΕΙΣ**

«Electrotherapy and management of chronic pain in musculoskeletal disorders»

ΦΟΙΤΗΤΕΣ:

ΒΥΘΟΥΛΚΑ ΒΙΟΛΕΤΑ Α.Μ. 2049

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΘΗΣ Α.Μ. 1925

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Δρ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ- 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή : Ο μυοσκελετικός πόνος μπορεί να είναι εξουθενωτικός. Μπορεί επίσης να σας προκαλέσει απώλεια ύπνου. Οι μέθοδοι ηλεκτροθεραπείας χρησιμοποιούν πολλαπλές συσκευές που παράγουν διαφορετικούς τύπους ηλεκτρονικής κυματομορφής, συχνότητα κύματος και πλάτος κύματος και χρησιμοποιούνται για αναλγητική ανακούφιση καταστάσεων χρόνιου πόνου. Τα τελευταία χρόνια, έχει υπάρξει ένας αριθμός συστηματικών ανασκοπήσεων/μετα-αναλύσεων που εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της ηλεκτροθεραπείας για τη μείωση του χρόνιου πόνου σε άτομα με μυοσκελετικές παθήσεις.

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να μελετήσει μέσα από την ανάλυση ερευνών κατά πόσο η ηλεκτροθεραπεία είναι αποτελεσματική σε καταστάσεις χρόνιου πόνου σε μυοσκελετικές διαταραχές.

Μεθοδολογία: Η παρούσα εργασία θα είναι μια βιβλιογραφική ανασκόπηση και θα μελετηθούν άρθρα τα οποία θα αναζητηθούν από τις εξής βάσεις δεδομένων: Medline, Web of Science, Cochrane Library, Pubmed

Λέξεις – κλειδιά: Ηλεκτροθεραπεία, χρόνιος πόνος, διαχείριση, μυοσκελετικές παθήσεις

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ	6
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	6
1.2 ΤΥΠΟΙ ΜΔ	7
1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	8
1.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	111
ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	111
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	111
2.2 Η ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ.....	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	144
ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	144
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	144
3.2 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ ΛΕΙΖΕΡ ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (ΕΝΤΑΣΗΣ) (LLLT)	144
3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ.....	155
3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΑ	166
3.5 ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΝΕΥΡΩΝ (TENS)	188
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	200
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ.....	200
4.1 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	200
4.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.....	211
4.3 ΠΛΑΤΟΣ/ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΛΜΟΥ	211

4.4ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	222
4.5 ΠΛΑΤΟΣ/ΕΝΤΑΣΗ.....	233
4.6 ΜΟΤΙΒΑ ΠΑΛΜΩΝ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.....	244
4.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ	244
4.8 ΈΝΤΑΣΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ	255
4.9 ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.....	255
4.10 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ	266
4.11 ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.....	277
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	300
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	300
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	300
5.2 ΣΚΟΠΟΣ	300
5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	300
5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	311
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	411
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	422

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μυοσκελετικές διαταραχές είναι μια από τις πιο διαδεδομένες και δαπανηρές διαταραχές παγκοσμίως. Ο χρόνιος μυοσκελετικός πόνος έχει τεράστιο παγκόσμιο επιπολασμό και ετήσιο κόστος σε εκατοντάδες δισεκατομμύρια δολάρια ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες (United States Bone and Joint Decade, 2010). Οι μυοσκελετικές παθήσεις περιλαμβάνουν περισσότερες από 150 παθήσεις που επηρεάζουν το κινητικό σύστημα των ατόμων. Οι μυοσκελετικές παθήσεις συμβάλλουν επίσης περισσότερο στην παγκόσμια ανάγκη για αποκατάσταση. Ο πόνος στη μέση είναι ο κύριος παράγοντας που συμβάλλει στη συνολική επιβάρυνση των μυοσκελετικών παθήσεων. Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στη συνολική επιβάρυνση των μυοσκελετικών παθήσεων περιλαμβάνουν κατάγματα, οστεοαρθρίτιδα, άλλους τραυματισμούς (305 εκατομμύρια), πόνους στον αυχένα και ρευματοειδή αρθρίτιδα (Korhan & Mackie, 2010).

Η μη χειρουργική φροντίδα, συμπεριλαμβανομένης της άσκησης, της εκπαίδευσης και της υγείας της συμπεριφοράς, συνιστάται παγκοσμίως ως θεραπεία πρώτης γραμμής για την πλειονότητα των χρόνιων μυοσκελετικών παθήσεων. Ωστόσο, η συντηρητική φροντίδα έχει σημαντικά εμπόδια στην αποτελεσματική εφαρμογή και απαιτεί υψηλότερη δέσμευση ασθενών για να είναι επιτυχής. Δεδομένης της αυξανόμενης επιβάρυνσης του χρόνιου μυοσκελετικού πόνου, απαιτείται ένας επεκτάσιμος και αποτελεσματικός τρόπος συντηρητικής παροχής φροντίδας (Bedwell et al., 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Οι μυοσκελετικές διαταραχές (ΜΔ) περιλαμβάνουν διάφορες καταστάσεις που επηρεάζουν τα οστά, τις αρθρώσεις, τους μύες και τους συνδετικούς ιστούς. Αυτές οι διαταραχές μπορεί να οδηγήσουν σε πόνο και απώλεια λειτουργικότητας και είναι από τις πιο αναπηρικές και δαπανηρές καταστάσεις. Οι διαταραχές του μυοσκελετικού συστήματος ως καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν από κληρονομικές, συγγενείς ή επίκτητες παθολογικές διεργασίες. Οι βλάβες μπορεί να προκύψουν από μολυσματικές, φλεγμονώδεις ή εκφυλιστικές διεργασίες, τραυματικά ή αναπτυξιακά συμβάντα, ή νεοπλασματικά, αγγειακά ή τοξικά/μεταβολικά νοσήματα (Delitto et al., 2015).

Ο ορισμός ισχύει για οποιαδήποτε διαταραχή του μυοσκελετικού συστήματος, δηλαδή τις δομές που κάνουν το σώμα να κινείται, ή να του επιτρέπει να διατηρείται στις διαφορετικές στατικές θέσεις που ονομάζονται στάσεις.

Ως εκ τούτου, οι ΜΔ είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σειρά παθήσεων που σχετίζονται με:

- σημεία: άνω άκρα (χέρι, χέρια και δάχτυλα), κάτω άκρα (μηροί, πόδια και πόδια), κορμός ή σπονδυλική στήλη (συμπεριλαμβανομένου του λαιμού),
- πνευλικές ή θωρακικές ζώνες,
- ιστούς ή όργανα: οστό, τένοντας, άρθρωση (και συστατικά), νεύρο, αγγείο κ.λπ.
- παθογόνους μηχανισμούς ή αιτίες: μηχανικούς (δύναμη, φορτίο, κίνηση), οργανωτικούς (ταχύτητα), ψυχοκοινωνικούς (κλίμα) (Fuentes et al., 2010).

1.2 ΤΥΠΟΙ ΜΔ

Οι βασικότεροι τύποι ΜΔ είναι:

Αρχικά μια πολύ συχνή διαταραχή είναι η Τενοντίτιδα. Είναι το πιο συχνό πρόβλημα των χεριών, το οποίο συμβαίνει όταν οι τένοντες που συνδέουν τα δάχτυλα με τους μύες των αντιβραχίων φλεγμονώνονται. Οι τένοντες βοηθούν στη σύνδεση των μυών στο οστό για να επιτραπεί η κίνηση μιας άρθρωσης (Hurlow et al., 2012).

Στη συνέχεια το σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα (CTS) είναι η κατάσταση που είναι αποτέλεσμα αυτής της διόγκωσης. Ο καρπιαίος σωλήνας είναι ένα μικρό άνοιγμα κοντά στο κάτω μέρος του χεριού που φιλοξενεί τους τένοντες και το μέσο νεύρο που παρέχει αίσθηση στο χέρι. Υπάρχουν πολλά σύνδρομα του CTS, αλλά τα πιο συχνά είναι μούδιασμα, μυρμήγκιασμα ή αίσθημα καύσου στις παλάμες, τα δάχτυλα και τους καρπούς. Αυτές οι καταστάσεις μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια δύναμης και αίσθησης στα χέρια εγκαίρως (Walsh et al., 2009).

Η Συμπίεση νεύρων αφορά όλο το σώμα και υπάρχουν αρκετά νεύρα που μεταδίδουν σήματα από τα μέρη του σώματος στον εγκέφαλο. Αυτά συχνά μετακινούνται στη σπονδυλική στήλη μέσω μικρών σηράγγων που είναι διαθέσιμες μεταξύ των σπονδύλων. Υπάρχουν πολλές καταστάσεις που προκαλούν τα νεύρα να συμπιέζονται, να τσιμπούν, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αδυναμία, μούδιασμα, έντονο πόνο και απώλεια συντονισμού. Η κατάσταση κατά την οποία το ισχιακό νεύρο στη σπονδυλική στήλη συμπιέζεται είναι γνωστή ως ισχιαλγία. Τα συμπτώματα αυτής της πάθησης εμφανίζονται στο πίσω μέρος του ποδιού και στο πλάι του ποδιού (Wright et al., 2014). Επίσης, το Σύνδρομο/νόσος Raynaud αφορά την απώλεια της κυκλοφορίας του αίματος, που οδηγεί σε μούδιασμα. Η Αντανακλαστική συμπαθητική δυστροφία είναι άλλη μια σπάνια, κατάσταση που χαρακτηρίζεται από πρησμένα χέρια και απώλεια μυϊκού ελέγχου.

Η Αυχενική ριζοπάθεια είναι η κατάσταση ενός τραυματισμού λόγω της επέκτασης εκείνων των νεύρων που παρέχουν αίσθηση και πυροδοτούν κίνηση από τους αυχενικούς σπονδύλους και έχουν ως αποτέλεσμα αδυναμία, μούδιασμα ή πόνο στο χέρι, στον καρπό, στον βραχίονα ή στον ώμο. Η Πλευρική επικονδυλίτιδα είναι μια

κατάσταση όταν το εξωτερικό μέρος του αγκώνα γίνεται ευαίσθητο (Cieza et al., 2020).

Τέλος, η Ρευματοειδής αρθρίτιδα είναι μια αυτοάνοση νόσο που είναι προοδευτική και εμφανίζεται μακροπρόθεσμα. Προκαλεί πόνο, οίδημα και φλεγμονή μέσα και γύρω από τις αρθρώσεις και άλλα όργανα του σώματος. Τα χέρια και τα πόδια επηρεάζονται κυρίως, αλλά μπορεί να παρατηρηθεί και σε οποιαδήποτε άρθρωση. Εμφανίζεται συνήθως στις ίδιες αρθρώσεις και στις δύο πλευρές του σώματος (Delitto et al., 2015).

1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Οι μυοσκελετικές διαταραχές είναι ένα πολυπαραγοντικό φαινόμενο που δημιουργείται ως αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων κινδύνου. Ένας από τους παράγοντες κινδύνου είναι η ακατάλληλη στάση του σώματος. Ακόμα κι αν η κατάσταση είναι κατάλληλη, η παρατεταμένη στατική θέση μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα εμφάνισης (Fuentes et al., 2010).

Σήμερα, με την αυξανόμενη ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, η επίπτωση της στασιμότητας και της αδράνειας, της κόπωσης και των μυοσκελετικών διαταραχών έχουν αυξηθεί στους ασθενείς. Το εργασιακό περιβάλλον, λόγω της μη συμμόρφωσης με ορισμένες εργονομικές αρχές, είναι η αιτία για μείζονες μυοσκελετικές διαταραχές και ο σωστός σχεδιασμός και διαχείριση μπορεί να μειώσει σημαντικά το ποσοστό αυτών των διαταραχών. Οι μισές από τις ασθένειες που σχετίζονται με την εργασία προκαλούνται από μυοσκελετικές διαταραχές και είναι η κύρια αιτία της σπατάλης χρόνου και της υπέρβασης του κόστους. Το αίσθημα πόνου και αναπηρίας σε διάφορα μέρη του μυοσκελετικού συστήματος συγκαταλέγεται στις κύριες δυσκολίες της εργασίας σε περιβάλλοντα γραφείου (Hurlow et al., 2012).

Οι επιπλοκές των πόνων στον αυχένα και τους ώμους είναι οι κύριοι λόγοι απουσίας σε περιβάλλον γραφείου και έχουν αντιπροσωπεύσει περισσότερες από τις μισές απουσίες στο χώρο εργασίας. Στις περισσότερες διοικητικές εργασίες που απαιτούν εκτεταμένη χρήση των ματιών, υπάρχουν διαταραχές του αυχένα και των ώμων που

οφείλονται κυρίως στην παρατεταμένη χρήση υπολογιστών από το προσωπικό. Σε μελέτες που διεξήχθησαν σε διάφορες χώρες, έχει αναφερθεί υψηλός επιπολασμός μυοσκελετικών διαταραχών μεταξύ του προσωπικού γραφείου και οι περιοχές που έχουν πληγεί περισσότερο ήταν ο λαιμός και οι ώμοι. Οι μυοσκελετικές διαταραχές επηρεάζουν την απόδοση του προσωπικού γραφείου με διάφορες μορφές, επηρεάζουν, για παράδειγμα, την ποιότητα της απόδοσης και των δεξιοτήτων του υπαλλήλου (Walsh et al., 2009).

