



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

**Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών**

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Κλινική εργοσπιρομετρία, άσκηση και αποκατάσταση»

Ηλεκτρομυϊκός ερεθισμός σε ολόκληρο το σώμα σε ασθενή πληθυσμό: Μια συστηματική
ανασκόπηση

Διπλωματική Εργασία του

Πανούλα Αλέξανδρου

ΑΜ: 20170633

Μέλη συμβουλευτικής επιτροπής: Σ. ΝΑΝΑΣ, Ι. ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ, Α. ΦΙΛΙΠΠΟΥ

Επιβλέπων καθηγητής: Σ. ΝΑΝΑΣ

Μέντορας: Ε. ΚΑΡΑΤΖΑΝΟΣ

Αθήνα, 2021

Περίληψη

Εισαγωγή: Η θεραπεία του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού (Electromyostimulation – EMS) χρησιμοποιείται κατά κόρον από τους επαγγελματίες της επιστήμης της φυσικοθεραπείας ως μέθοδος αποκατάστασης και άσκησης των σκελετικών μυών του σώματος. Χρησιμοποιείται τόσο για υγιή, όσο και ασθενή άτομα, προκαλώντας αύξηση της μυϊκής μάζας, μείωση του ποσοστού λίπους σώματος και βελτίωση της κινησιολογίας. Θεωρείται μια ασφαλής και οικονομική θεραπεία, η οποία μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική.

Σκοπός: Σκοπός της συγκεκριμένης συστηματικής ανασκόπησης είναι η συγκέντρωση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας, όπου αφορά την εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα σε ασθενείς, ώστε να αξιολογηθεί ποιοτικά η αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

Μεθοδολογία: Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τρεις βάσεις δεδομένων, το Pubmed, το Scopus και το Pedro, ώστε να αναζητηθούν τα σχετικά άρθρα. Μετέπειτα, τα άρθρα αυτά αξιολογήθηκαν βάσει της κλίμακας Pedro και συντέθηκε ο πίνακας των αποτελεσμάτων βάσει της μεθοδολογίας PICOs.

Αποτελέσματα: Συνολικά ανιχνεύτηκαν 18 άρθρα, τα οποία πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου και αποκλεισμού. Τα περισσότερα άρθρα από αυτά ήταν άρθρα, που συγκεντρώνουν υψηλή βαθμολογία βάσει της κλίμακας Pedro, κατά συνέπεια είναι υψηλού επιπέδου μεθοδολογικού σχεδιασμού. Στις παρεμβάσεις, στις οποίες ανέτρεξε ο ερευνητής, βρέθηκε ότι η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού επιφέρει ένα πλήθος ευεργετικών επιδράσεων σε άτομα με χρόνιες παθήσεις. Η αύξηση του μυϊκού ιστού, η μείωση του ποσοστού λίπους σώματος, η αύξηση δύναμης των άκρων, η βελτίωση της εικόνας της νόσου είναι ορισμένες από τις θετικές επιδράσεις της ηλεκτρομυϊκής διέγερσης.

Συζήτηση: Η θεραπεία του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού είναι μια χρήσιμη και αποτελεσματική τεχνική, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς όφελος αρκετών ασθενειών και ιατρικών παθήσεων, όπως είναι ο χρόνιος τραυματισμός της σπονδυλικής στήλης, η σαρκοπενική παχυσαρκία, η σαρκοπενία, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, οι κακοήθειες νεοπλασίες και η μετ-εμμηνόπαυση.

Λέξεις κλειδιά: Ηλεκτρομυϊκός ερεθισμός, ηλεκτρομυϊκή διέγερση, ΗΝΜΕ, ολόκληρο το σώμα, συστηματική ανασκόπηση

Abstract

Introduction: Electromyostimulation (EMS) treatment has been used for the most as a rehabilitation method of musculoskeletal disorders by physiotherapists. It is used not only for healthy, but also sick individuals too. Seemingly, electromyostimulation method is used not only to healthy individuals but also patients. Some of the benefits of the treatment are muscle mass increase, total body fat decrease and overall improvement of movements. EMS has been studied through years either alone as method, or in comparison with others as well. Finally, EMS is considered to be a safe, low-cost and effective rehabilitation method.

Purpose: The main purpose of this systematic review is to gather up all the available information about whole body EMS on people who have some specific chronic illness or condition, so that investigators could be able to evaluate the effectiveness of whole-body EMS.

Methods & tools: There were used mainly three databases for the research, Pubmed, Scopus and Pedro. Afterwards, all the relevant articles had been evaluated by Pedro scale and finally there has been created a results-table based on PICO's methodology.

Results: Overall, 18 articles have been identified as relevant throughout the research. All of them were meet the inclusion and exclusion criteria. Most of the selected articles were high scored (by Pedro scale evaluation), which means that they are high quality on their methodology. Muscle mass increase, body fat decrease, improvement of limb strength and improvement of patients clinical profile are some of the benefits of the treatment. Based on the included interventions it was found that, WB-EMS has a great range of benefits on people with chronic conditions or diseases.

Conclusion: WB-EMS therapy is a quite useful and effective technique, which could be used to improve many chronic diseases and medical issues, such as chronic spinal cord injury, sarcopenic obesity, sarcopenia, chronic pulmonary disease, malignancies and post-menopausal.

Key words: Electromyostimulation, electrical stimulation, EMS, whole body, systematic review

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου, για την διαρκή στήριξη και υπομονή της.

Πίνακας συντομογραφιών

ES = Electrical Stimulation

EMS = Electrical Muscle Stimulation

FES = Functional Electrical Stimulation

NMES = Neuromuscular Electrical Stimulation

WB = Whole Body

WB-EMS = Whole Body Electromyostimulation

Περιεχόμενα

1.1 Ορισμός και εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού	13
1.2 Ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός.....	15
1.3 Η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε υγιή και ασθενή πληθυσμό	19
1.4 Η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε υγιή πληθυσμό	16
1.5 Η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού στη νόσο	18
2.1 Σκοπός και επιμέρους στόχοι.....	22
2.2 Μεθοδολογία.....	22
2.2.1 Κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού	23
2.2.2 Εξαγωγή αποτελεσμάτων	23
3.1 Flow-Diagram	32
3.2 Pedroscale.....	34
3.3 Περιεχόμενο μελετών.....	25
3.4 Αποτελέσματα εμπειροχόμενων άρθρων	32
Υπεύθυνη δήλωση συγγραφέα.....	48

Εισαγωγή

Η φυσική δραστηριότητα αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι στην επίδραση αρκετών παραμέτρων, τόσο ενός υγιούς πληθυσμού, όσο και των ασθενών πληθυσμών. Οι θετικές εκβάσεις της φυσικής δραστηριότητας περιγράφονται στη βιβλιογραφία αναφορικά με σοβαρές νοητικές, όσο και σωματικές ασθένειες, βελτιώνοντας την τελική έκβαση της νόσου.^(16,33) Ο ηλεκτρομυϊκός ερεθισμός (HNME) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια εναλλακτική μορφή άσκησης για εκείνα τα άτομα, που είτε δεν μπορούν να αθληθούν, είτε δεν επιθυμούν να φτάσουν στα επίπεδα άθλησης, που θα είναι ωφέλιμα για εκείνους προσφέροντας ευνοϊκά αποτελέσματα, όσον αφορά τη φυσική κατάσταση των ασθενών. Βιβλιογραφικά, ο HNME χρησιμοποιείται ευρέως για την αποκατάσταση χρόνιων παθήσεων σε βαρέως πάσχοντες ασθενείς. Γενικά, σκοπός του HNME είναι οι συσπάσεις στην ομάδα των σκελετικών μυών μέσω της διέγερσης με ηλεκτρικό ρεύμα. Η εφαρμογή του HNME μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μεμονωμένα, σε επιμέρους μυϊκές ομάδες στο σώμα, είτε να εφαρμοσθεί σε ολόκληρο το σώμα (Whole Body Electromyostimulation - WB-EMS).⁽⁹⁾ Ο HMNE, που εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σώμα αφορά την ταυτόχρονη διέγερση ολόκληρου του σώματος.^(31,41,48,49)