Στην Αμερική και στον Καναδά για παράδειγμα αντίστοιχα, το 1,3% και το 2,4% των εσόδων δαπανώνται ετησίως για το κόστος θεραπείας των μυοσκελετικών παθήσεων και η διάγνωση και η θεραπεία μόνο στις ΗΠΑ ανέρχονται σε δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια, αν και, επίσης, στο Ιράν, ένα τεράστιο ποσό δαπανώνται ετησίως για τη θεραπεία ασθενών με μυοσκελετικές διαταραχές, δεν υπάρχει ακριβής γνώση αυτού του κόστους (Bevan, 2009).

1.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Οι πιο συχνές μυοσκελετικές διαταραχές περιλαμβάνουν την οστεοαρθρίτιδα, τη ρευματοειδή αρθρίτιδα και τα προβλήματα του αυχένα και της πλάτης που σχετίζονται με τη σπονδυλική στήλη. Μεταξύ των επαγγελματικά ενεργών ενηλίκων, οι μυοσκελετικές διαταραχές είναι η κύρια αιτία αναπηρίας. Οι μυοσκελετικές διαταραχές σχετίζονται συχνά με την εργασία και αποτελούν σημαντικό πρόβλημα στο χώρο εργασίας—οδηγούν σε ανθρώπινο πόνο, απώλεια χρόνου λόγω απουσίας λόγω ασθένειας και μειωμένη παραγωγικότητα εργασίας (παρουσίαση). Οι μυοσκελετικές διαταραχές έχουν συχνά πολυπαραγοντική προέλευση και επηρεάζονται από πολυπαραγοντικούς παράγοντες κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων των εμβιομηχανικών, ψυχοκοινωνικών και ατομικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον, πολλές από αυτές τις μυοσκελετικές διαταραχές είναι συχνά ανθεκτικές στις τρέχουσες θεραπείες (Collins & O'Sullivan, 2015).

Επειδή ο πόνος και η διαταραχή της λειτουργικότητας είναι τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά των περισσότερων μυοσκελετικών διαταραχών, οι θεραπευτικές μελέτες συνήθως αξιολογούν τις μετρήσεις του πόνου ή της λειτουργίας που αναφέρθηκαν από τον ασθενή ως πρωταρχικά αποτελέσματα. Αν και τα αποτελέσματα του πόνου και τα λειτουργικά αποτελέσματα συσχετίζονται συχνά, δεν

μπορεί να θεωρηθεί ότι οι βελτιώσεις στον πόνο θα οδηγήσουν αυτόματα σε βελτιώσεις στη λειτουργία και το αντίστροφο. Πολλά φάρμακα και μη φαρμακολογικές θεραπείες είναι διαθέσιμα για την ανακούφιση του πόνου που σχετίζεται με μυοσκελετικές διαταραχές. Μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση των στοιχείων για τη θεραπεία του μυοσκελετικού πόνου βρήκε μέτριες έως ισχυρές ενδείξεις ότι η άσκηση και οι ψυχοκοινωνικές παρεμβάσεις ήταν αποτελεσματικές στην ανακούφιση του πόνου και στη βελτίωση της λειτουργίας (Bonzini et al., 2015).

Οι κατευθυντήριες οδηγίες συνιστούν θεραπείες χωρίς φάρμακα ως θεραπείες πρώτης γραμμής για τη χρόνια οσφυαλγία και τον πόνο της. Τα φάρμακα, ιδιαίτερα τα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα (ΜΣΑΦ), συνήθως συνιστώνται ως θεραπεία δεύτερης γραμμής ή ως συμπληρωματική θεραπεία. Μέχρι πρόσφατα, διάφοροι φορείς συνιστούσαν οπιοειδή αναλγητικά για τη θεραπεία του χρόνιου μυοσκελετικού πόνου όταν άλλες θεραπείες ήταν αναποτελεσματικές (Mustard et al., 2015).

Μια προσωποκεντρική προσέγγιση που εστιάζει στην αυτοδιαχείριση και έναν υγιεινό τρόπο ζωής είναι σημαντική για την αποκατάσταση και τη διατήρηση της λειτουργίας, για τη βελτίωση της συμμετοχής μακροπρόθεσμα και για την παροχή ενός σχεδίου διαχείρισης. Η αυτοδιαχείριση ταιριάζει με την έννοια της θετικής υγείας («η ικανότητα προσαρμογής και αυτοδιαχείρισης, ενόψει κοινωνικών, σωματικών και συναισθηματικών προκλήσεων») ως μια γενική προσέγγιση για την πρόληψη της μακροχρόνιας αναπηρίας από επίμονες μυοσκελετικές διαταραχές (Davis & Kotowski, 2014).

Οι προσδοκίες των ασθενών πρέπει να αλλάξουν, έτσι ώστε οι άνθρωποι να είναι λιγότερο πιθανό να περιμένουν διάγνωση ή θεραπεία για τον πόνο τους. Η αποτελεσματική αυτοδιαχείριση βασίζεται στις δεξιότητες για ενεργή συμμετοχή και ανάληψη ευθύνης για επίμονες συνθήκες. Οι βασικές δεξιότητες αυτοδιαχείρισης περιλαμβάνουν την επίλυση προβλημάτων, τη λήψη αποφάσεων, τη χρήση πόρων, τον προγραμματισμό δράσης, την αυτοπροσαρμογή, την αυτο-παρακολούθηση και τη δημιουργία μιας επαγγελματικής συνεργασίας ασθενούς-υγείας (Noroozi et al., 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ηλεκτροθεραπεία είναι η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ως ιατρική θεραπεία. Η ιστορία της ηλεκτροθεραπείας και η χρήση της στη θεραπεία ξεκίνησε πριν από το 1855 όταν ο Guillaume Duchenne, ο δημιουργός της ηλεκτροθεραπείας, ανακοίνωσε ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα ήταν ανώτερο από το συνεχές ρεύμα για την ηλεκτροθεραπευτική ενεργοποίηση των μυϊκών συσπάσεων (Babatunde et al., 2017). Αυτό που ονόμασε «θερμαντική επίδραση» των συνεχών ρευμάτων ερεθίζει το δέρμα, καθώς, σε ισχύς τάσης που απαιτούνται για τις συσπάσεις των μυών, προκαλούν το δέρμα να σχηματίζει φουσκάλες (στην άνοδο) και να πιέζει (στην κάθοδο). Επιπλέον, με συνεχές ρεύμα (DC), κάθε συστολή απαιτούσε τη διακοπή του ρεύματος και την επανεκκίνηση. Επιπλέον, το εναλλασσόμενο ρεύμα θα μπορούσε να προκαλέσει ισχυρές μυϊκές συσπάσεις ανεξάρτητα από την κατάσταση του μυός, ενώ οι προκαλούμενες από συνεχές ρεύμα συσπάσεις ήταν ισχυρές εάν ο μυς ήταν δυνατός και αδύναμος εάν ο μυς ήταν αδύναμος (Bannuru et al., 2019).

Από τότε, σχεδόν όλη η αποκατάσταση που περιλαμβάνει μυϊκή σύσπαση έχει πραγματοποιηθεί με μια συμμετρική ορθογώνια διφασική κυματομορφή. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1940, ωστόσο, το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, ερευνώντας την εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης όχι μόνο για την καθυστέρηση και την πρόληψη της ατροφίας, αλλά και για την αποκατάσταση της μυϊκής μάζας και της δύναμης, χρησιμοποίησε αυτό που ονομάστηκε γαλβανική άσκηση στα ατροφημένα χέρια ασθενών που είχαν βλάβη στο ωλένιο νεύρο. Αυτές οι γαλβανικές ασκήσεις χρησιμοποιούσαν μια μονοφασική κυματική μορφή, συνεχές ρεύμα – ηλεκτροχημεία (Qaseem et al., 2017).

2.2 Η ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ

Η κυτταρική μεμβράνη έχει μια δυναμική που είναι κατά μέσο όρο περίπου 70 mV, και αυτή η ηλεκτρική δραστηριότητα της κυτταρικής μεμβράνης είναι κρίσιμη για την κανονική λειτουργία των κυττάρων. Το επίπεδο δραστηριότητας της κυτταρικής μεμβράνης καθορίζει τη διεγερσιμότητα και το επίπεδο δραστηριότητας του κυττάρου (Becka et al., 2017). Όταν το επίπεδο δραστηριότητας είναι υψηλό, η δραστηριότητα του κυττάρου αυξάνεται, και αντιστρόφως όταν το επίπεδο δραστηριότητας είναι χαμηλό, η δραστηριότητα του κυττάρου μειώνεται. Η ποικιλία των εξωγενών πηγών ενέργειας επιτρέπει διαφορετικά επίπεδα διεγερσιμότητας στην κυτταρική μεμβράνη. Μερικές από τις πηγές ενέργειας μπορεί να περιλαμβάνουν ηλεκτρομαγνητική, ηλεκτρική ή μηχανική πηγή. Κάθε πηγή ενέργειας απορροφάται σε διαφορετικό τύπο ιστού.

Ο υπέρηχος, για παράδειγμα, απορροφάται κατά προτίμηση στους πυκνούς ιστούς με βάση το κολλαγόνο και ως εκ τούτου θα επιτύχει τα καλύτερα αποτελέσματά του σε ιστούς όπως συνδέσμους, τένοντες, κάψουλες αρθρώσεων και ιστό. Η ηλεκτρική διέγερση (όπως η διαδερμική ηλεκτρική διέγερση νεύρων (TENS)) θα επηρεάσει πρωτίστως τα νεύρα και η ενέργεια ηλεκτρομαγνητικής ραδιοσυχνότητας, όπως τα παλμικά βραχέα κύμα, θα απορροφηθεί κυρίως στους υγρούς, ιοντικούς ιστούς όπως ο μυς και ο οίδηματώδης ιστός (Berenbaum et al., 2014).

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους η εξωγενής ενέργεια μπορεί να εφαρμοστεί για να επιτευχθούν αυτές οι αλλαγές. Και τα δύο θα επηρεάσουν το ενεργειακό σύστημα του κυττάρου ενώ και τα δύο εφαρμόζονται στην τρέχουσα πρακτική.

Η πρώτη μέθοδος είναι η παροχή υψηλότερης ενέργειας που θα υπερνικήσει την ηλεκτρική δραστηριότητα της κυτταρικής μεμβράνης και το επίπεδο διέγερσης των κυττάρων θα αυξηθεί και συνεπώς η κυτταρική δραστηριότητα. Όταν χρησιμοποιείται ηλεκτρική διέγερση, το ρεύμα προκαλεί την αποπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης. Η ηλεκτρική διέγερση είναι το έναυσμα του δυναμικού δράσης. Η ανακούφιση από τον πόνο μπορεί να επιτευχθεί διεγείροντας τα αισθητήρια νεύρα και φτάνοντας στον μηχανισμό της πύλης του πόνου. Υπάρχει μια

μεγάλη ποικιλία μηχανισμών ηλεκτρικής διέγερσης που χρησιμοποιούν διαφορετικά εύρη συχνοτήτων για την επίτευξη μείωσης του πόνου. Η συχνότητα του ερεθίσματος στο κινητικό νεύρο θα προκαλέσει κάποια μορφή μυϊκής συστολής. Για παράδειγμα, μικρές εντάσεις συνεχούς ρεύματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επηρεάσουν τις αποκρίσεις επούλωσης των μυοσκελετικών ιστών και η παρεμβαλλόμενη θεραπεία έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της επούλωσης των καταγμάτων (Lew et al., 2018).

Οι τρόποι που χρησιμοποιούν ενέργεια χαμηλού επιπέδου αυξάνουν τη δραστηριότητα της κυτταρικής μεμβράνης με μη θερμικό αποτέλεσμα. Παραδείγματα τέτοιων τρόπων είναι χαμηλού επιπέδου λέιζερ, θεραπευτικοί υπέρηχοι και παλμική θεραπεία βραχέων κυμάτων. Αυτές οι μέθοδοι έχουν επίδραση στους τένοντες και άλλους μυοσκελετικούς ιστούς (Malmstrom et al., 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση ηλεκτρικής διέγερσης για την παραγωγή ανθρώπινης κίνησης δεν είναι μια νέα διαδικασία. Το 1790, ο Luigi Galvani παρατήρησε για πρώτη φορά την κίνηση μετά την εφαρμογή ηλεκτρικών καλωδίων σε μύες των ποδιών που αποκόπηκαν από το σώμα βατράχων και το 1831, ο Michael Faraday έδειξε ότι τα ηλεκτρικά ρεύματα μπορούσαν να διεγείρουν τα νεύρα για να δημιουργήσουν ενεργή κίνηση. Ένα από τα πρώτα κλινικά πειράματα που χρησιμοποίησε ηλεκτρική διέγερση για τη λειτουργία των μυών διέγειρε το περονιαίο νεύρο στο πόδι σε μια προσπάθεια να διορθωθεί η πτώση του ποδιού σε άτομα με ημιπληγία που σχετίζεται με εγκεφαλικό (Nutti et al., 2019).

3.2 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ ΛΕΙΖΕΡ ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (ΕΝΤΑΣΗΣ) (LLLT)

Οι καθηγητές Endre Mester στη Βουδαπέστη και ο Dr Friedrich Plog στον Καναδά είναι δύο από τους ηγέτες στον πειραματισμό και τη θεραπεία με χρήση λέιζερ χαμηλής ισχύος. Το λέιζερ (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, που περιλαμβάνει ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που κυμαίνονται κάθετα προς την κατεύθυνση διάδοσης. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται συνήθως στη Θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου περιλαμβάνουν συσκευές που λειτουργούν στο ορατό καθώς και στο αόρατο (υπέρυθρο) τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι συσκευές λέιζερ αποτελούνται από τρία βασικά στοιχεία: ένα μέσο λέιζερ, μια πηγή ενέργειας και μια μηχανική δομή. Τα λέιζερ είναι εξαιρετικά μονοχρωματικά, παράγοντας ουσιαστικά μόνο ένα μόνο μήκος κύματος φωτός. Αυτό είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του λέιζερ καθώς η απορρόφηση του φωτός είναι συγκεκριμένη για το μήκος κύματος. Οι περισσότερες συσκευές λέιζερ χαμηλού επιπέδου παράγουν φως στις ζώνες Red Visible & Near Infra-red του φάσματος EM, με τυπικά μήκη

κύματος 600–1000 nm. Η μέση ισχύς τέτοιων συσκευών είναι γενικά χαμηλή (1–100 mW), αν και η μέγιστη ισχύς μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν. Η έξοδος μπορεί να είναι συνεχής ή παλμική, με στενά πλάτη παλμών (στο εύρος νανο ή μικρο δευτερολέπτων) και μεγάλη ποικιλία ρυθμών επανάληψης παλμών από 2 Hz έως αρκετές χιλιάδες Hz (Xia et al., 2019).

Η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (έντασης), όταν εφαρμόζεται στους ιστούς του σώματος, παρέχει ενέργεια σε επίπεδο ικανό να διαταράξει τις τοπικές τροχιές ηλεκτρονίων και να οδηγήσει στη δημιουργία θερμότητας, την έναρξη χημικών αλλαγών, τη διάσπαση των μοριακών δεσμών και την παραγωγή ελεύθερων ριζών. Αυτοί θεωρούνται ότι είναι οι πρωταρχικοί μηχανισμοί με τους οποίους η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου επιτυγχάνει τα φυσιολογικά και συνεπώς τα θεραπευτικά του αποτελέσματα και ο πρωταρχικός στόχος είναι ουσιαστικά η κυτταρική μεμβράνη. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία επιδράσεων σε φυσιολογικό και κυτταρικό επίπεδο που έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτέλεσμα θεραπείας με λέιζερ. Ορισμένα περιλαμβάνουν αυξημένο κυτταρικό μεταβολισμό, διέγερση μακροφάγων, διέγερση αποκοκκίωσης μαστοκυττάρων, ενεργοποίηση και πολλαπλασιασμό ινοβλαστών και μεταβολή των δυνατοτήτων της κυτταρικής μεμβράνης (Zheng et al., 2018).

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κλινικών χρήσεων, όπως ανακούφιση από τον πόνο, αιμάτωμα, μυϊκές ρήξεις και τραυματισμοί, τενοντίτιδα και τενοντοπάθειες, παραμορφώσεις συνδέσμων, θυλακίτιδα και αρθροπάθειες. Αυτό ενισχύει την αποτελεσματικότητα της θεραπείας με λέιζερ μεγιστοποιώντας την πυκνότητα ισχύος και ενέργειας, μειώνοντας την ανάκλαση και προσεγγίζοντας τον ανιχνευτή θεραπείας με τον ιστό-στόχο (Xia et al., 2019).

3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Η θεραπεία με μαγνητικό πεδίο είναι ένα θεραπευτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ανακούφιση του πόνου και άλλων ασθενειών εδώ και αιώνες. Ωστόσο, η

τεκμηριωμένη απόδειξη των επιπτώσεών του δημοσιεύτηκε μόλις πρόσφατα. Τα οφέλη αυτού του θεραπευτικού εργαλείου εφαρμόζονται σε έναν αυξανόμενο αριθμό παραϊατρικών πρακτικών. Στην πραγματικότητα, έχουν αναφερθεί κλινικές μελέτες για τη διαχείριση του πόνου, τα οξεία διαστρέμματα αστραγάλου, την επούλωση χρόνιων τραυμάτων και τους οξείς τραυματισμούς κλπ. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει μικρός κίνδυνος κατά την παροχή αυτής της θεραπείας. Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η ευαισθητοποίηση υπέρ των θεραπειών της «Συμπληρωματικής και Εναλλακτικής Ιατρικής». Αυτές οι μη φαρμακευτικές θεραπείες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν χωρίς επιφυλάξεις σχετικά με τις εξαρτήσεις και τις παρενέργειες (Xia et al., 2019).

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη θεραπειών με μαγνητικά πεδία. Δύο παραδείγματα είναι τα στατικά μαγνητικά πεδία και τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Κάθε ένα έχει μια μεγάλη ποικιλία συχνοτήτων και δυνατοτήτων. Η τρέχουσα επιστημονική βιβλιογραφία δείχνει ότι η σύντομη, περιοδική έκθεση σε παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (PEMF) είναι η πιο αποτελεσματική μορφή ηλεκτρομαγνητικής θεραπείας. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία είναι χρονικά μεταβαλλόμενα και παλμικά μαγνητικά πεδία που είναι διαφορετικά από τα στατικά μαγνητικά πεδία. Είναι μια μέθοδος θεραπείας χωρίς θερμότητα, αποτελεσματική και απλή. Αντιμετωπίζοντας τον ασθενή είτε γενικά είτε τοπικά με ένα μαγνητικό πεδίο γεμάτο σε δέσμες παλμών, οι κυτταρικές λειτουργίες μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά. Η υψηλή βιολογική αποτελεσματικότητα του παλλόμενου πεδίου χρησιμοποιείται ως μέσο θεραπείας και ως διαγνωστικό εργαλείο.

Πρόσφατη βιβλιογραφία αναφέρει ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ήταν αποτελεσματικά στην ανακούφιση του πόνου με πολλούς διαφορετικούς τρόπους (Hubli et al., 2013).

3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΑ

Η ηλεκτρομυογραφία είναι η μελέτη της δραστηριότητας της κινητικής μονάδας. Πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος, τα χαρακτηριστικά συστολής των κινητήριων μονάδων και τη σειρά με την οποία στρατολογούνται μπορούν να συλλεχθούν πραγματοποιώντας μια μελέτη ΗΜΓ. Ένα ΗΜΓ μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια βελόνας ή επιφανειακά

ηλεκτρόδια. Η δραστηριότητα μιας μονάδας κινητήρα μπορεί να καταγραφεί καλύτερα χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο βελόνας. Αυτό χρησιμοποιείται συνήθως για διαγνωστικούς σκοπούς. Για την κινησιολογική προπόνηση, τα επιφανειακά ηλεκτρόδια μπορεί να είναι πιο κατάλληλα από τα ηλεκτρόδια με βελόνα.

Υπάρχει περιορισμένη βιβλιογραφία σχετικά με τη χρήση του ΗΜΓ επιφανείας (sEMG) ως εργαλείου για τη μελέτη, τη διάγνωση ή τη θεραπεία μυοσκελετικών προβλημάτων. Ωστόσο, υπάρχουν τεράστιες δυνατότητες χρήσης του στον τομέα της αποκατάστασης ως εργαλείο για την εξέταση και τη θεραπεία της μυϊκής δυσλειτουργίας (Xia et al., 2019).

Τα άτομα με μυοσκελετικά προβλήματα έχουν την τάση να αναπτύσσουν δυσλειτουργικά μοτίβα κίνησης και στάσης ακόμα και σε πολύ νεαρή ηλικία. Αυτή η τάση συχνά διαπιστώνεται ότι προηγείται ακόμη και της ανάπτυξης των αρθρώσεων-στόχων. Αυτό με τη σειρά του θα επηρεάσει τον σχηματισμό κινητικών στρατηγικών και τη σχέση μήκους-τάσεως στους μυς, τον τένοντα και τον περιβάλλοντα μαλακό ιστό. Σε μια χρονική περίοδο, η αισθητηριακή ανάδραση από αυτούς τους δυσλειτουργικούς μηχανισμούς θα πείσει το κεντρικό νευρικό σύστημα του PWH ότι αυτά τα μοτίβα είναι πράγματι φυσιολογικά. Αυτό θέτει το στάδιο για το σχηματισμό και την καθίζηση των αρθρώσεων-στόχων. Η απλή αντιμετώπιση μόνο των αναγκών των αρθρώσεων-στόχων μπορεί να μην είναι αρκετή για να μειώσει τη συχνότητα αιμορραγίας τους. Αντίθετα, ο φροντιστής πρέπει να στοχεύει στη λειτουργική αποκατάσταση. Η λειτουργική αποκατάσταση συνεπάγεται ομαλοποίηση των στρατηγικών κίνησης και στρατολόγηση ειδικευμένων μυών μεταξύ άλλων παραμέτρων. Το sEMG είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για να βοηθήσει στην επίτευξη αυτών των στόχων θεραπείας σε ένα PWH (Xia et al., 2019).

Αυτό συνήθως οδηγεί σε μια υπομέγιστη προσπάθεια από μέρους του ατόμου που εκτελεί την άσκηση. Ωστόσο, αυτά τα προβλήματα μπορεί να μην είναι πάντα παρατηρήσιμα κλινικά. Το sEMG επιτρέπει την τεκμηρίωση των χαρακτηριστικών απόδοσης του κινούμενου μυός και οι πληροφορίες που λαμβάνονται θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να ρυθμίσετε με ακρίβεια ένα πρόγραμμα άσκησης για να αποδώσουν πιο ευεργετικά αποτελέσματα.

Στην PWH, με πολλαπλές αρθρώσεις-στόχους σε διάφορα στάδια μυοσκελετικών προβλημάτων, υπάρχει σχεδόν πάντα ένα στοιχείο χρόνιου πόνου που εμποδίζει την κίνηση. Μπορεί να μην είναι σε θέση να εκτελέσουν αργή, ομαλή ελεγχόμενη κίνηση. Μπορεί να υπάρχει σημαντική κακή χρήση των μυών. Αυτό μπορεί να είναι μεγαλύτερο πρόβλημα από την πραγματική απώλεια δύναμης. Η κίνηση επανεκπαίδευσης σε αυτούς τους ασθενείς θα πρέπει να συνοδεύει και εάν είναι απαραίτητο να προηγείται οποιουδήποτε προγράμματος προπόνησης δύναμης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το sEMG θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο ως εργαλείο αξιολόγησης αλλά και ως μορφή βιοανάδρασης (Mustard et al., 2015).

Όπως κάθε τεχνική, το sEMG έχει επίσης τους περιορισμούς του. Μετρά τη μυϊκή στρατολόγηση μόνο με τη μορφή ηλεκτρικής δραστηριότητας. Δεν μπορεί να μετρήσει τη δύναμη που δημιουργείται στους μυς, τον πόνο, το άγχος, το μήκος των μυών ή τη θέση της άρθρωσης. Η ακρίβεια του sEMG εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα του κλινικού γιατρού. Αυτό συμβαίνει επειδή η δραστηριότητα του sEMG μπορεί να υπόκειται σε σφάλματα που προκαλούνται από τη διαμόρφωση ηλεκτροδίων, την αντίσταση ιστού και άλλους παράγοντες που είναι εγγενείς σε κάθε ρύθμιση εγγραφής. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, το κόστος προμήθειας του εξοπλισμού sEMG μπορεί να αποθαρρύνει τη χρήση του σε πολλά τμήματα φυσιοθεραπείας (Cieza et al., 2020).

3.5 ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΝΕΥΡΩΝ (TENS)

Η διαδερμική ηλεκτρική διέγερση νεύρων (TENS) είναι μια μη επεμβατική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του πόνου. Ζωικά μοντέλα δείχνουν ότι η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή TENS προκαλεί αναλγητική ανοχή και διασταυρούμενη ανοχή στους υποδοχείς οπιοειδών της σπονδυλικής στήλης.