Παρόλα αυτά, η αποκατάσταση των ασθενών με χρόνιες παθήσεις δεν είναι η μοναδική εφαρμογή του HNME. Ο HNME χρησιμοποιείται ακόμη σε υγιείς ομάδες του πληθυσμού, όπως οι αθλητές ή φαινομενικά υγιή άτομα. Σε αθλητές η χρήση του έγκειται κυρίως στην βελτίωση των αποδόσεων του αθλητή, αλλά και στην επίσπευση της αποκατάστασης των τραυμάτων του. Πιο συγκεκριμένα, έχει χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή του προκειμένου να ανιχνευθεί βελτίωση στις αντοχές αθλητών, όπου τρέχουν.⁽¹⁾ Σε υγιείς πληθυσμούς η προσέγγιση αφορά τη βελτίωση της δυναμικής των μυών των κάτω άκρων και τη συνολική επίδραση στη σύσταση σώματος.⁽²³⁾

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία μιας συστηματικής ανασκόπησης αναφορικά με την εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα – WB-EMS σε ασθενείς, ώστε να αξιολογηθεί ποιοτικά η αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

Γενικό μέρος

1.1 Ορισμός και εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού

Ο ΗΝΜΕ είναι μια διαδικασία, η οποία χρησιμοποιεί ως κύριο μέσο της το ηλεκτρικό ρεύμα, με στόχο να στείλει ερεθίσματα στους σκελετικούς μυς, όπου και εφαρμόζεται. Το ζητούμενο αποτέλεσμα είναι η πρόκληση της σύσπασης του μυός.

Κατά την εφαρμογή του ΗΝΜΕ τα ηλεκτρόδια, που χρησιμοποιούνται, τοποθετούνται από τον ειδικό διαδερμικά, ακριβώς επάνω από την επιφάνεια της μυϊκής ομάδας. Έπειτα, με την παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος οι μύες διεγείρονται. Η μυϊκή δραστηριότητα, που παρατηρείται από το ηλεκτρικό ερέθισμα, είναι διαφορετική από την φυσιολογική εκούσια ενεργοποίηση των μυών. Κατά το ηλεκτρικό ερέθισμα υφίσταται η διέγερση των ενδομυϊκών κλάδων του νεύρου με αποτέλεσμα την τελική ενεργοποίηση του μυ.

Μια από τις προϋποθέσεις εφαρμογής του ΗΜΝΕ και της επιτυχούς διέγερσης των ενδομυϊκών κλάδων των νεύρων είναι η κατάσταση της νευρικής οδού, η οποία θα πρέπει να είναι άθικτη (intact), ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το ερέθισμα της επιλεγμένης μυϊκής ομάδας. Η παρατήρηση αυτή υποδείχθηκε από αρκετές μελέτες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε μετεγχειρητικό πληθυσμό, οι οποίοι εμφάνιζαν αποκλεισμό της τελικής κινητικής πλάκας και κατ' αυτόν τον τρόπο αναπτύχθηκε η μέθοδος του ΗΝΜΕ.^(21,47)

Φαίνεται ότι, δυο είναι οι κυριότεροι παράγοντες, οι οποίοι είναι ικανοί να επηρεάσουν και καθορίζουν εντέλει τη δύναμη μυϊκής συστολής. Ο πρώτος είναι ο αριθμός των μυϊκών ινών, όπου δέχεται και αντιδρά στο ερέθισμα και ο δεύτερος είναι η συχνότητα, με την οποία διεγείρεται το περιφερικό νεύρο. Μάλιστα, η πρώτη συνιστώσα, του αριθμού των μυϊκών ινών, που θα διεγερθούν από το ερέθισμα, εξαρτάται από δυο άλλους παράγοντες, που αφορούν τόσο την ένταση, όσο και τη διάρκεια του ερεθίσματος. Κατά συνέπεια, η δύναμη της μυϊκής συστολής εξαρτάται από την διάρκεια και τη συχνότητα του ερεθίσματος των μυϊκών ινών και των περιφερικών νεύρων, στοιχεία, τα οποία η εφαρμογή του ΗΝΜΕ χρησιμοποιεί, για την τελική επίτευξη του ερεθισμού των μυϊκών ομάδων.⁽²⁴⁾

Οι μυϊκές ίνες στο σύνολό τους, αλλά και ξεχωριστά, υπακούν στο νόμο του «όλου ή ουδέν». Κάθε μυϊκό και νευρικό κύτταρο, κατά την δραστηριοποίηση του, δημιουργεί ένα δυναμικό ενέργειας. Το δυναμικό ενέργειας ορίζεται ως η ηλεκτρική δραστηριότητα του κυττάρου. Κατά τη δημιουργία αυτής της ηλεκτρικής ώσης το δυναμικό της μεμβράνης του κυττάρου αυξάνεται κατά 100mV περισσότερο (πιο θετικά) του φυσιολογικού δυναμικού ενέργειας, το οποίο είναι

αρνητικό. Αυτή η διέγερση είναι και που επιτρέπει την διάδοση ενός σήματος σε μεγάλες αποστάσεις. Προκειμένου να δημιουργηθεί το δυναμικό ενέργειας, θα πρέπει το ερέθισμα της εκπόλωσης του κυττάρου να γίνει πιο θετικό από το λεγόμενο κατώφλι ή αλλιώς δυναμικό ουδού. Ο νόμος του όλου ή ουδέν έγκειται στο γεγονός ότι, το δυναμικό ενεργείας, που θα παραχθεί, είτε θα είναι στην πλήρη του μορφή ή δεν θα παραχθεί καθόλου. Αυτό σημαίνει ότι, η μυϊκή ίνα απαιτεί μια ελάχιστη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, προκειμένου να προκληθεί η μυϊκή συστολή. Αυτό ονομάζεται κατά τη βιβλιογραφία ρεόβαση. Αυτό όμως συνεπάγεται ότι, ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία είναι μικρότερης συχνότητας, δεν είναι ικανά να προκαλέσουν τον μυϊκό ερεθισμό και εντέλει την συστολή της μυϊκής ίνας.

Οι μελετητές, εφόσον ασχολήθηκαν με δυο παραμέτρους την ένταση και την διάρκεια, χρειάστηκαν ακόμη έναν ορισμό, ο οποίος θα περιγράφει την διάρκεια του ερεθίσματος. Όρισαν, λοιπόν, την διάρκεια εκείνη της ηλεκτρικής ώσης, η οποία απαιτείται, έτσι ώστε να υπάρξει ο ερεθισμός του μυός στην διπλάσια ένταση από εκείνης της ρεόβασης και την ονόμασαν χροναξία. Από την μελέτη και τον πειραματισμό με τις δυο αυτές έννοιες οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, η εφαρμογή της μεθόδου του HNME μπορεί να επιφέρει την μυϊκή σύσπαση ανάστροφα από την αρχή της σύσπασης της μυϊκής ίνας. Κατά την εκούσια άσκηση φαίνεται ότι, οι κινητικές μονάδες ακολουθούν μια διαδοχική πορεία, αναφορικά με την επιστράτευση και κινητοποίησή τους, ενώ φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες και πιο γρήγορες μονάδες κίνησης έπονται αυτές των πιο μικρών και αργών κινητικών ομάδων. Η θεωρία αυτή στηρίχθηκε στην διαφορά της αντίστασης των κινητικών αξόνων και στον μυϊκό φόρτο κατά την εφαρμογή της μεθόδου του HNME, ο οποίος αποδείχθηκε ότι επέρχεται με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς συγκριτικά με την εκούσια φυσική δραστηριότητα του ατόμου.⁽²⁰⁾

Η εφαρμογή του HNME μπορεί να λάβει χώρα είτε μεμονωμένα σε επιλεγμένες μυϊκές ομάδες, είτε σε ένα σύνολο μυϊκών ομάδων, όπως σε ολόκληρο το σώμα. Η ευεργετικότητα του HNME αποδεικνύεται από την ενεργοποίηση των μεγάλων κινητικών μονάδων, που ο ειδικός κατά την εφαρμογή της μεθόδου έχει επιλέξει, οι οποίες δεν έχουν τη δυνατότητα να ενεργοποιηθούν εύκολα από την εκούσια δραστηριότητα του ατόμου. Ο συνδυασμός των θεωριών αυτών δημιούργησε πολλά ερωτήματα σχετικά με τα πιθανά ευεργετικά οφέλη της εφαρμογής του HNME σε υγιής πληθυσμούς. Εφόσον, η ενεργοποίηση των μεγάλων κινητικών μονάδων μπορεί να επιτευχθεί χωρίς δυσκολία με τον HNME, πιθανά να μπορούσε να μεταβάλλει τη σωματική σύσταση ή ακόμη και να αντικαταστήσει την εκούσια δραστηριότητα, ειδικά για άτομα, όπου είτε δεν είχαν χρόνο, είτε και διάθεση να προβούν σε αυτή. Η εντύπωση γύρω από τη συγκεκριμένη μέθοδο έφερε σιγά σιγά στο προσκήνιο ερωτήματα και ζητήματα

σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου προς όφελος του πληθυσμού στην καθημερινότητα του, αλλά μετέπειτα και για τις θεραπευτικές του παραμέτρους. Οι μελετητές εστίασαν στην θεωρία, που έχει στηριχθεί η ανάπτυξη του ΗΝΜΕ και έχουν εξετάσει με την πάροδο των ετών τόσο την εφαρμογή του σε υγιείς, όσο και ασθενείς πληθυσμούς. Η προσπάθεια αυτή έγκειται στην διερεύνηση όχι μόνο των θετικών παραμέτρων, αλλά και των αρνητικών επίσης, που μπορεί να προκύψουν κατά την εφαρμογή της μεθόδου, έτσι ώστε αυτή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θεραπευτικούς και προληπτικούς σκοπούς ταυτόχρονα.⁽²⁵⁾

Με την εξέλιξη της υπάρχουσας γνώσης οι συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή του ΗΝΜΕ, είναι αρκετές, ενώ είναι πλέον μια τεχνολογία, όπου συνεχώς προοδεύει. Ο κυριότερος διαχωρισμός τους πραγματοποιείται από το είδος του ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο μπορεί να αποδώσει η εκάστοτε συσκευή και αυτά διαχωρίζονται στα παλμικά και στα εναλλασσόμενα ηλεκτρικά ρεύματα. Τα παλμικά με τη σειρά τους μπορούν να διαιρεθούν σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τη φορά και το σχήμα τους. Μπορεί να είναι είτε συμμετρικά, που είναι κυρίως τα διφασικά, είτε ασύμμετρα, που είναι κυρίως τα μονοφασικά, ενώ το σχήμα τους μπορεί να βρεθεί σε μια μεγάλη ποικιλία, από τριγωνικά έως και αιχμικά. Η βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι, στον ΗΝΜΕ έχει πραγματοποιηθεί χρήση όλων των προαναφερθέντων ειδών ηλεκτρικών κυμάτων, όμως πλέον χρησιμοποιείται μόνο το διφασικό παλμικό, εξαιτίας των αρνητικών επιδράσεων στην υγεία των ινών του μυϊκού ιστού, όπου επέρχονταν από τις άλλες δυο μορφές κυμάτων.⁽⁵⁾

1.2 Ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός

Ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός είναι μία μέθοδος ενεργοποίησης του σκελετικού μυός και την πρόκληση μυϊκής σύσπασης μέσω ηλεκτρικών ρευμάτων. Στη συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιούνται τόσο εναλλασσόμενα, όσο και παλμικά ρεύματα. Υπάρχουν κατά κύριο λόγο τρεις μορφές ηλεκτρικών ρευμάτων που χρησιμοποιούνται στα ΗΝΜΕ αναλόγως με το αποτέλεσμα που θέλουμε να επιτύχουμε. Τα είδη των ηλεκτρικών ρευμάτων είναι το εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας, το οποίο διοχετεύεται κατά ώσεις υποδεκαπλάσιας συχνότητας με μεσοδιαστήματα ηρεμίας μεταξύ των ώσεων, το μονοφασικό παλμικό ρεύμα, το οποίο συχνά χαρακτηρίζεται από δύο κορυφές, και τέλος το διφασικό παλμικό ρεύμα, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως πλέον στις φορητές συσκευές ΗΝΜΕ. Υπάρχουν φυσικά κάποιες παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία του ΗΝΜΕ, όπως η ένταση, η διάρκεια, η συχνότητα και ο κύκλος λειτουργίας τους.

1.3 Η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε υγιή πληθυσμό

Η εφαρμογή του ΗΝΜΕ χρησιμοποιείται στον υγιή πληθυσμό ως επί το πλείστον ως ένα πρόγραμμα αποκατάστασης, όταν βρίσκεται ότι με κάποιον τρόπο έχει επηρεαστεί η καλή λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος. Αυτό είναι εύκολο να συμβεί και μπορεί να τύχει είτε μέσω της επίπονης άσκησης, είτε εξαιτίας της έντασης της άσκησης, είτε και από κάποιον τυχαίο τραυματισμό στο περιβάλλον εργασίας.

Στη διαθέσιμη βιβλιογραφία φαίνεται ότι, κυρίως οι αθλητές και τα άτομα, τα οποία δεν μετέχουν ενεργά σε κάποια σωματική δραστηριότητα είναι οι δυο κυριότεροι πληθυσμοί, που έχουν χρησιμοποιηθεί στις μελέτες, που αφορούν τον ηλεκτρομυϊκό ερεθισμό, είτε σε ολόκληρο το σώμα, είτε σε μεμονωμένα σημεία του σώματος. Ο υγιής πληθυσμός, που έχει εφαρμοστεί η μέθοδος του ΗΝΜΕ, θα μπορούσε να χωριστεί σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Στην κατηγορία εκείνη, όπου τα άτομα δεν έχουν στην καθημερινότητα τους ούτε τη στοιχειώδη σωματική άσκηση και πραγματοποιούν ως επί το πλείστον καθιστική ζωή, και στην κατηγορία εκείνη, όπου, συμπεριλαμβάνονται άτομα ενεργά και δραστήρια με μέτρια και άνω σωματική δραστηριότητα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η πρώτη μεγάλη ομάδα πληθυσμού επωφελείται με σωματοδομικές αλλαγές και ευνοείται η γενικότερη υγεία τους, ενώ αποτελεί και μια πολύ καλή επιλογή ως υποκατάστατο της άσκησης, ειδικά σε άτομα, τα οποία δεν διαθέτουν το χρόνο να ασκηθούν. Η δεύτερη κατηγορία, που αφορά τα άτομα, που ασχολούνται με τον αθλητισμό και τα αγωνίσματα, ευνοούνται στη συνολική τους απόδοση, καθότι βελτιώνεται η μυϊκή τους δύναμη, τα αντανακλαστικά τους και η αντοχή τους.⁽⁴³⁾

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι, ο ΗΝΜΕ χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος αθλημάτων, εξαιτίας του ότι, επιδρά ευεργετικά στην ανάπτυξη της δύναμης και στην αύξηση της σωματικής απόδοσης του ατόμου. Γι' αυτό τον λόγο συμπεριλαμβάνεται ως μέρος του συνολικού προγράμματος προπόνησης αρκετών αθλητών, ώστε να υπάρχει ταχύτατη ανάρρωση, αλλά και ενίσχυση των δυνάμεων του αθλητή. Οι περισσότερες μελέτες, που υπάρχουν διαθέσιμες, δείχνουν ότι, έχουν μελετηθεί αρκετά τα ατομικά αθλήματα, όπως η άρση βαρών, το στίβο, η ποδηλασία, η κολύμβηση σε συνάρτηση με την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής του ΗΝΜΕ σε συνεδρίες. Στα ατομικά αθλήματα παρατηρείται ότι, ο ΗΝΜΕ εφαρμόζεται σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος. Αυτά είναι οι τετρακέφαλοι μύες, οι τρικέφαλοι, ο πλατύς ραχιαίος και οι δικέφαλοι βραχιόνων. Έχει βρεθεί ότι, όταν τα ηλεκτρόδια εφαρμόζονται σε αυτά τα σημεία του σώματος, αυξάνεται στατιστικά σημαντικά η δύναμη και η κινητικότητα του ατόμου στην επόμενη προπόνηση.^(17,34)