Είτε χρησιμοποιείται μόνη της για τη βελτίωση της κινητικής βλάβης είτε ενσωματωμένη σε πολύπλοκα συστήματα για τη δημιουργία λειτουργικής πολυαρθρικής κίνησης, η δυνατότητα που έχει η ηλεκτρική διέγερση για την αποκατάσταση είναι αμέτρητη. Η ηλεκτρική διέγερση χρησιμοποιείται σήμερα σε πολλές μορφές για να διευκολύνει τις αλλαγές στη μυϊκή δράση και απόδοση. Σε

κλινικές συνθήκες, η ηλεκτρική διέγερση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, την αύξηση του εύρους κίνησης, τη μείωση του οιδήματος, τη μείωση της ατροφίας, την επούλωση ιστών και τη μείωση του πόνου. Η νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση (NMES), που χρησιμοποιείται εναλλακτικά με την ηλεκτρική διέγερση (ES), παρέχεται συνήθως σε υψηλότερες συχνότητες (20-50 Hz) ρητά για την παραγωγή μυϊκής τετανίας και συστολής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για «λειτουργικούς» σκοπούς και μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία ήδη από το 1964. Το TENS είναι μια εναλλακτική μορφή ηλεκτρικής διέγερσης που χρησιμοποιούσε ιστορικά υψηλές συχνότητες για ανακούφιση από τον πόνο αλλά τώρα χορηγείται επίσης σε πολύ χαμηλές συχνότητες (αισθητηριακό επίπεδο TENS, 2-10 Hz). Το TENS διαδίδεται κατά μήκος μικρότερων προσαγωγών αισθητήριων ινών ειδικά για να παρακάμπτει τις παρορμήσεις του πόνου. Όταν χρησιμοποιούνται πολύ χαμηλές συχνότητες, το TENS στοχεύει ειδικά τις αισθητήριες νευρικές ίνες και δεν ενεργοποιεί τις κινητικές ίνες. Ως εκ τούτου, δεν προκαλείται ευδιάκριτη μυϊκή σύσπαση (Hurlow et al., 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

4.1 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Η συχνότητα αναφέρεται στους παλμούς που παράγονται ανά δευτερόλεπτο κατά τη διέγερση και δηλώνεται σε μονάδες Hertz (Hz, π.χ. 40 Hz = 40 παλμοί ανά δευτερόλεπτο). Οι συχνότητες της ηλεκτρικής διέγερσης που χρησιμοποιούνται μπορεί να ποικίλλουν ευρέως ανάλογα με τους στόχους της εργασίας ή της παρέμβασης, αλλά τα περισσότερα κλινικά σχήματα χρησιμοποιούν μοτίβα 20-50 Hz για βέλτιστα αποτελέσματα. Προκειμένου να αποφευχθεί η κόπωση ή η ενόχληση, συνήθως χρησιμοποιείται σταθερή διέγερση χαμηλής συχνότητας, η οποία παράγει ομαλή συστολή σε χαμηλά επίπεδα δύναμης. Σε μια μελέτη που συνέκρινε πολλές διαφορετικές συχνότητες και μοτίβα διέγερσης, οι συχνότητες κάτω των 16 Hz δεν ήταν επαρκείς για να προκαλέσουν μια αρκετά ισχυρή συστολή που να επιτρέψει στον τετρακέφαλο να επεκταθεί σε έναν στόχο 40°. Είναι ενδιαφέρον ότι οι χαμηλότερες συχνότητες διέγερσης έχει αποδειχθεί ότι προσδίδουν μια μακροχρόνια μείωση της εξόδου δύναμης γνωστή ως «κόπωση χαμηλής συχνότητας», που περιγράφηκε για πρώτη φορά από τους Edwards, Hill, Jones και Merton (Walsh et al. 2009). Αυτοί οι ερευνητές παρατήρησαν ότι οι κουρασμένοι μύες που διεγείρονται με χαμηλότερες συχνότητες (10-30 Hz) είχαν τη δυνατότητα να παράγουν χαμηλότερες δυνάμεις, μια κατάσταση που διήρκεσε για 24 ώρες ή περισσότερο. Το ίδιο αποτέλεσμα δεν παρατηρήθηκε όταν ο μύς διεγέρθηκε με υψηλότερες συχνότητες. Αργότερα εργασία των Delitto et al. (2015) έδειξε ότι υψηλότερες συχνότητες διέγερσης (50 Hz και 80 Hz) που χορηγήθηκαν στους μύες των χεριών είχαν ως αποτέλεσμα μια ταχεία μείωση της δύναμης μετά από περίπου 20 δευτερόλεπτα. Πιο πρόσφατα η μελέτη Wright et al. (2014) έδειξε ότι οι υψηλές συχνότητες της περιφερειακής διέγερσης μπορούν επίσης να έχουν κεντρική συμβολή. Η ενεργοποίηση των κινητικών νευρώνων στη δεξαμενή της σπονδυλικής στήλης ήταν υψηλότερη όταν ο πρόσθιος κνημιαίος μύς διεγέρθηκε με 100 Hz σε σύγκριση με τη διέγερση στα 10 και 50 Hz.

4.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Συχνά, χρησιμοποιείται μια διαβάθμιση διέγερσης μέχρι την επιθυμητή συχνότητα και ένταση για την άνεση του ασθενούς. Ο χρόνος αναφέρεται στη χρονική περίοδο από τη στιγμή που ενεργοποιείται η διέγερση μέχρι την πραγματική έναρξη της επιθυμητής συχνότητας. Ο χρόνος αυτός χρησιμοποιείται σε κλινικές εφαρμογές όταν ένας ασθενής μπορεί να έχει αυξημένο τόνο που δημιουργεί αντίσταση στην διεγερμένη κίνηση. Για παράδειγμα, ένα άτομο με υπερτονικότητα καμπτήρων στον αγκώνα θα ωφεληθεί από μια σταδιακή αύξηση της συχνότητας διέγερσης για να αφήσει περισσότερο χρόνο για να ενεργοποιηθούν οι εκτατές του αγκώνα που κινούνται σε αντίθεση με τους σφιγμένους καμπτήρες για να ολοκληρωθεί επιτυχώς η κίνηση. Οι χρόνοι από 1 έως 3 δευτερόλεπτα είναι συνηθισμένοι σε σχήματα αποκατάστασης με μεγαλύτερους χρόνους που χρησιμοποιούνται μερικές φορές για υπερτονικούς ή σπαστικούς μυς ή για τον ασθενή με αυξημένη ευαισθησία στη διέγερση. Οι χρόνοι ρ μπορούν επίσης να διαμορφωθούν σε εφαρμογές πολλαπλών μυών, όπως η ορθοστασία και το περπάτημα, για να παράγουν ομαλές διαβαθμίσεις τετανίας μεταξύ μεμονωμένων μυών και να αναπαράγουν πιο στενά τη φυσική κίνηση (Delitto et al. 2015) .

4.3 ΠΛΑΤΟΣ/ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΛΜΟΥ

Οι συσκευές ηλεκτρικής διέγερσης παρέχουν παλμούς σε σχήματα κυματομορφής που συχνά αντιπροσωπεύονται από γεωμετρικά σχήματα όπως τετράγωνο ή ημιτονοειδές κύμα. Αυτά τα σχήματα χαρακτηρίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα που ανεβαίνει πάνω από μια μηδενική γραμμή βάσης για την έκταση του παραδείγματος διέγερσης (μονοφασικό, π.χ. συνεχές ρεύμα) ή το ρεύμα που εναλλάσσεται πάνω και κάτω από τη γραμμή βάσης (διφασικό ή εναλλασσόμενο ρεύμα). Οι διφασικές και μονοφασικές κυματομορφές παρατηρήθηκε ότι παράγουν μεγαλύτερη ροπή από τις πολυφασικές κυματομορφές όταν χορηγούνται στους τετρακέφαλους μυς νεαρών υγιών ατόμων.

Το χρονικό διάστημα ενός μεμονωμένου παλμού είναι γνωστό ως πλάτος παλμού ή διάρκεια παλμού. Στους διφασικούς (μια θετική φάση σε συνδυασμό με έναν αρνητικό) παλμούς, η διάρκεια του παλμού λαμβάνει υπόψη και τις δύο φάσεις. Τυπικά, οι δυναμικές επεκτάσεις του τετρακέφαλου παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές ποδηλασίας FES εμφανίζουν πλάτη παλμών μεταξύ 300μs-600μs. Μερικοί ερευνητές έχουν προτείνει ότι η διέγερση χαμηλής συχνότητας με σύντομες διάρκειες παλμού (500μs-1000μs) θα παρουσιάσει χαμηλότερο δείκτη κόπωσης. Ωστόσο, ακόμη μικρότερα πλάτη παλμών (10μs-50μs) έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν τη στρατολόγηση των μυϊκών ινών και μπορούν να δημιουργήσουν μεγαλύτερη μέγιστη ροπή σε μικρότερο αριθμό ινών πριν προκαλέσουν σύσπαση σε άλλη μυϊκή δέσμη. Αυτό είναι σημαντικό καθώς μια μεγαλύτερη αναλογία στρατολόγησης εντός των μυϊκών δεσμών μπορεί ενδεχομένως να αυξήσει τον χρόνο απόδοσης. Ως εκ τούτου, το πλάτος του παλμού μπορεί να αυξηθεί για να στρατολογήσει δυνητικά περισσότερες ίνες στη γύρω περιοχή καθώς επέρχεται κόπωση. Πρόσφατη εργασία που συνέκρινε πλάτη παλμών 50, 200, 500 και 1000 μs όταν χορηγήθηκε διέγερση 20 Hz στον πέλμα, διαπίστωσε ότι τα μεγαλύτερα πλάτη παλμού παρήγαγαν ισχυρότερες συσπάσεις της πελματιαίας κάμψης και επιπλέον αύξησαν τις συνολικές συσταλτικές ιδιότητες. Επιπλέον, οι μεγαλύτερες διάρκειες παλμών συνήθως διεισδύουν βαθύτερα στους υποδόριους ιστούς, επομένως αυτά τα πλάτη θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν προσπαθούμε να επηρεάσουμε τα δευτερεύοντα στρώματα ιστού (Wright et al. 2014).

4.4 ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η πρώτη εργασία σε άτομα με μυοσκελετικές παθήσεις έδειξε ότι όταν οι περίοδοι ανάπτυξης δύναμης διακόπηκαν με σιωπηλές περιόδους, ο μυϊκός ιστός ήταν σε θέση να ανακάμψει πιο γρήγορα και να παράγει μεγαλύτερη ροπή σε σύγκριση με όταν χρησιμοποιούνταν πρότυπα σταθερής διέγερσης. Η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των παλμών (διακοπτόμενη διέγερση) είναι μια κοινή πρακτική για τη διατήρηση της ανάπτυξης δύναμης και την ταυτόχρονη αύξηση της άνεσης για τον ασθενή. Ο κύκλος λειτουργίας περιγράφει τον πραγματικό χρόνο ενεργοποίησης και

απενεργοποίησης ενός προγράμματος ηλεκτροθεραπείας και συνήθως αναφέρεται σε μορφή αναλογίας, όπως 1:2 (10 δευτερόλεπτα ενεργό, 20 δευτερόλεπτα εκτός λειτουργίας) ή ποσοστά όπως 70 τοις εκατό, υποδεικνύοντας χρόνο επί τοις εκατό σε σύγκριση με το συνολικό χρόνο ενεργοποίησης και απενεργοποίησης. Οι κοινές κλινικές εφαρμογές χρησιμοποιούν ως τυπικό κύκλο εργασίας 1:3, αλλά αυτή η αναλογία μπορεί να τροποποιηθεί για να καλύψει τις ανάγκες του ασθενούς καθώς και τους στόχους της θεραπείας (Hurlow et al. 2012).

4.5 ΠΛΑΤΟΣ/ΕΝΤΑΣΗ

Μια άλλη παράμετρος είναι η ισχύς του ρεύματος που χορηγείται ή η ένταση/πλάτος (συνήθως αναφέρεται σε milliamperes, mA) με την οποία παρέχεται η διέγερση. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση, τόσο ισχυρότερο είναι το φαινόμενο αποπόλωσης στις δομές που βρίσκονται κάτω από τα ηλεκτρόδια. Οι υψηλότερες εντάσεις μπορούν να ενισχύσουν την αύξηση της δύναμης κέρδη δύναμης εντοπίζονται σταθερά μετά από προπόνηση με προγράμματα ηλεκτρικής διέγερσης. Πρόσφατη εργασία που εξέτασε τις βέλτιστες παραμέτρους για διέγερση έχει προτείνει ότι οι χαμηλότερες εντάσεις μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη είσοδο του κεντρικού νευρικού συστήματος από τις υψηλότερες εντάσεις. Η αντιδρομική μετάδοση μπλοκάρει τόσο τα κινητικά όσο και τα αισθητήρια ερεθίσματα που προέρχονται από τη δεξαμενή κινητήρων της σπονδυλικής στήλης, με αποτέλεσμα τη μικρότερη συνολική ενεργοποίηση του ΚΝΣ. Η μελέτη Bedwell et al. (2011) διαπίστωσε ότι όταν τόσο η συχνότητα όσο και το πλάτος μεταβλήθηκαν κατά τη διάρκεια ενός σχήματος διέγερσης της έκτασης του γόνατος σε ενήλικες, πραγματοποιήθηκαν περισσότερες συσπάσεις σε σύγκριση με όταν χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα σταθερής συχνότητας και πλάτους. Οι ρυθμοί συχνότητας διέγερσης στενά ευθυγραμμισμένοι με τους φυσιολογικούς ρυθμούς εκφόρτισης της κινητήριας μονάδας μελετήθηκαν στο χέρι και έδειξαν μια σταθερή συχνότητα 30 Hz διατηρούμενης δύναμης καλύτερη από ένα μοτίβο φθίνουσας συχνότητας (30 Hz μειώνεται στα 15 Hz). Η ένταση θα επηρεάσει επίσης την άνεση του ασθενούς, ενώ οι υψηλότερες εντάσεις είναι συνήθως λιγότερο ανεκτές. Ωστόσο, η συχνότητα και η ένταση αναπόφευκτα θα καθορίσουν την ποιότητα της παραγόμενης μυϊκής συστολής .