Όμως ευεργετικά αποτελέσματα έχουν φανεί και σε ομαδικά αθλήματα, όπως το μπάσκετ και το βόλεϊ. Σε αθλητές μπάσκετ, οι οποίοι ακολούθησαν 4 εβδομάδες συνεδρίες με εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού, φάνηκε ότι βελτίωσαν την ισομετρική αντοχή τους, αύξησαν το ύψος στο άλμα καθίσματος, όπως επίσης και στο άλμα μήκους. Το πιο σημαντικό είναι ότι, έχει φανεί πως όταν το πρόγραμμα του HNME εφαρμόζεται για μεγαλύτερο διάστημα, όπως για παράδειγμα 8 εβδομάδες, τότε τα αποτελέσματα είναι εξίσου στατιστικά σημαντικά και καλύτερα. Κατά συνέπεια, όταν ο HNME χρησιμοποιείται ενσωματωμένος στην προπόνηση των αθλητών μπάσκετ ως μέρος του προγράμματος τους, τότε φαίνεται να ενισχύει τόσο την αντοχή, όσο και την απόδοση τους στο αγώνισμα.⁽³⁴⁾ Έχει φανεί όμως, πως οι συνεδρίες του HNME, επιδρούν θετικά και στα άλματα των αθλητών βόλεϊ, καθώς ενισχύουν τους μύες των ποδιών, αυξάνοντας την αντοχή και την μυϊκή δύναμη. Μάλιστα, υποστηρίζεται ότι, θα πρέπει να πραγματοποιούνται συνεδρίες με την εφαρμογή του HNME αρκετό καιρό πριν από τους τελικούς αγώνες, ώστε να υπάρχει το περιθώριο του χρόνου εκείνο, ώστε να αναπτύξει ο αθλητής τη μυϊκή αντοχή σε ικανοποιητικό βαθμό έως και τους αγώνες.⁽³⁵⁾ Το ίδιο ακριβώς φαίνεται να ισχύει και για τους παίκτες Rugby, όπου η τακτική εφαρμογή του HNME φαίνεται να βελτιώνει την μυϊκή αντοχή και να ενδυναμώνει τους σκελετικούς τους μύες, αυξάνοντας την τελική τους απόδοση.^(4,53)

Η εφαρμογή του HNME σε πληθυσμό, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μηδενική έως ελάχιστη σωματική άσκηση, φαίνεται να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη σύσταση του σώματος, συνεισφέροντας ευεργετικά στην συνολική υγεία του ατόμου. Μελέτες υποδεικνύουν ότι, πληθυσμός, ο οποίος δεν γυμνάζεται τακτικά και έχει υιοθετήσει έναν καθιστικό τρόπο ζωής, μπορεί να επηρεαστεί από τις συνεδρίες με τον HNME, αφού η εφαρμογή του βελτιώνει και αυξάνει τα επίπεδα της μυϊκής μάζας, μειώνει τα επίπεδα του σπλαχνικού και του συνολικού ποσοστού λίπους του σώματος, επιδρά θετικά στην οστική μάζα αυξάνοντας τη και αυξάνει το βασικό μεταβολισμό.⁽³²⁾ Η κυριότερη επίδραση της θεραπείας είναι η ουσιαστική αλλαγή της σύστασης σώματος των ατόμων, η οποία ευνοεί την καλή τους υγεία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα μέσο πρόληψης για μελλοντικές παθήσεις και ασθένειες. Από τα πιο σημαντικά είναι ότι, η μεταβολή της σύστασης σώματος είναι ιδιαίτερης σημασίας ανεξάρτητα με το σωματικό βάρος, το οποίο έχει το άτομο. Ένα άτομο με χαμηλό σωματικό βάρος και υψηλά επίπεδα σπλαχνικού λίπους δεν είναι πιο υγιές από ένα άτομο με υψηλότερο σωματικό βάρος και χαμηλότερα επίπεδα σπλαχνικού λίπους. Η καλή υγεία σχετίζεται με την καλή αναλογία των σκελετικών μυών σε σχέση με το λιπώδη ιστό και αυτό ακριβώς επηρεάζει η μέθοδος του HNME.^(23,27,45)

1.4 Η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού στη νόσο

Το φάσμα, στο οποίο βρίσκεται εφαρμογή η ηλεκτρομυϊκή διέγερση, είναι πραγματικά μεγάλο όχι μόνο ερευνητικά, αλλά και κλινικά, κάτι το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη και την εξέλιξη της ήδη υπάρχουσας γνώσης. Ως ένα μέσο, το οποίο χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση των διαταραχών, που εμφανίζονται στο μυϊκό σύστημα του ανθρώπινου σώματος, αποτελεί μια ιδανική επιλογή αποκατάστασης, στην περίπτωση τραυματισμού ή βλάβης. Η εφαρμογή του θα μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί σε τρεις μεγάλες ομάδες, στις περιπτώσεις όπου η μέθοδος χρησιμοποιείται ως μέσο πρόληψης, στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ως μέσο αποκατάστασης και στις περιπτώσεις όπου απαιτείται η βελτίωση της λειτουργικότητας και η ενδυνάμωση του ατόμου.

Είναι σαφές ότι, η ηλεκτρομυϊκή διέγερση είναι μια αποτελεσματική, ασφαλής και γρήγορη θεραπεία αποκατάστασης, όπου ενισχύει τον υγιή πληθυσμό, είτε υπάρχουν ανάγκες για τη βελτίωση της σύστασης του σώματος, είτε για την ανάκαμψη από έναν τραυματισμό, είτε για τη βελτίωση της απόδοσης. Υπάρχει όμως και μια μεγάλη μερίδα του πληθυσμού, όπου εμφανίζει χρόνιες παθήσεις, οι οποίες ταλαιπωρούν τα άτομα με την εκάστοτε συμπτωματολογία. Η επίδραση του HNME σε υγιή άτομα έδωσε το απαιτούμενο έναυσμα, ώστε να μελετηθεί παράλληλα η επίδραση της μεθόδου σε άτομα με χρόνιες ασθένειες και παθήσεις, είτε γνωστής αιτιολογίας, είτε ακόμη και άγνωστης. Αυτός ο προβληματισμός ήταν η έναρξη ενός μεγάλου κεφαλαίου στην επιστήμη της φυσικοθεραπείας, όπου διερεύνησε και ακόμη διερευνά την αποτελεσματικότητα της ηλεκτρομυϊκής διέγερσης σε άτομα με χρόνιες νόσους. Έχει βρεθεί ότι, η εφαρμογή του HNME επιδρά ευεργετικά σε περιστατικά χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ), σε ασθενείς που νοσηλεύονται σε μονάδες εντατικής θεραπείας, στην πολυνευρομυοπάθεια, σε παιδιά όπου πάσχουν από εγκεφαλική παράλυση, στην σαρκοπενική παχυσαρκία, σε περιστατικά ασθενών με κακοήθης νεοπλασίες και σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια.^(7,29,54) Ο βασικός μηχανισμός, όπου στηρίζεται η μέθοδος και επιδρά θετικά στους ασθενείς αυτούς, είναι ως επί το πλείστον η επίδραση των ηλεκτρικών σημάτων στους σκελετικούς μύες. Βάσει αυτού, τα άτομα αυτά βελτιώνουν την σωματική και μυϊκή αντοχή (body and muscle resistance) τους, αυξάνεται η μυϊκή μάζα τους, ενισχύεται η δύναμη της λαβής και της στήριξής τους.

Οι ερευνητές, στην προσπάθειά τους να διερευνήσουν την επίδραση του HNME στον ασθενή πληθυσμό, δημιούργησαν πρωτόκολλα, τα οποία με την πάροδο των ετών εμπλουτίστηκαν ακόμη περισσότερο, ενισχύοντας την εγκυρότητα και την αξιοπιστία της μεθόδου στα θετικά οφέλη, που προσφέρει η μέθοδος. Πέραν από τις μελέτες, οι οποίες διερευνούν την επίδραση

της ηλεκτρομυϊκής διέγερσης στους ασθενείς αυτούσια, υπάρχει και η μερίδα των μελετών, όπου συγκρίνει κατά πόσο η ηλεκτρομυϊκή διέγερση επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα, όταν χρησιμοποιείται συνδυαστικά με κάποια άλλη θεραπεία ή κάποιο συμπλήρωμα διατροφής. Οι υπάρχουσες μελέτες αναφορικά με τους ενδεχόμενους συνδυασμούς φέρουν αντικρουόμενα αποτελέσματα, καθότι ορισμένες μελέτες δείχνουν πιο ισχυρά αποτελέσματα, όταν ο ηλεκτρομυϊκός ερεθισμός χρησιμοποιείται συνδυαστικά, ενώ κάποιες άλλες δεν σημειώνουν κάποια ιδιαίτερη στατιστικά σημαντική διαφορά. Σε κάθε περίπτωση, το κατά πόσο είναι πιο αποτελεσματικός ο ΗΝΜΕ, όταν χρησιμοποιείται ως μέθοδος μεμονωμένα και συνδυαστικά, είναι ένα ζήτημα, που χρίζει περαιτέρω διερεύνηση στο μέλλον, ώστε να δοθεί μια καταληκτική κατεύθυνση.^(29,44,51)

1.5Η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα σε υγιή και ασθενή πληθυσμό

Ο ΗΝΜΕ μπορεί να εφαρμοσθεί είτε τμηματικά, είτε σε ολόκληρο το σώμα. Η εφαρμογή του WB-EMS καταμετρά αρκετές παρεμβατικές μελέτες σε διάφορους κλινικούς πληθυσμούς, ενώ βιβλιογραφικά ο Kemmler και η ομάδα του φαίνεται να καταμετρά το μεγαλύτερο πλήθος παρεμβάσεων σχετικά με την εφαρμογή του ΗΝΜΕ. Σε μελέτη όπου οι Kemmleretal. εφάρμοσαν το WB-EMS σε γυναικείο πληθυσμό μεγάλης ηλικίας, που δεν είχε καμία πρόθεση προκειμένου να ασκηθεί και διαπίστωσαν ότι υπάρχει θετική επίδραση στους δείκτες αναφορικά με τη σαρκοπενία και την περιφερική συσσώρευση λίπους στο σώμα, καταλήγοντας στο συμπέρασμα, πως η εφαρμογή του WB-EMS πιθανά να μπορεί να αντικαταστήσει μερικώς την φυσική δραστηριότητα, εξαιτίας των ευεργετικών της αποτελεσμάτων.^(8,10,30) Ένα έτος νωρίτερα, το 2012, οι Kemmleretal. ασχολήθηκαν με την ίδια εφαρμογή του WB-EMS σε πληθυσμό νεαρών ανδρών, προκειμένου να διασαφηνίσουν την σχέση του WB-EMS με την μεταβολή της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της άσκησης. Παρόλο που η εφαρμογή του WB-EMS υποδεικνύεται επαρκής για τη μείωση τόσο του σωματικού λίπους, όσο και για την διαμόρφωση της εικόνας του σώματος, τα δεδομένα αναφορικά με την μεταβολή της ενεργειακής δαπάνης είναι αμφιλεγόμενα. Η κλινική μελέτη αυτή υπέδειξε τη θετική επίδραση του WB-EMS στην ενεργειακή δαπάνη, μόνο όταν εφαρμόστηκε σε άτομα που αθλούνταν σε μέτριο βαθμό και κατά τη διάρκεια προπόνησης με αντιστάσεις χαμηλής έντασης. Επιπρόσθετα, τονίζεται από τους ερευνητές για ακόμη μια φορά, πως η εφαρμογή του WB-EMS μπορεί να είναι μια λύση είτε για τα άτομα τα οποία δεν επιθυμούν τη φυσική δραστηριότητα σε τακτική

βάση, είτε για τα άτομα εκείνα που δεν μπορούν να ασκηθούν συμβατικά.^(8,35) Στον αντίποδα, η σαρκοπενία είναι ένα πολύ συχνό φαινόμενο στον γηραιό πληθυσμό, το οποίο επέρχεται από την μείωση της μυϊκής μάζας εξαιτίας του γήρατος και της έλλειψης άσκησης με αντιστάσεις. Ο WB-EMS έχει θετική επίδραση στη διατήρηση και την αύξηση της μυϊκής μάζας των ηλικιωμένων ατόμων, τα οποία είτε δεν ασκούνται, είτε δεν φτάνουν τη συνιστώμενη φυσική δραστηριότητα, προκειμένου να μην προβούν σε απώλεια μυϊκής μάζας.^(10,13,35)

Τα επίπεδα του σωματικού λίπους και της μυϊκής μάζας απασχολούν, όμως, ιδιαίτερα και την κατάσταση της εμμηνόπαυσης. Πιο ειδικά, η εμμηνόπαυση σχετίζεται με μειωμένη έκκριση διαφόρων ορμονών και μείωση του μεταβολικού ρυθμού. Ως επακόλουθο, η επίδραση στη σύσταση σώματος των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών είναι αυτονόητη. Η εφαρμογή του WB-EMS είχε θετική επίδραση στη φυσική κατάσταση και την κατανομή του λίπους στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, με τη μόνη προϋπόθεση πως προϋπήρχε ιστορικό αρκετά καλής φυσικής δραστηριότητας.^(55,56,57,58)

Σκοπός της συγκεκριμένης συστηματικής ανασκόπησης είναι ο εντοπισμός των σχετικών άρθρων, που αφορούν μη υγιείς πληθυσμούς και υγιείς πληθυσμούς, όπου έχει πραγματοποιηθεί η εφαρμογή του HNME σε ολόκληρο το σώμα και η καταγραφή της επίδρασης του, με κύριο μέλημα να αποσαφηνιστεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου τόσο σε υγιείς, όσο και ασθενείς πληθυσμούς.

Η κλινική σημασία της μελέτης έγκειται στην αποσαφήνιση του κατά πόσο μπορούν να επωφεληθούν άτομα, τα οποία πάσχουν από ασθένειες, από την εφαρμογή του HNME, καθώς ενεργοποιούνται ταυτόχρονα πολλές μυϊκές ομάδες και υπάρχουν οφέλη ίσως και παρόμοια αυτών της συμβατικής άσκησης.

Η εφαρμογή του HNME έχει αναβαθμιστεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Ένα μέρος της εξέλιξης αυτής οφείλεται στην ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και ένα άλλο μέρος οφείλεται στον αύξοντα όγκο της γνώσης, που λαμβάνεται από τις μελέτες, που πραγματοποιούνται. Η αναβάθμιση της μεθόδου του HNME έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση τόσο των λειτουργιών, όσο και των δυνατοτήτων της μεθόδου κατά την εφαρμογή της. Η εξέλιξη του έχει σημειώσει τέτοια πρόοδο μάλιστα, όπου σημειώνεται πως παλαιότερα ζητήματα περιορισμών και δυσκολιών, έχουν μείνει πλέον στο παρελθόν. Η γνώμη των επιστημόνων είναι ότι, με τις προσθήκες, που πραγματοποιούνται καθημερινά στην λειτουργία του HNME, είμαστε πλέον σε θέση να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο με ασφάλεια, χωρίς παρενέργειες ή ενδεχόμενους κινδύνους.⁽¹⁹⁾

Η εφαρμογή του ΗΝΜΕ βρίσκεται ότι, εφαρμόζεται είτε σε μεμονωμένα μέρη του σώματος, είτε σε ολόκληρο το σώμα. Η εφαρμογή των ηλεκτροδίων σχετίζεται είτε με το αντικείμενο της μελέτης την εκάστοτε φορά, είτε με το αποτέλεσμα, το οποίο αποζητείται από τους ερευνητές. Σημασία φαίνεται να έχει με τις μυϊκές ομάδες, που ενδιαφέρεται ο φυσικοθεραπευτής να ενεργοποιήσει και να ενδυναμώσει την κάθε φορά, όπως ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί ο χρόνιος μη ειδικός πόνος χαμηλά στην πλάτη (unspecific low back pain), όπου πολύ συχνά τοποθετούνται ηλεκτρόδια στη βάση των ραχιαίων και των κοιλιακών μυών, ώστε να παρέχουν την ενδυνάμωση στους εμπλεκόμενους μύες.^(11,40)