4.6 ΜΟΤΙΒΑ ΠΑΛΜΩΝ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Αρκετές έρευνες έχουν εξετάσει τις επιδράσεις διαφόρων μοτίβων διέγερσης στην παροχή δύναμης και στη νευρομυϊκή κόπωση. Τα κοινά πρότυπα διέγερσης που μελετήθηκαν είναι οι αμαξοστοιχίες σταθερής συχνότητας (CFT), οι αμαξοστοιχίες μεταβλητής συχνότητας (VFT) και οι αμαξοστοιχίες διπλής συχνότητας (DFT). Τα CFT είναι τρένα διέγερσης στα οποία η συχνότητα παραμένει σταθερή σε ολόκληρο το τρένο. Αντίθετα, οι VFT είναι συνήθως συρμοί που ξεκινούν με ένα αρχικό διπλό, (δύο παλμούς σε κοντινή απόσταση, συνήθως σε απόσταση 5-10 μ s μεταξύ τους) ακολουθούμενοι από παλμούς σε μια επιλεγμένη συχνότητα. Η ιδέα της VFT προέρχεται από μελέτες όπου διαπιστώθηκε ότι οι μύες έχουν μια «ιδιότητα που μοιάζει με σύλληψη», μια μοναδική μηχανική απόκριση στη διέγερση που επιτρέπει στους μύς να κρατούν υψηλότερο επίπεδο δύναμης από το κανονικό (van Lunteren, JAP 2000). Αυτή η απόκριση ενισχύει την ένταση των μυών πριν από τη σύσπαση όταν μια σύντομη, υψηλής συχνότητας ριπή ακολουθείται από μια σειρά υποτετανικών παλμών (Delitto et al. 2015).

4.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Η επιτυχία του ρεύματος FES να φτάσει στον υποκείμενο ιστό σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το μέγεθος και την τοποθέτηση του ηλεκτροδίου, καθώς και με την αγωγιμότητα της διεπαφής δέρματος-ηλεκτροδίου. Τα τυπικά ηλεκτρόδια διέγερσης που χρησιμοποιούνται τώρα είναι προ-πηκτωματοποιημένα για ευκολία. Τα μεγαλύτερα επιφανειακά ηλεκτρόδια θα ενεργοποιήσουν περισσότερο μυϊκό ιστό, αλλά θα διασκορπίσουν το ρεύμα σε μια ευρύτερη επιφάνεια, μειώνοντας την πυκνότητα του ρεύματος. Τα μικρότερα ηλεκτρόδια θα συγκεντρώνουν τις πυκνότητες ρεύματος, επιτρέποντας την εστιακή συγκέντρωση του ρεύματος με λιγότερες πιθανότητες διασταύρωσης διέγερσης σε κοντινούς μύες, αλλά το πυκνό ρεύμα αυξάνει την πιθανότητα για δυσφορία ή πόνο. Η τοποθέτηση ηλεκτροδίων θα επηρεάσει επίσης σημαντικά τη μυϊκή απόκριση και θα πρέπει να ληφθεί προσεκτικά υπόψη. Ο ισχυρισμός σχετικά με τη βέλτιστη τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι διαδεδομένος σε όλη τη βιβλιογραφία, με μεγάλο μέρος της συζήτησης να επικεντρώνεται στο εάν η μυϊκή κοιλία ή το κινητικό σημείο είναι η προτιμώμενη θέση. Οι θεραπευτές αποκατάστασης τοποθετούν συχνά ηλεκτρόδια απευθείας πάνω

από την κοιλιά των μυών ή σε αναποτελεσματικές τοποθεσίες. Οι κατασκευαστές παρέχουν επίσης προτεινόμενα διαγράμματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων ή οδηγούς που συνήθως περιλαμβάνονται στην αγορά της συσκευής, επίσης πηγή για τους κλινικούς ιατρούς που χρησιμοποιούν το NMES στην πράξη. Μια πρόσφατη διερεύνηση του NMES που χορηγήθηκε στην πρόσθια κνημιαία και την πλευρική κοιλότητα του κάτω άκρου συνέκρινε την τοποθέτηση ηλεκτροδίων χρησιμοποιώντας το κινητικό σημείο του μυός (που εντοπίζεται με ακρίβεια μέσω διέγερσης) με την τοποθέτηση χρησιμοποιώντας τις συνιστώμενες θέσεις από διάφορες προτάσεις του κατασκευαστή. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές διαφορές στην απόδοση των μυών. Η τοποθέτηση του σημείου του κινητήρα όχι μόνο παρήγαγε υψηλότερες ροπές, αλλά η ροή του αίματος και η χρήση οξυγόνου ήταν μεγαλύτερη χρησιμοποιώντας τις θέσεις σημείου κινητήρα (Aarskog, 2013).

4.8 ΕΝΤΑΣΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Η διέγερση μπορεί να παραδοθεί μέσω σταθερής τάσης ή σταθερού ρεύματος. Οι μικρές φορητές μονάδες που χρησιμοποιούνται σε κλινικές και δίνονται σε ασθενείς για οικιακή χρήση λειτουργούν συνήθως με μπαταρία και έχουν τροποποιήσιμες ρυθμίσεις ρεύματος που συνήθως παρέχονται μέσω ενός συστήματος σταθερής τάσης περίπου 150 V. Αυτές οι μονάδες χρησιμοποιούν διαδερμικά επιφανειακά ηλεκτρόδια που προσκολλώνται στο δέρμα και μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα. Επειδή οι μονάδες χρησιμοποιούν εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) με υψηλό βαθμό προσαρμοστικότητας, η ενεργοποίηση των μυών μέσω αυτών των συσκευών μπορεί μερικές φορές να είναι μεταβλητή και ασυνεπής (Tomczak & Tomczak, 2014).

4.9 ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Η δοσολογία των προγραμμάτων FES μπορεί να ποικίλλει πολύ και τελικά θα εξαρτηθεί από τον μυ που διεγείρεται, τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται και τον συνολικό στόχο της παρέμβασης. Μια ανασκόπηση της χρήσης του FES για την κινητική ανάκτηση του άνω άκρου σε εγκεφαλικό επεισόδιο εξέτασε διάφορες έρευνες και βρήκε μια σειρά από πρωτόκολλα δοσολογίας που χρησιμοποιούνται. Η

διάρκεια του προγράμματος κυμαινόταν από 30 λεπτά μία φορά την ημέρα έως μία ώρα σε κάθε συνεδρία για τρεις φορές την ημέρα. Η συνολική περίοδος θεραπείας κυμαινόταν από 2 εβδομάδες έως 3 μήνες, χωρίς καμία αιτιολόγηση από κανέναν συγγραφέα για τον λόγο που επιλέχθηκε ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο δοσολογίας. Οι ερευνητές διαπίστωσαν επίσης ότι η αύξηση της διάρκειας της θεραπείας δεν σχετίζεται άμεσα με πιο επιτυχημένα αποτελέσματα. Θετικά οφέλη παρατηρήθηκαν με σύντομα προγράμματα (2,5 ώρες/εβδομάδα) και περιορισμένα οφέλη παρατηρήθηκαν με μεγαλύτερα προγράμματα (21 ώρες/εβδομάδα). Για την αποκατάσταση των δεξιοτήτων πεζοπορίας, τα υποβοηθούμενα από το FES προγράμματα βάδισης συνήθως αποτελούνται από τρεις έως πέντε συνεδρίες διάρκειας ωρών την εβδομάδα για τουλάχιστον 4 εβδομάδες (Gobbo et al. 2011).

4.10 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Αν και η ηλεκτρική διέγερση έχει την ικανότητα να παράγει κίνηση σε απονευρωμένους, παράλυτους ή σπαστικούς μύες, είναι εγγενώς λιγότερο αποτελεσματική από την ανθρώπινη κίνηση. Το πιο σημαντικό, η νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση (NMES) προκαλεί υπερβολική νευρομυϊκή κόπωση. Οι ερευνητές έχουν μελετήσει τη συχνότητα, το πλάτος παλμού, τη διαμόρφωση παλμών, το πλάτος, την τοποθέτηση ηλεκτροδίων και τη χρήση μοτίβων παλμών μεταβλητής συχνότητας για να προσδιοριστεί εάν η κόπωση μπορεί να μειωθεί μέσω τροποποίησης οποιασδήποτε από αυτές τις παραμέτρους.

Οι αιτίες για την υπερβολική κόπωση που παρατηρείται κατά τη διάρκεια του NMES είναι πολλαπλές: Πρώτον, η νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση έχει την τάση να αλλάζει τη σειρά στρατολόγησης της κανονικής κινητικής μονάδας. Στην κανονική ανθρώπινη κίνηση, οι μικρότερες, ανθεκτικές στην κόπωση κινητικές μονάδες ενεργοποιούνται πρώτα, γεγονός που βοηθά στην καθυστέρηση της εμφάνισης της κόπωσης. Ωστόσο, η στρατολόγηση της κινητήριας μονάδας σε ηλεκτρικά προκαλούμενες συσπάσεις προτείνεται να είναι πιο τυχαία, με αποτέλεσμα να διακυβεύεται ο φυσικός ρυθμός αντίστασης στην κόπωση. Αν και η αντιστροφή της αρχής του μεγέθους του Hennemann (όπου μικρότερες κινητικές μονάδες στρατολογούνται πριν από μεγαλύτερες κινητικές μονάδες κατά τη διάρκεια

εκούσιων συσπάσεων) είναι μια συνήθως αναφερόμενη έλλειψη του NMES. μερικοί έχουν υποθέσει ότι, αντί για μια ακριβή αντιστροφή της διαδικασίας, η ενεργοποίηση μπορεί να είναι λιγότερο συστηματική ή μη επιλεκτική. Επιπλέον, πρόσφατη εργασία με χρήση νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης που εφαρμόστηκε στο κνημιαίο νεύρο σε σύγκριση με τον τρικέφαλο μυ της κοιλιάς παρατήρησε ότι οι συσπάσεις ήταν πιο έντονες, ενεργοποιούσαν τους νωτιαίους νευρώνες για αυξημένη είσοδο του κεντρικού νευρικού συστήματος και έτειναν να ακολουθούν την αρχή του φυσιολογικού μεγέθους στρατολόγησης του κινητικού συστήματος (Aarskog, 2013).

Οι μυϊκές ίνες διεγείρονται ταυτόχρονα, σε αντίθεση με την κανονική, μη συγχρονισμένη, εξαιρετικά αποτελεσματική διαδικασία στρατολόγησης και αποστρατολόγησης των κινητικών μονάδων που παρατηρούνται κατά τις εκούσιες μυϊκές συσπάσεις. Σε αυτές τις συσπάσεις, το ανθρώπινο κινητικό σύστημα αντισταθμίζει την κόπωση αυξάνοντας τον ρυθμό πυροδότησης των ενεργών κινητικών μονάδων ή/και στρατολογώντας νέες κινητικές μονάδες για να αντικαταστήσουν άλλες που έχουν αποστρατολογηθεί λόγω κόπωσης. Αυτή η ταυτόχρονη ενεργοποίηση που παρατηρείται κατά τη διάρκεια νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης μπορεί να παράγει ξαφνικά, μερικές φορές ασυντόνιστα, αναποτελεσματικά μοτίβα κίνησης παρά την ομαλή διαβάθμιση της δύναμης που συνήθως παρατηρείται στην ανθρώπινη κίνηση (Zheng et al. 2018).