Παρόλα αυτά, την ολική σύσταση του σώματος φαίνεται πως επηρεάζει η εφαρμογή της ηλεκτρομυϊκής διέγερσης σε ολόκληρο το σώμα και όχι μόνο μεμονωμένα. Η θεραπεία με εφαρμογή ηλεκτρικών ερεθισμών σε ολόκληρο το σώμα παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη παρέμβαση, η οποία ενδυναμώνει και επηρεάζει ολόκληρο τον οργανισμό. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχουν ακόμη διαθέσιμες μελέτες, οι οποίες να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα και την επίδραση των δυο διαφορετικών εφαρμογών του WB-EMS, με αποτέλεσμα να είμαστε σε θέση να αξιολογούμε τα διαθέσιμα δεδομένα μόνο ποιοτικά.⁽⁶⁾

Ειδικό μέρος

2.1 Σκοπός και επιμέρους στόχοι

Ο WB-EMS είναι μια τεχνική, η οποία χρησιμοποιείται τόσο σε υγιή, όσο και ασθενή πληθυσμό. Είναι σημαντικό να διερευνηθεί η εφαρμογή του WB-EMS σε ασθενείς, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του μέσα από την συγκέντρωση και την σύγκριση πρωτογενών μελετών.

Σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της θεραπείας του WB-EMS σε ασθενή πληθυσμό.

Στους επιμέρους στόχους συμπεριλαμβάνεται η ανεύρεση τυχόν παρενεργειών από την εφαρμογή του WB-EMS και η καταγραφή των ειδικών περιπτώσεων εφαρμογής του WB-EMS στον ασθενή πληθυσμό.

2.2 Μεθοδολογία

Ο έλεγχος των άρθρων πραγματοποιήθηκε σε τρεις βάσεις δεδομένων, το Pubmed, το PEDro και το Scopus. Οι όροι αναζήτησης χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορους συνδυασμούς και με διαφορετικούς συνδετικούς όρους, για την επικείμενη αναζήτηση άρθρων στις επιλεγμένες βάσεις δεδομένων. Αναλυτικά, παρακάτω αναφέρονται οι όροι, που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση των άρθρων:

«whole body electromyostimulation», «EMS whole body», «NES whole body», «WB-EMS», «WB-NES», «electrical muscle stimulation», «electromyostimulation», «electrostimulation».

Ένα παράδειγμα αναζήτησης στη βάση δεδομένων Pubmed ήταν το εξής:

(whole body electromyostimulation OR EMS whole body OR NES whole body OR WB-EMS OR WB-NES OR electrical muscle stimulation OR electromyostimulation) AND (whole body)

2.2.1 Κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού

Κριτήρια εισαγωγής

- Εφαρμογή ΗΝΜΕ σε ολόκληρο το σώμα (WB-EMS)
- Εφαρμογή WB-EMS σε ασθενείς
- Κλινικές μελέτες
- Άρθρα στην αγγλική γλώσσα

Κριτήρια αποκλεισμού

- Εφαρμογή ΗΝΜΕ σε ένα μεμονωμένο σημείο στο σώμα
- Εφαρμογή WB-EMS σε υγιή άτομα
- Συστηματικές ανασκοπήσεις, μετα-αναλύσεις, μελέτες περιπτώσεων, βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις
- Άρθρα γραμμένα σε άλλη γλώσσα εκτός της αγγλικής

2.2.2 Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Η κατηγοριοποίηση πραγματοποιήθηκε σε επιμέρους φάσεις, βάσει του διαγράμματος Prisma 2009. Την αναγνώριση, την διαλογή, την καταλληλότητα και τα άρθρα που εντέλει θα συμπεριληφθούν.⁽³⁸⁾ Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα κριτήρια PICO (Patient-Problem-Population, Intervention, Comparison-Control-Comparator, Outcome). Τέλος, τα επιλεγμένα άρθρα αξιολογήθηκαν με την κλίμακα PEDRO, κατά την οποία απαντώνται 11 ερωτήσεις, προκειμένου να ελεγχθεί η εσωτερική και εξωτερική εγκυρότητα, αλλά και η στατιστική ανάλυση, που έχει πραγματοποιηθεί.⁽¹⁰⁾

2.2.3 Κριτήρια κλίμακας Pedro

Αρίθμηση	Κριτήριο	Βαθμολογία
1 ^ο	Τυχαιοποιημένη κατανομή.	Ναι = + Όχι = -
2 ^ο	Τυφλή τοποθέτηση συμμετεχόντων.	Ναι = + Όχι = -

3 ^ο	Ομοιότητα αρχικών τιμών μεταβλητών.	Ναι = + Όχι = -
4 ^ο	Τυφλή μελέτη σχετικά με τους συμμετέχοντες.	Ναι = + Όχι = -
5 ^ο	Τυφλή μελέτη σχετικά με τους θεραπευτές.	Ναι = + Όχι = -
6 ^ο	Τυφλή μελέτη σχετικά με τους εκτιμητές των αποτελεσμάτων.	Ναι = + Όχι = -
7 ^ο	Μέτρηση τιμών των κύριων μεταβλητών με ποσοστό τουλάχιστον το 85% του αρχικού αριθμού των συμμετεχόντων.	Ναι = + Όχι = -
8 ^ο	Ανάλυση δεδομένων με βάση την προσχεδιασμένη παρέμβαση	Ναι = + Όχι = -
9 ^ο	Σύγκριση στατιστικών αποτελεσμάτων μεταξύ τουλάχιστον δύο ομάδων έρευνας, της πειραματικής ομάδας με της ομάδας ελέγχου.	Ναι = + Όχι = -
10 ^ο	Εξέταση της επίδρασης της πειραματικής παρέμβασης με έλεγχο μετρήσεων μεταβλητότητας (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, εύρος τιμών, κλπ.)	Ναι = + Όχι = -

3.3 Περιεχόμενο μελετών

Πίνακας 2 «Περιεχόμενο μελετών»

Συγγραφέας & ημερομηνία	Είδος μελέτης & πληθυσμός (n)	Ομάδα Παρέμβασης (ΟΠ)	Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	Αποτελέσματα
Giangragorio et al. 2012	Randomizedtrial n=34 Τραυματισμός σπονδυλικής στήλης	FES	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Καμία στατιστική διαφορά
				ΟΠ: Αύξηση μυϊκού ιστού
				ΟΕ: Απώλεια μυϊκού ιστού
Gorgey et al. 2012	PilotRCT n=9 Τραυματισμός σπονδυλικής στήλης	FES-RT+Diet	FES-Diet	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Υπερτροφία σκελετικών μυών, βελτίωση δεικτών CHO και αντίστασης ινσουλίνης, μείωση εκτοπικού λιπώδους ιστού
				ΟΕ: Καμία μεταβολή
Arija-Blazquez et al. 2014	RCT n=8	EMS	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Αύξηση μυϊκού ιστού

	Τραυματισμός σπονδυλικής στήλης			ΟΕ: Απώλεια μυϊκού ιστού
Menendez et al. 2016	Randomizedtwogroup n=17 Τραυματισμός σπονδυλικής στήλης	WBV+ES	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Αύξηση μυϊκής μάζας, αύξηση διαμέτρου ιγνυακής αρτηρίας, αύξηση ροής αίματος
				ΟΕ: Καμία μεταβολή
Menendez et al. 2016	Randomizedcrossover n=10 Τραυματισμός σπονδυλικής στήλης	A:WBV B:ES Γ:WBV+ES Δ:WBV 30/ES 30	-	Διαφορές στο baseline: -
				ΟΑ: Μέτρια αύξηση ροής αίματος, μεγάλη αύξηση θερμοκρασίας δέρματος
				ΟΒ: Μικρή αύξηση ροής αίματος και θερμοκρασίας δέρματος
				ΟΓ: Μεγάλη αύξηση ροής αίματος, μέτρια αύξηση θερμοκρασίας δέρματος
				ΟΔ: Μέτρια αύξηση ροής αίματος και θερμοκρασίας δέρματος
Weissenfels et al. 2018	RCT n=30	WB-EMS	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά, <i>εκτός</i> από τη μη τακτική άσκηση

	Χρόνιος πόνος στην πλάτη			<p>Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές</p> <p>ΟΠ: Μείωση πόνου, αύξηση μέγιστης ισομετρικής αντοχής στον κορμό και στην κάμψη κορμού</p> <p>ΟΕ: Καμία μεταβολή</p>
Kemmler et al. 2010	Pilot study n=30 Μετ-εμμηνόπαυση	WB-EMS	Non interventional	Διαφορές στο baseline: -
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Μείωση περιφέρειας μέσης, αύξηση μέγιστης ισομετρικής αντοχής σε κορμό και πόδια
				ΟΕ: Μείωση περιφέρειας γοφών
Andre et al. 2018	RCT n=36 Ασθενείς μετά από βαριατρικό χειρουργείο	WBS	Exercise only	Διαφορές στο baseline: -
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Αύξηση μυϊκής δύναμης, αντοχής και αναπνευστικής ικανότητας
				ΟΕ: -
Schink et al. 2018	Controlled pilot study n=131	WB-EMS+Protein nutrition	Nutritional support	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές

	Προχωρημένο υ σταδίου νεοπλασματικοί όγκοι			<p>ΟΠ: Αύξηση μυϊκής μάζας, αύξηση σωματικού βάρους, βελτίωση φυσικής κατάστασης</p> <p>ΟΕ: Καμία μεταβολή</p>
Schink et al. 2018	Pilotstudy n=21 Αιματολογικές κακοήθειες	WB- EMS+Protein sup.	Nutritionalsuppo rt	<p>Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά</p> <p>Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές</p> <p>ΟΠ: Αύξηση μυϊκής μάζας, βελτίωση φυσικής κατάστασης</p> <p>ΟΕ: Αύξηση λιπώδους μάζας</p>
Wittmannetal . 2016	RCT n=75 Σαρκοπενική παχυσαρκία	A:WB-EMS+ Protein sup. B:WB-EMS	Non training	<p>Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά</p> <p>Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές * οι δυο ομάδες παρέμβασης δεν είχαν καμία διαφορά</p> <p>ΟΑ: Μείωση περιφέρειας μέσης, μείωση αρτηριακής πίεσης, βελτίωση τριγλυκεριδίων και HDL</p> <p>ΟΒ: Μείωση περιφέρειας μέσης, μείωση αρτηριακής πίεσης, βελτίωση τριγλυκεριδίων και HDL</p> <p>ΟΕ: Καμία μεταβολή</p>
Kemmler et al. 2016	RCT n=75 Σαρκοπενική παχυσαρκία	A:WB-EMS+ Protein sup. B:WB-EMS	Non training	<p>Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά, <i>εκτός</i> της κατανάλωσης αλκοόλ</p> <p>Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές</p>

				<p>ΟΑ: Αύξηση μυϊκής μάζας, αύξηση ταχύτητας βάδισης, μείωση δείκτη σαρκοπενίας</p> <p>ΟΒ: Αύξηση μυϊκής μάζας, αύξηση ταχύτητας βάδισης, μείωση δείκτη σαρκοπενίας</p> <p>ΟΕ: Μείωση επιπέδων άσκησης</p>
Kemmler et al. 2017	RCT n=100 Σαρκοπενική παχυσαρκία	A:WB-EMS+ Protein sup. B:Protein Sup.	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά, <i>εκτός</i> της κατανάλωσης πρωτεΐνης
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΑ: Μείωση λιπώδους μάζας, αύξηση μυϊκής μάζας, αύξηση αντοχής στη λαβή
				ΟΒ: Μείωση λιπώδους μάζας, αύξηση μυϊκής μάζας
				ΟΕ: Μείωση μυϊκής μάζας
Kemmler et al. 2018	RCT n=67 Σαρκοπενική παχυσαρκία	WB-EMS+Protein sup.	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Αύξηση μυϊκής μάζας, μείωση λίπους κορμού, βελτίωση ταχύτητας βάδισης, βελτίωση αντοχής κάτω άκρων
				ΟΕ: Αύξηση λιπώδους μάζας
	RCT			Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά

Kemmler et al. 2018	n=100 Σαρκοπενική παχυσαρκία	A:WB-EMS+ Protein sup. B:Protein Sup.	Non interventional	Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές *οι δυο ομάδες παρέμβασης διέφεραν μόνο στην περιφέρεια μέσης
				ΟΑ: Μείωση λιπώδους μάζας, μείωση λίπους κορμού, μείωση περιφέρειας μέσης, βελτίωση δείκτη χοληστερόλης/HDL
				ΟΒ: Μείωση λιπώδους μάζας, μείωση λίπους κορμού, μείωση περιφέρειας μέσης, βελτίωση δείκτη χοληστερόλης/HDL
				ΟΕ: Καμία μεταβολή
Kemmler et al. 2013	RCT n=76 Σαρκοπενία	WB-EMS	Semi-active	Διαφορές στο baseline: -
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Αύξηση μυϊκής μάζας, αύξηση μη λιπώδους μάζας (leanbodymass), βελτίωση ισομετρικής αντοχής κορμού, κάτω άκρων
				ΟΕ: Καμία μεταβολή
Von Stengel et al. 2015	RCT n=76 Σαρκοπενία	WB-EMS	Exercise only	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Βελτίωση οστικής πυκνότητας οσφυϊκής μοίρας (p=0,051), αύξηση μη λιπώδους μάζας, αύξηση δύναμης λαβής
				ΟΕ: Καμία μεταβολή

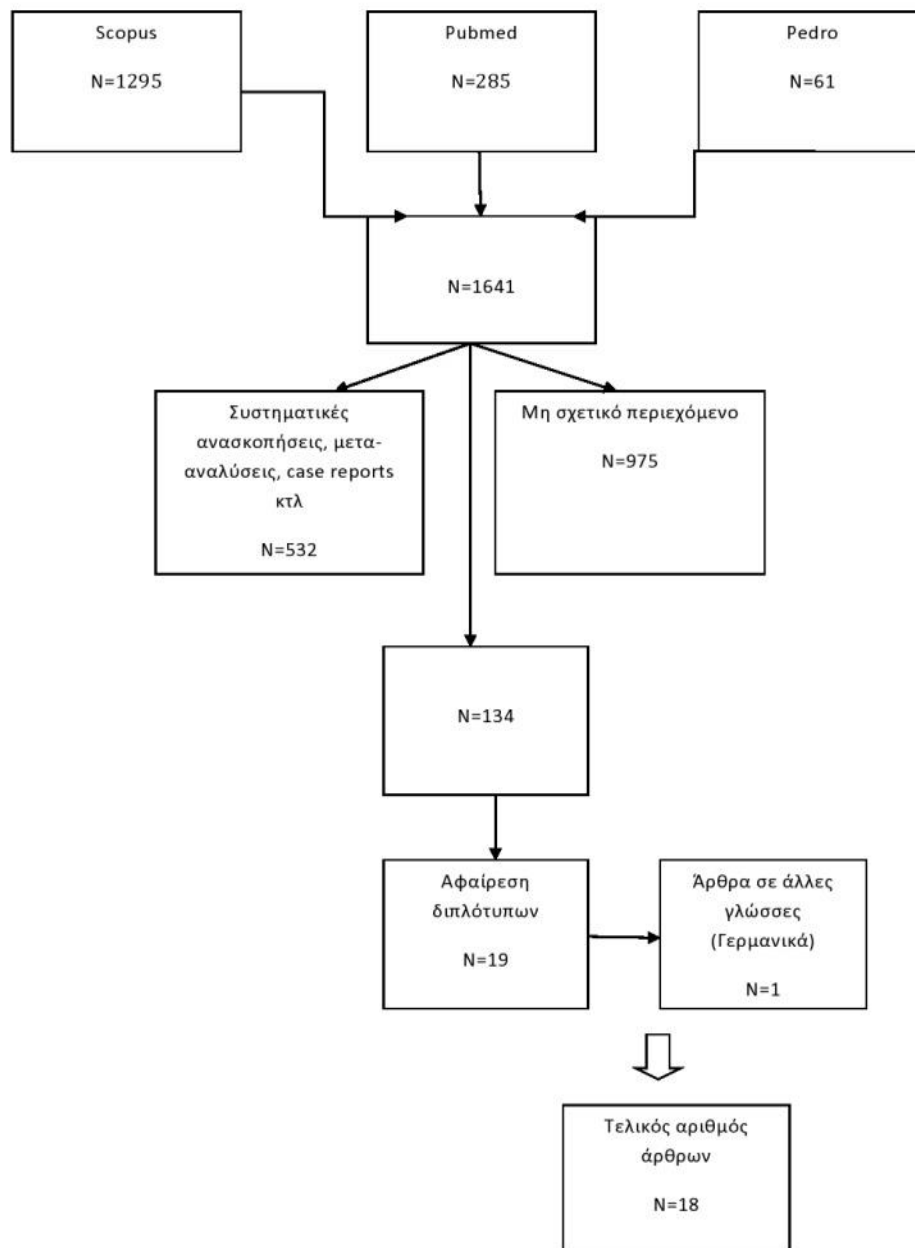
Nederetal. 2002	Prospective randomized trial n=15 Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθει α	NMES	Non interventional	Διαφορές στο baseline: Καμία στατιστική διαφορά
				Διαφορές μετά την παρέμβαση: Στατιστικά σημαντικές διαφορές
				ΟΠ: Βελτίωση φυσικής κατάστασης, αύξηση δύναμης σκελετικών μυών, μείωση δύσπνοιας
				ΟΕ: Καμία μεταβολή