4.11 ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Ένας άλλος τύπος διαδερμικής διέγερσης είναι η ηλεκτρική διέγερση που προκαλείται από ηλεκτρομυογραφία (EMG). Αυτός ο τύπος διέγερσης βοηθά τους ασθενείς που μαθαίνουν εκ νέου συγκεκριμένες μυϊκές κινήσεις για λειτουργικότητα. Η μυϊκή δραστηριότητα παρακολουθείται μέσω ηλεκτροδίων καταγραφής ΗΜΓ έτσι ώστε όταν το σήμα ΗΜΓ φτάσει σε ένα συγκεκριμένο όριο (συνήθως ορίζεται από τον θεραπευτή), η διέγερση θα ενεργοποιηθεί, βοηθώντας έτσι τον ασθενή να ολοκληρώσει μια κίνηση. Αυτή η παρέμβαση έχει περιγραφεί ως ακόμη πιο ενισχυτική από την κυκλική διέγερση λόγω της ιδιοδεκτικής ανάδρασης

και της εθελοντικής συνιστώσας που εμπλέκεται. Κινητικές βελτιώσεις στη λειτουργία των χεριών και στις κινητικές δεξιότητες των κάτω άκρων για περιπατήσεις έχουν παρατηρηθεί μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Η ηλεκτρική διέγερση που προκαλείται από ΗΜΓ έχει επίσης βελτιώσει το βάδισμα σε ασθενείς με ατελή βλάβη της σπονδυλικής στήλης (Xia et al. 2019).

Η διαδερμική διέγερση χρησιμοποιεί ηλεκτρόδια που εισάγονται μέσω του δέρματος στον μυ της επιλογής και θεωρείται ότι είναι ανώτερη επιλογή από τα διαδερμικά επιφανειακά ηλεκτρόδια όταν η ειδικότητα της διέγερσης είναι πρωταρχικής σημασίας. Οι απαγωγές των ηλεκτροδίων εξέρχονται από το δέρμα και συνδέονται με έναν εξωτερικό διεγέρτη, παρακάμπτοντας την αισθητική, επομένως ελαχιστοποιώντας την ενόχληση. Αυτά τα λεπτά ηλεκτρόδια μπορούν συνήθως να στοχεύουν συγκεκριμένες βαθύτερες θέσεις των μυών χωρίς να έχουν ως συνέπεια την ακούσια ενεργοποίηση των γύρω ιστών, όπως συμβαίνει συχνά σε διαδερμικές εφαρμογές. Τα ηλεκτρόδια μπορούν να μείνουν στη θέση τους κατά μέσο όρο για περίπου 3 μήνες, αλλά μπορεί να συμβεί ερεθισμός του δέρματος και σπάσιμο ή απομάκρυνση του ηλεκτροδίου. Τα διαδερμικά εμφυτεύματα FES έχουν αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικά για τη σημαντική μείωση του πόνου στον ώμο που σχετίζεται με το υπεξάρθρωμα του βραχιονίου μετά από εγκεφαλικό.

Πιο πρόσφατα, μικροί διεγέρτες μπορούν να εμφυτευτούν χειρουργικά για εφαρμογές FES. Αυτή είναι μια μακροπρόθεσμη εναλλακτική λύση για πρωτόκολλα διέγερσης που απαιτούν χρήση για εκτεταμένες περιόδους. Ένα από τα παλαιότερα συστήματα που έγιναν δημοφιλή για άτομα με τραυματισμό της σπονδυλικής στήλης ήταν το σύστημα NeuroControl Freehand (NeuroControl, Cleveland, OH). Αυτό το προϊόν αποτελούνταν από έναν εμφυτευμένο διεγέρτη, ηλεκτρόδια και αισθητήρα θέσης που τοποθετήθηκαν κοντά στην άρθρωση του ώμου του ατόμου που έχει τραυματιστεί στη σπονδυλική στήλη. Το σύστημα ήταν συνδεδεμένο σε μια εξωτερική μονάδα ελέγχου για ενεργοποίηση. Ο ασθενής χρησιμοποίησε ανέπαφους μύες του ώμου για να προκαλέσει διέγερση σε παράλυτους μύες του άνω άκρου για να δημιουργήσει μια λειτουργική σύλληψη και απελευθέρωση του κυρίαρχου χεριού (Zheng et al. 2018).

Τα εμφυτευμένα ηλεκτρόδια έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση των νωτιαίων νεύρων για την ανακούφιση του πόνου στην πλάτη ή του δυσεπίλυτου πόνου που σχετίζεται με το σύνθετο περιφερειακό σύνδρομο πόνου. Ωστόσο, ενώ οι

αρχικές μελέτες δείχνουν αποτελεσματικότητα, λείπουν εκτεταμένα στοιχεία για την αποτελεσματικότητα (Xia et al. 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο μυοσκελετικός πόνος μπορεί να είναι εξουθενωτικός. Μπορεί επίσης να σας προκαλέσει απώλεια ύπνου. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτός ο πόνος είναι χρόνιος και το να βασίζεσαι αποκλειστικά σε συνταγογραφούμενα φάρμακα για θεραπεία μπορεί να έχει επικίνδυνες συνέπειες. Τα τελευταία χρόνια, έχει υπάρξει ένας αριθμός συστηματικών ανασκοπήσεων/μετα-αναλύσεων που εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της ηλεκτροθεραπείας για τη μείωση του χρόνιου πόνου σε άτομα με πόνο στον αυχένα, οσφυαλγία και πόνος οστεοαρθρίτιδας (Xia et al. 2019). Η χρήση της ηλεκτροθεραπείας αποτελεί μέρος της θεραπείας φυσικοθεραπείας τις τελευταίες δεκαετίες. Έχουν χρησιμοποιηθεί πολυάριθμες μέθοδοι όπως TENS, παρεμβολή, διαθερμία, μαγνητική θεραπεία, υπερηχογράφημα, λέιζερ και επιφανειακή ηλεκτρομυογραφία για να αναφέρουμε μερικές. Υπήρξε μια έξαρση την τελευταία δεκαετία νέων και καινοτόμων μεθόδων. Χρειάζεται να γίνει εκτενής έρευνα για καθεμία από αυτές τις συσκευές ηλεκτροθεραπείας για να προσδιοριστεί η σωστή χρήση κάθε συσκευής (Zheng et al. 2018).

5.2 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να μελετήσει μέσα από την ανάλυση ερευνών κατά πόσο η ηλεκτροθεραπεία είναι αποτελεσματική σε καταστάσεις χρόνιου πόνου σε μυοσκελετικές διαταραχές.

5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα εργασία θα διενεργηθεί αναζήτηση άρθρων στις ακόλουθες βάσεις δεδομένων: Medline, Web of Science, Cochrane Library, Pubmed. Η στρατηγική αναζήτηση των άρθρων θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τις εξής λέξεις-κλειδιά: Electrotherapy, management, chronic pain, musculoskeletal disorders

5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η έρευνα των Kroeling et al, (2013) περιορίστηκε από δοκιμές ποικίλης ποιότητας, ετερογενείς υποτύπους θεραπείας και αντικρουόμενα αποτελέσματα. Τα κύρια ευρήματα για τη μείωση του πόνου στον αυχένα με θεραπεία με ηλεκτροθεραπευτικές μεθόδους ήταν τα ακόλουθα: Πολύ χαμηλής ποιότητας στοιχεία καθόρισαν ότι η θεραπεία με παλμικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (PEMF) και η επαναλαμβανόμενη μαγνητική διέγερση (rMS) ήταν πιο αποτελεσματικές από το εικονικό φάρμακο, ενώ η διαδερμική ηλεκτρική διέγερση νευρών (TENS) έδειξε ασυνεπή αποτελέσματα. Τα στοιχεία πολύ χαμηλής ποιότητας προσδιόρισαν ότι τα PEMF, rMS και TENS ήταν πιο αποτελεσματικά από το εικονικό φάρμακο.

Η έρευνα Page et al, (2016) ανέφερε ότι κανένας συμμετέχων δεν ανέφερε ανεπιθύμητες ενέργειες σε σχέση με το θεραπευτικό υπέρηχο. Ο θεραπευτικός υπέρηχος δεν παρήγαγε κλινικά σημαντικά πρόσθετα οφέλη όταν συνδυάστηκε με άλλες παρεμβάσεις φυσικοθεραπείας (οκτώ κλινικά ετερογενείς δοκιμές, χαμηλής ποιότητας στοιχεία). Δεν είναι βέβαιοι εάν υπάρχουν διαφορές στα σημαντικά για τον ασθενή αποτελέσματα μεταξύ του υπερήχου και άλλων ενεργών παρεμβάσεων επειδή η ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων είναι πολύ χαμηλή.

Η μελέτη των Paley et al, (2016) αναφέρει ότι η αξιολόγηση αποκάλυψε επαναλαμβανόμενες ελλείψεις στις RCT που εμπόδισαν τις σίγουρες κρίσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα, με αποτέλεσμα τη στασιμότητα των αποδεικτικών στοιχείων. Η εκτίμησή των ερευνητών αποκαλύπτει παραδείγματα μετα-αναλύσεων με «επαρκή δεδομένα» που δείχνουν οφέλη. Δεν υπήρχαν παραδείγματα μετα-αναλύσεων με «επαρκή δεδομένα» που να μην αποδεικνύουν κανένα όφελος. Επομένως, συνιστούν το TENS να θεωρείται ως θεραπευτική επιλογή. Ο σημαντικός αριθμός ανασκοπήσεων με «ανεπαρκή δεδομένα» και ανούσια ευρήματα έχουν θολώσει το ζήτημα της αποτελεσματικότητας.

Η μελέτη των Gibson et al, (2019) ανέφερε ότι οι ανασκοπήσεις που συμπεριλήφθηκαν είχαν μια σειρά από ασυνέπειες κατά την αξιολόγηση των στοιχείων από τις μελέτες TENS. Οι προσεγγίσεις για την αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας γύρω από την τύφλωση του συμμετέχοντα, του προσωπικού και του αξιολογητή αποτελέσματος ήταν ίσως ο πιο προφανής τομέας διαφοράς μεταξύ των

συμπεριλαμβανόμενων ανασκοπήσεων. Βρήκαν επίσης μεγάλη μεταβλητότητα όσον αφορά τα πρωτογενή και δευτερεύοντα μέτρα έκβασης και τα κριτήρια ένταξης/αποκλεισμού για μελέτες διέφεραν σε σχέση με τη συμπερίληψη μελετών που αξιολόγησαν τις άμεσες επιπτώσεις των μεμονωμένων παρεμβάσεων.

Η μελέτη των O'Connell et al, (2018) ανέφερε ότι χειρωνακτική φυσικοθεραπεία, συμπεριλαμβανομένων των εξατομικευμένων προγραμμάτων άσκησης παρέχει σχετικά υψηλότερο επίπεδο οφέλους που διαρκεί έως και ένα χρόνο. Επί του παρόντος είναι άγνωστο εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα των διαφορετικών τεχνικών χειρωνακτικής φυσικοθεραπείας για ασθενείς με ΟΑ του γόνατος και δεν υπάρχουν ουσιαστικά μελέτες που να συγκρίνουν τις μεθόδους χειρωνακτικής φυσικοθεραπείας και ηλεκτροθεραπείας.

Η μελέτη Tikitsky et al (2010) ανέφερε ότι η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (έντασης), όταν εφαρμόζεται στους ιστούς του σώματος, παρέχει ενέργεια σε επίπεδο ικανό να διαταράξει τις τοπικές τροχιές ηλεκτρονίων και να οδηγήσει στη δημιουργία θερμότητας, την έναρξη χημικών αλλαγών, τη διάσπαση των μοριακών δεσμών και την παραγωγή ελεύθερων ριζών.

Η έρευνα Benlidayi I.C. (2020) αναφέρει ότι υπάρχουν αυξανόμενα δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ηλεκτροθεραπείας στη διαχείριση του πόνου που σχετίζεται με την ινομυαλγία. Εξάλλου, οι μη επεμβατικές τεχνικές ηλεκτροθεραπείας σχετίζονται με μη/μικρές παρενέργειες. Απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για τον προσδιορισμό των βέλτιστων πρωτοκόλλων θεραπείας για κάθε μέθοδο ηλεκτροθεραπείας.

Η μελέτη Eslamian et al (2020) ανέφερε ότι η θεραπεία ηλεκτρισμό προκάλεσε βραχυπρόθεσμη βελτίωση στη λειτουργική κατάσταση, αυξημένη κίνηση και μειωμένο πόνο σε ασθενείς με πόνο στον ώμο.

Η μελέτη Visconti, et al (2020) ανέφερε βελτίωση τουλάχιστον 2 πόντων στη βαθμολογία NPRS (επιτεύχθηκε από το 68% των συμμετεχόντων).

Η μελέτη O'Connell et al, (2019) ανέφερε ότι Υπάρχουν πολύ χαμηλής ποιότητας στοιχεία ότι μεμονωμένες δόσεις rTMS υψηλής συχνότητας του κινητικού φλοιού και του tDCS μπορεί να έχουν βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις στον χρόνιο πόνο και την ποιότητα ζωής, αλλά υπάρχουν πολλές πηγές προκατάληψης που μπορεί να έχουν επηρεάσει τα παρατηρούμενα αποτελέσματα.

Η μελέτη Guleyuroglu et al (2014) ανέφερε ότι ειδικά με τις σύγχρονες προσεγγίσεις tES που είναι καλά ανεκτές (συμπεριλαμβανομένων των tDCS, tACS και tRNS) είναι βολικό να συνδυάζεται η διέγερση με διάφορες μορφές κατευθυνόμενης σωματικής ή/και γνωστικής προπόνησης.

Η μελέτη Ucurum et al (2018) ανέφερε ότι η εφαρμογή υπερήχων, παρεμβαλλόμενου ρεύματος και TENS επιπλέον της θεραπείας άσκησης στη θεραπεία του συνδρόμου πρόσκρουσης ώμου είχε παρόμοιες βελτιώσεις όσον αφορά τον πόνο, τη λειτουργία και τη φυσική συνιστώσα της ποιότητας ζωής.

Η μελέτη Thornton et al (2013) ανέφερε ότι η πραγματική αποτελεσματικότητα του LLLT στη μείωση του πόνου και την αύξηση της λειτουργίας σε ασθενείς με πόνο στον ώμο είναι ασαφής.

Η μελέτη Huang et al (2013) ανέφερε ότι η βιοανάδραση ΗΜΓ βελτίωσε τη μυϊκή ισορροπία της ωμοπλάτης κατά τη διάρκεια των προπονητικών ασκήσεων και στις δύο ομάδες.

Η μελέτη Tan et al (2011) ανέφερε ότι κατά τη διάρκεια της δοκιμής 21 ημερών, υπήρξε μια σημαντική αλληλεπίδραση ομάδας × χρόνου μόνο για μία μεταβλητή έκβασης. Η ενεργή ομάδα έδειξε μεγαλύτερες μειώσεις στην παρέμβαση του πόνου πριν και μετά τη θεραπεία από ό,τι η εικονική ομάδα.

Η μελέτη Johnson et al (2022) ανέφερε σημαντικά αναλγητικά αποτελέσματα σε ασθενείς με πόνο στον αυχένα, οσφυαλγία, οστεοαρθρίτιδα γόνατος και μετεγχειρητικό πόνο στο γόνατο.

Η μελέτη Cochrane et al (2017) βρήκε ανεπαρκή και ασαφή στοιχεία από τυχαιοποιημένες δοκιμές για ενημέρωση σχετικά με το ρόλο της νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης (NMES) για τη θεραπεία ατόμων με επιγονατιδομηριακό πόνο (PFP) στην τρέχουσα κλινική πρακτική.

Η μελέτη Heijden et al (1999) ανέφερε ότι ούτε η ET (ηλεκτροθεραπεία) ούτε οι παλμικοί υπέρηχοι αποδεικνύονται αποτελεσματικά ως επικουρικά στη θεραπεία άσκησης για ΣΔ μαλακών μορίων.

Η μελέτη Hansel et al (2014) ανέφερε ότι ορισμένες από τις παλαιότερες μεθόδους είναι χρήσιμες και επιτυχείς για την επίτευξη των στόχων της θεραπείας.

Πίνακας 1: Έρευνες παρατήρησης

Συγγραφέας και έτος	Σκοπός	Δείγμα	Μεθοδολογία	Βασικά ευρήματα
Kroeling et al, (2013)	Επιδράσεις της ηλεκτροθεραπείας στον πόνο, τη λειτουργία, την αναπηρία, την ικανοποίηση του ασθενούς, με πόνο στον αυχένα.	1239 άτομα με πόνο στον αυχένα	Δοκιμές ποικίλης ποιότητας, ετερογενείς υποτύπους θεραπείας και αντικρουόμενα αποτελέσματα	Δεδομένου ότι τα στοιχεία είναι χαμηλής ή πολύ χαμηλής ποιότητας, είναι αβέβαιοι για την εκτίμηση της επίδρασης.
Page et al, (2016)	Ηλεκτροθεραπεία για τη θεραπεία ατόμων με νόσο του στροφικού πετάλου.	κεντρικό μητρώο ελεγχόμενων δοκιμών Cochrane 47 δοκιμές (2388 συμμετέχοντες)	Τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές (RCT) και σχεδόν τυχαιοποιημένες δοκιμές,	Ο θεραπευτικός υπέρηχος μπορεί να έχει βραχυπρόθεσμα οφέλη έναντι του εικονικού φαρμάκου σε άτομα με ασβεστοποιητική τενοντίτιδα
Paley et al, (2016)	Να αξιολογήσει TENS για κάθε τύπο οξέος και χρόνιου πόνου	169 κριτικές που αποτελούνται από οκτώ επισκοπήσεις, επτά υβριδικές	επισκοπήσεις συστηματικών ανασκοπήσεων και υβριδικές	Δεν υπήρχαν παραδείγματα μετα-αναλύσεων με «επαρκή

	σε ενήλικες	κριτικές και 154 συστηματικές κριτικές με 49 μετα-αναλύσεις	ανασκοπήσεις	δεδομένα» που να μη αποδεικνύουν κανένα όφελος.
Gibson et al, (2019)	Να επισημανθούν τομείς που παραμένουν αβεβαιότητες σχετικά με την αποτελεσματικό τητα του TENS για χρόνια πόνο	9 ανασκοπήσεις που αντιπροσώπευαν που αντιπροσώπευαν 2895 συμμετέχοντες	Αξιολογήσεις που διερευνούν τη χρήση του TENS σε άτομα με καθορισμένο χρόνιο πόνο ή σε άτομα με χρόνιες παθήσεις που σχετίζονται με συνεχιζόμενο πόνο	Δεν μπόρεσαν να συμπεράνουν με βεβαιότητα ότι, σε άτομα με χρόνιο πόνο, το TENS είναι επιβλαβές ή ωφέλιμο για τον έλεγχο του πόνου
O'Connell et al, (2018)	Η αξιολόγηση της αποτελεσματικό τητας των μη επεμβατικών τεχνικών διέγερσης του φλοιού στη θεραπεία του χρόνιου πόνου.	94 δοκιμές στην ανασκόπηση (που περιλαμβάνουν 2983 τυχαιοποιημένους συμμετέχοντες)	Χρησιμοποίησαν το σύστημα GRADE για να αξιολογήσουν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων για τις βασικές συγκρίσεις	Πολλές μελέτες δεν ανέφεραν επαρκώς ανεπιθύμητες ενέργειες. Η μετα-ανάλυση των μελετών του tDCS στη βραχυπρόθεσμη παρακολούθηση έδειξε θετική επίδραση
Mutlu et al, (2018)	Ο στόχος της μελέτης ήταν να συγκριθούν μακροπρόθεσμα	72 ασθενείς	Όλες οι ομάδες πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα ασκήσεων και	Στη θεραπεία ασθενών με οστεοαρθρίτιδα αύξηση στη μυϊκή

	αποτελέσματα μεταξύ τριών ομάδων θεραπείας (κινητοποίηση με κινήσεις [MWMs], παθητική κινητοποίηση αρθρώσεων [PJM] και ηλεκτροθεραπεί		έλαβαν 12 συνεδρίες	δύναμη του τετρακεφάλου και το λειτουργικό επίπεδο.
R Tiktinsky et al, (2010)	Εξέταση θεραπείας με λέιζερ χαμηλού επιπέδου, θεραπεία ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και ηλεκτρομυογραφία επιφάνειας	ανασκοπήσεις	τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές	Ορισμένες από τις παλαιότερες μεθόδους είναι χρήσιμες και επιτυχείς για την επίτευξη των στόχων της θεραπείας.
Benlidayi C. (2020)	Να ανασκοπήσει την πρόσφατη βιβλιογραφία σχετικά με την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της ηλεκτροθεραπείας στη θεραπεία της ινομυαλγίας	240 άρθρα	βιβλιογραφική αναζήτηση μέσω των βάσεων δεδομένων PubMed/MEDLINE και Scopus	οι μη επεμβατικές τεχνικές ηλεκτροθεραπείας σχετίζονται με μη/μικρές παρενέργειες. Απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για τον προσδιορισμό των βέλτιστων

				πρωτοκόλλων θεραπείας για κάθε μέθοδο ηλεκτροθεραπείας
Eslamian et al, (2020)	Χρήσεις ηλεκτροθεραπείας με οπτική αναλογική κλίμακα	46 ασθενείς με πόνο στον ώμο	τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	Οι χρήσεις ηλεκτροθεραπείας προκάλεσαν βραχυπρόθεσμη βελτίωση στη λειτουργική κατάσταση, αυξημένη κίνηση και μειωμένο πόνο σε ασθενείς
Visconti, et al, (2020)	Σύγκριση της αποτελεσματικότητας του χειροκίνητου μασάζ, της διαθερμίας μακρών κυμάτων και της ψευδούς διαθερμίας μακρών κυμάτων	51 συμμετέχοντες αθλητές	Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε θεραπεία με ενεργοποιημένο LWD	Η ANOVA της βαθμολογίας NPRS μετά τη θεραπεία δεν έδειξε σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων μεταβλητότητας της ομάδας θεραπείας
O'Connell et al, (2019)	μη επεμβατικές τεχνικές εγκεφαλικής	38 δοκιμές (στις οποίες συμμετείχαν 1225	τυχαιοποιημένες μελέτες των rTMS, CES,	μεμονωμένες δόσεις rTMS υψηλής

	διέγερσης.	τυχαιοποιημένοι συμμετέχοντες)	tDCS, RINCE και tRNS, εάν χρησιμοποιούσαν ομάδα ελέγχου ψευδούς διέγερσης	συχνότητας μπορεί να έχουν επηρεάσει τα παρατηρούμενα αποτελέσματα.
Guleyupoglu et al (2014)	εξέλιξη του tES τόσο στην ορολογία όσο και στη δοσολογία τα τελευταία 100 χρόνια έρευνας μέχρι σήμερα.	280 άρθρα	βιβλιογραφική αναζήτηση μέσω των βάσεων δεδομένων PubMed/MEDLINE και Scopus	η αυξανόμενη ιατρική και τεχνολογική πολυπλοκότητα μπορεί τώρα να αξιοποιηθεί για ευρύτερη επιτυχία και υιοθέτηση του tES.
Ucurum et al (2018)	να αξιολογήσει και να συγκρίνει τις επιδράσεις διαφορετικών μεθόδων ηλεκτροθεραπείας στο σύνδρομο πρόσκρουσης ώμου	83 ασθενείς	αξιολογήσεις πριν από τη θεραπεία, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά με τη χρήση της κλίμακας οπτικής αναλογικής κλίμακας (VAS)	Η εφαρμογή υπερήχων, είχε παρόμοιες βελτιώσεις όσον αφορά τον πόνο,.
Thornton et al (2013)	η μείωση του πόνου και η αύξηση του εύρους κίνησης του ώμου	153 ασθενείς	αξιολογήσεις πριν από τη θεραπεία, αμέσως μετά και 2 μήνες	η πραγματική αποτελεσματικότητα του LLLT στη μείωση του πόνου και την

				αύξηση της λειτουργίας σε ασθενείς με πόνο στον ώμο είναι ασαφής.
Huang et al (2013)	Διερεύνηση της επίδρασης της προπόνησης βιοανάδρασης με ηλεκτρομυογραφία (EMG)	Δώδεκα υγιείς ενήλικες και 13 άτομα με σύνδρομο υπακρωμιακής πρόσκρουσης (SAIS)	κινηματική της ωμοπλάτης πριν και μετά τις ασκήσεις με/χωρίς ΗΜΓ βιοανάδραση.	Η βιοανάδραση ΗΜΓ βελτίωσε τη μυϊκή ισορροπία της ωμοπλάτης κατά τη διάρκεια των προπονητικών ασκήσεων και στις δύο ομάδες.
Tan et al (2011)	αποτελεσματικότητα του CES για τον νευροπαθητικό πόνο σε άτομα με ΚΝΜ και χρόνια πόνο.	64 άτομα για την ενεργό ομάδα θεραπείας CES και 64 άτομα για την ψευδή ομάδα θεραπείας	Εφαρμογή ενεργού CES ή ψευδούς CES 1 ώρα ημερησίως για 21 ημέρες	Κατά μέσο όρο, το CES φαίνεται να έχει προσφέρει μια μικρή αλλά στατιστικά σημαντική βελτίωση στην ένταση του πόνου
Johnson et al (2022)	εντοπισμός μελετών αναλγητική αποτελεσματικότητα της θεραπείας με IFC	210 άρθρα	βιβλιογραφική αναζήτηση χρησιμοποιώντας PubMed, Embase και PEDro	Οι περισσότερες παράμετροι IFC δεν φαίνεται να επηρεάζουν την αναλγητική επίδραση
Cochrane et al (2017)	αξιολόγηση των επιπτώσεων	345 συμμετέχοντες	τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές	ανεπαρκή και ασαφή στοιχεία

	(οφέλη και βλάβες) της νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης για άτομα με επιγονατιδομηριαίο πόνο			
Heijden et al (1999)	αποτελεσματικότητα της διπολικής παρεμβολής ηλεκτροθεραπείας (ET) στη θεραπεία άσκησης για διαταραχές ώμου μαλακών ιστών (SD).	180 ασθενείς	Τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή	Ούτε η ET ούτε οι ΗΠΑ αποδεικνύονται αποτελεσματικά ως επικουρικά στη θεραπεία άσκησης για ΣΔ μαλακών μορίων.
Hansel et al, (2014)	Εξέταση θεραπείας με λέιζερ χαμηλού επιπέδου,	ανασκοπήσεις	τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές	Ορισμένες από τις παλαιότερες μεθόδους είναι χρήσιμες και επιτυχείς για την επίτευξη των στόχων της θεραπείας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μυοσκελετικές διαταραχές είναι μια σειρά από ενοχλήσεις, βλάβες και πόνους που προκαλούνται από διαφορετικούς παράγοντες σε διαφορετικά μέρη του σώματος και μακροπρόθεσμα εμποδίζουν τον πάσχοντα να πραγματοποιήσει γενικές καθημερινές δραστηριότητες. Η επιτυχής διαχείριση του μυοσκελετικού πόνου είναι μια σημαντική πρόκληση στην κλινική πράξη. Μία από τις ηλεκτροθεραπευτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του μυοσκελετικού πόνου είναι η ηλεκτροθεραπεία. Τα αποτελέσματα ερευνών δείχνουν ότι η ηλεκτροθεραπεία χρησιμοποιείται ευρέως από διάφορους κλινικούς γιατρούς σε όλο τον κόσμο.

Οι μέθοδοι ηλεκτροθεραπείας χρησιμοποιούν πολλαπλές συσκευές που παράγουν διαφορετικούς τύπους ηλεκτρονικής κυματομορφής, συχνότητα κύματος και πλάτος κύματος και χρησιμοποιούνται για αναλγητική ανακούφιση καταστάσεων χρόνιου πόνου.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία χρήσεων ηλεκτροθεραπείας. Ορισμένες παρεμβάσεις περιλαμβάνουν τη διαχείριση του πόνου, τη νευρομυϊκή δυσλειτουργία, την κινητικότητα των αρθρώσεων, την επισκευή ιστών, το οξύ και το χρόνιο οίδημα. Η ηλεκτροθεραπεία χρησιμοποιείται για χαλάρωση μυϊκών σπασμών, πρόληψη και επιβράδυνση της ατροφίας, αύξηση της τοπικής κυκλοφορίας του αίματος, μυϊκή αποκατάσταση και επανεκπαίδευση ηλεκτρικής μυϊκής διέγερσης, διατήρηση και αύξηση του εύρους κίνησης, διαχείριση χρόνιου και δυσεπίλυτου πόνου, μετατραυματικό οξύ πόνο, μετεγχειρητικό οξύ πόνο, άμεση μετεγχειρητική διέγερση των μυών για την πρόληψη της φλεβικής θρόμβωσης, επούλωση τραυμάτων και χορήγηση φαρμάκου.

Διαφορετικές θεραπευτικές μέθοδοι επιτυγχάνουν τα αποτελέσματά τους σε διαφορετικούς ιστούς και η κλινική διαδικασία λήψης αποφάσεων θα πρέπει να χρησιμοποιεί τα διαθέσιμα στοιχεία για να μεγιστοποιήσει το πιθανό όφελος για κάθε ασθενή. Η εφαρμοζόμενη ενέργεια ουσιαστικά δρα ως έναυσμα που είναι υπεύθυνο για τη διέγερση, την ενίσχυση ή την ενεργοποίηση συγκεκριμένων φυσιολογικών συμβάντων, τα οποία με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται για την επίτευξη θεραπευτικού οφέλους. Για να επιτευχθούν τα φυσιολογικά αποτελέσματα, είναι απαραίτητο η ενέργεια να απορροφάται στον κατάλληλο ιστό.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Babatunde, O. O., J. L. Jordan, D. A. Van Der Windt, J. C. Hill, N. E. Foster, and J. Protheroe. 2017. Effective treatment options for musculoskeletal pain in primary care: A systematic overview of current evidence. *PLoS One* 12(6):e0178621.

Bannuru, R. R., M. C. Osani, E. E. Vaysbrot, N. K. Arden, K. Bennell, S. M. A. Bierma-Zeinstra, V. B. Kraus, L. S. Lohmander, J. H. Abbott, M. Bhandari, F. J. Blanco, R. Espinosa, I. K. Haugen, J. Lin, L. A. Mandl, E. Moilanen, N. Nakamura, L. Snyder-Mackler, T. Trojian, M. Underwood, and T. E. McAlindon. (2019). OARSI guidelines for the nonsurgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage* 27(11):1578–1589.

Bedwell C, Dowswell T, Neilson JP, Lavender T. (2011). The use of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for pain relief in labour: a review of the evidence. *Midwifery*. ;27:e141–e148.

Bedwell C, Dowswell T, Neilson JP, Lavender T. (2011). The use of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for pain relief in labour: a review of the evidence. *Midwifery*. ;27:e141–e148.

Benlidayi I.C. (2020) The effectiveness and safety of electrotherapy in the management of fibromyalgia, *Rheumatology International* 40 (5) 1571–1580

Bevan S et al. (2009). Fit for Work? Musculoskeletal Disorders in the European Workforce. London: The Work Foundation.

Bonzini M, Veronesi G, Conti M, Coggon D, Ferrario MM. (2015). Is musculoskeletal pain a consequence or a cause of occupational stress? A longitudinal study. *International archives of occupational and environmental health*. ;88(5):12–67.

Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2020). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10267), 2006-2017.

Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2020). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease

study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10267), 2006-2017.

Cochrane B., Borges L., Prazil P. (2017) Neuromuscular electrical stimulation (NMES) for patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*, 17(2)1289

Collins JD, O'Sullivan LW. (2015). Musculoskeletal disorder prevalence and psychosocial risk exposures by age and gender in a cohort of office based employees in two academic institutions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 46(3):85–97.

Davis KG, Kotowski SE. (2014). Postural Variability An Effective Way to Reduce Musculoskeletal Discomfort in Office Work. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 56(7):49–61.

Delitto A, Piva SR, Moore CG, Fritz JM, Wisniewski SR, Josbeno DA, et al. (2015). Surgery versus nonsurgical treatment of lumbar spinal stenosis: a randomized trial. *Ann Intern Med* 7;162(7):465-4737

Delitto A, Piva SR, Moore CG, Fritz JM, Wisniewski SR, Josbeno DA, et al. (2015). Surgery versus nonsurgical treatment of lumbar spinal stenosis: a randomized trial. *Ann Intern Med* 7;162(7):465-4737

Eslamian M. Farhoudi, Jahanjoo K. Sadeghi-Hokmabadi I. Darabi H (2020) Electrical interferential current stimulation versus electrical acupuncture in management of hemiplegic shoulder pain and disability following ischemic stroke-a randomized clinical trial, *Archives of Physiotherapy*. 10 (2) 1458

Fuentes J., Armijo Olivo S., Magee D. J., Gross D. P. (2010). Effectiveness of Interferential Current Therapy in the Management of Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Physical Therapy*, 90(9),1219–1238

Fuentes J., Armijo Olivo S., Magee D. J., Gross D. P. (2010). Effectiveness of Interferential Current Therapy in the Management of Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Physical Therapy*, 90(9),1219–1238

Gibson W. Wand B., Meads C., Catley M., O'Connell N., (2019) Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain - an overview of Cochrane Reviews, *Cochrane Database Syst Rev*, 4(4)1890

Guleyupoglu B., Schestatsky P., Edwards D., Fregni F., Bikson M. (2014) Classification of methods in transcranial Electrical Stimulation (tES) and evolving strategy from historical approaches to contemporary innovations. *J Neurosci Methods*. 15 (2) 1016

Hansel N. Jensen, M. J. Richards S., (2014) Low level laser treatment test, *Archives of Physiotherapy* 11 (2) 22

Heijden G., Leffers P. Wolters, J. Verheijden, H. van Mameren, J. Houben, L. Bouter, P. Knipschild P. (1999) No effect of bipolar interferential electrotherapy and pulsed ultrasound for soft tissue shoulder disorders: a randomised controlled trial, *Ann Rheum Dis* 58(9) 530–540.

Huang H. Lin J. Guo Y. Tzyy-Jiuan W. Chen Y. (2013) EMG biofeedback effectiveness to alter muscle activity pattern and scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement, *J Electromyogr Kinesiol*. 23(1) 267-74.

Hurlow A, Bennett MI, Robb KA, Johnson MI, Simpson KH, Oxberry SG. (2012). Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) for cancer pain in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* ;3

Hurlow A, Bennett MI, Robb KA, Johnson MI, Simpson KH, Oxberry SG. (2012). Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) for cancer pain in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* ;3

Johnson M. Wittkopf P. Liebano R. (2022) Analgesic Effects of Interferential Current Therapy: A Narrative Review, *Medicina (Kaunas)* 58(1) 141

Korhan O, Mackieh A. (2010). A model for occupational injury risk assessment of musculoskeletal discomfort and their frequencies in computer users. *Safety Science*, 48(7):868-877.

Kroeling P., Gross, N., Graham, S., J Burnie, Grace S., Haines, M., (2013) Electrotherapy for neck pain, *Review Cochrane Database Syst Rev*, 26(8) 251

Mustard CA, Chambers A, Ibrahim S, Etches J, Smith P. (2015). Time trends in musculoskeletal disorders attributed to work exposures in Ontario using three independent data sources, 2004–2011. *Occupational and environmental medicine*. 72(4):252–257.

Noroozi MV, Hajibabaei M, Saki A, Memari Z. (2015). Prevalence of Musculoskeletal Disorders Among Office Workers. *Jundishapur Journal of Health Sciences*. ;7(1):10–22.

O'Connell N., Marston L., Spencer S., DeSouza L., Wand B. (2018) Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain, *Cochrane Database Syst Rev*, 3 (3) 208

O'Connell N., Marston, Spencer S., DeSouza L., Wand B. (2019) Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 5 (3) 8208

Page M., Green S., Mrocki, M., Surace SS., McBain, N., Lyttle, R., (2016) Electrotherapy modalities for rotator cuff disease, *Review Cochrane Database Syst Rev*, 10 (6) 225

Paley C., Wittkopf G., Jones G.M, Johnson M., (2016) Does TENS Reduce the Intensity of Acute and Chronic Pain? A Comprehensive Appraisal of the Characteristics and Outcomes of 169 Reviews and 49 Meta-Analyses, *Cochrane Database Syst Rev*, 4(10)1060

Qaseem, A., T. J. Wilt, R. M. McLean, and M. A. Forciea. 2017. Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: A clinical practice guideline from the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine* 166(7):514–530.

Tan G. Rintala G. Jensen, M. J. Richards S. Ann Holmes S. Parachuri, Shamsi R. Price L. (2011) Efficacy of cranial electrotherapy stimulation for neuropathic pain following spinal cord injury: a multi-site randomized controlled trial with a secondary 6-month open-label phase. *J Spinal Cord Med*. 34(3) 285–296.

Thornton A., McCarty K. Burgess M. (2013) Effectiveness of low-level laser therapy combined with an exercise program to reduce pain and increase function in adults with shoulder pain: a critically appraised topic, *J Sport Rehabil*, 22(1) 72-78

Tiktinsky R., Chen L., Narayan P. (2010) *Electrotherapy: yesterday, today and tomorrow*, Rachel Tiktinsky, National Hemophilia Center, Sheba Medical Center, Tel Hashomer Hospital, Israel.

Ucurum S. Kaya D. Kayali Y. Askin A. Tekindald M. (2018) Comparison of different electrotherapy methods and exercise therapy in shoulder impingement syndrome: A prospective randomized controlled trial. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 52(4) 249–255

United States Bone and Joint Decade. (2010). Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States: Prevalence, Societal and Economic Cost. *Second Edition*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons.

United States Bone and Joint Decade. (2010). Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States: Prevalence, Societal and Economic Cost. *Second Edition*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons.

Visconti L., Forni C., Coser, R. Trucco, M. Capra G. (2020) Comparison of the effectiveness of manual massage, long-wave diathermy, and sham long-wave diathermy for the management of delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial, *Archives of Physiotherapy* 10 (1) 25

Walsh DM, Howe TE, Johnson MI, Sluka KA. (2009). Transcutaneous electrical nerve stimulation for acute pain. *Cochrane Database Syst. Rev.* ;2:

Walsh DM, Howe TE, Johnson MI, Sluka KA. (2009). Transcutaneous electrical nerve stimulation for acute pain. *Cochrane Database Syst. Rev.* ;2:

Wright BJ, Galtieri NJ, Fell M. (2014). Non-adherence to prescribed home rehabilitation exercises for musculoskeletal injuries: the role of the patient-practitioner relationship. *J Rehabil Med* , 46(2):153-158

Wright BJ, Galtieri NJ, Fell M. (2014). Non-adherence to prescribed home rehabilitation exercises for musculoskeletal injuries: the role of the patient-practitioner relationship. *J Rehabil Med* , 46(2):153-158