Αποτελέσματα

3.1 Διάγραμμα ροής

Η αρχική αναζήτηση των όρων απέδωσε 1.641 αποτελέσματα πιθανών άρθρων. Από τα 1.641 άρθρα τα 975 φάνηκε ότι, δεν είχαν σχετικό περιεχόμενο αναφορικά με τον τίτλο και την ανάγνωση της περίληψης. Τα άρθρα, που απορρίφθηκαν είτε αφορούσαν διαφορετική μέθοδο φυσικοθεραπείας, είτε δεν εφαρμόζοταν ο WB-EMS. Από τα υπόλοιπα άρθρα, με σχετικό περιεχόμενο, τα 532 αφορούσαν συστηματικές ανασκοπήσεις, βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις, μετα-αναλύσεις, μελέτες περιπτώσεων (casereports). Ο συνολικός αριθμός των σχετικών άρθρων ήταν στα 134 άρθρα. Έπειτα και από την αφαίρεση των διπλότυπων ο συνολικός αριθμός των άρθρων ήταν στα 19, εκ των οποίων το ένα ήταν γραμμένο στην γερμανική γλώσσα, όπου και απορρίφθηκε εξαιτίας των περιορισμών της μελέτης. (βλ. Πίνακα 1)

Πίνακας 1 «Flow-Diagram επιλογής άρθρων»



3.2 Pedro scale

Έπειτα από την αξιολόγηση των άρθρων με τα κριτήρια της κλίμακας Pedro, βρέθηκε ότι, οι 16 μελέτες είχαν βαθμολογία από 6-10/10, επομένως χαρακτηρίζονται ως υψηλής ποιότητας, ενώ 2 μόνο με βαθμολογία 4/10, χαρακτηρίζονται ως καλής ποιότητας. Επομένως, η πλειοψηφία των συμπεριλαμβανομένων μελετών στην συστηματική ανασκόπηση αφορά μελέτες υψηλής ποιότητας μεθοδολογικού σχεδιασμού, οι οποίες εκφράζουν εγκυρότητα και αξιοπιστία στα αποτελέσματα τους.

3.3 Κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων

Μεταβολές στη μυϊκή μάζα

Η εφαρμογή της μεθόδου FES και του WB-EMS σε ασθενείς με τραυματισμό σπονδυλικής στήλης προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου, όπου μειώνονται σημαντικά τα επίπεδα του μυϊκού τόνου. (51, 50) Η εφαρμογή FES στον ίδιο πληθυσμό με την ταυτόχρονη άσκηση αντιστάσεων και την παράλληλη διατροφική υποστήριξη εμφανίζει εξίσου σημαντική μεταβολή στη μυϊκή μάζα με την εμφάνιση της υπερτροφίας. (52) Στην ίδια νόσο, η εφαρμογή WBV+ES (Whole Body Vibration + Electromyostimulation) προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας, χωρίς να παρατηρούνται μεταβολές στην ομάδα ελέγχου. (59, 60) Σε άτομα με προχωρημένου σταδίου νεοπλασματικούς όγκους η εφαρμογή WB-EMS μαζί με ταυτόχρονη πρωτεϊνική υποστήριξη στη διατροφή προκαλεί σημαντική αύξηση στη μυϊκή μάζα και κατ' επέκταση και του σωματικού βάρους. (62) Σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας βρέθηκε και κατά την εφαρμογή της ίδιας μεθόδου σε ασθενείς με αιματολογικές κακοήθειες. (63) Άτομα με σαρκοπενική παχυσαρκία, που τους εφαρμόστηκε WB-EMS, αύξησαν στατιστικά σημαντικά τα επίπεδα της μυϊκής τους μάζας. Τα ίδια αποτελέσματα είχαν και τα άτομα της ομάδας, που ακολούθησαν συνεδρίες WB-EMS με ταυτόχρονη πρωτεϊνική ενίσχυση. (56, 57, 58) Στην σαρκοπενία, ασθενείς που έκαναν WB-EMS, αύξησαν στατιστικά σημαντικά τη μυϊκή τους μάζα. (54)

Μεταβολές λιπώδους μάζας

Η εφαρμογή FES σε συνδυασμό με διατροφή και πρόγραμμα αντιστάσεων σε πληθυσμό με τραυματισμό σπονδυλικής στήλης προκαλεί σημαντική μείωση του συνολικού λίπους σώματος. (62) Ασθενείς με σαρκοπενική παχυσαρκία κατά την εφαρμογή συνδυαστικού WB-EMS με πρωτεϊνική ενίσχυση μείωσαν στατιστικά σημαντικά το ποσοστό της λιπώδους μάζας σώματος. (57, 58)

Μεταβολές στην αντοχή

Σε πληθυσμό με χρόνιο πόνο στην πλάτη η εφαρμογή WB-EMS αυξάνει σημαντικά την μέγιστη ισομετρική αντοχή στον κορμό και κατά την κάμψη αυτού. (65) Σε γυναίκες, που βρίσκονται στην μετ-εμμηνόπαυση, η εφαρμογή WB-EMS αυξάνει στατιστικά σημαντικά τη μέγιστη ισομετρική αντοχή στον κορμό και στα πόδια. (53) Η εφαρμογή WBS σε ασθενείς έπειτα από βαριατρικό χειρουργείο βρέθηκε ότι, βελτιώνει σημαντικά τόσο την μυϊκή αντοχή, όσο και την αναπνευστική ικανότητα. (49) Σε δυο διαφορετικές μελέτες των Schinketal. βρέθηκε ότι, η φυσική κατάσταση, βελτιώθηκε σε άτομα με προχωρημένου σταδίου νεοπλασματικούς όγκους και με αιματολογικές κακοήθειες με την εφαρμογή WB-EMS μαζί με ταυτόχρονη πρωτεϊνική υποστήριξη στη διατροφή. (62) Σε ασθενείς με σαρκοπενική παχυσαρκία βελτιώθηκε στατιστικά σημαντικά η αντοχή στη λαβή και των κάτω άκρων έπειτα από συνεδρίες WB-EMS και ταυτόχρονη πρωτεϊνικό συμπλήρωμα. (57, 58) Σε ασθενείς με σαρκοπενία, που ακολούθησαν πρόγραμμα WB-EMS, υπήρξε σημαντική βελτίωση της ισομετρικής αντοχής του κορμού και των κάτω άκρων. (54) Στην μελέτη των VonStengel et al. στον ίδιο πληθυσμό και με την ίδια μέθοδο οι ασθενείς αύξησαν στατιστικά σημαντικά την δύναμη της λαβής τους. (64) Σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια εφαρμόστηκε NMES αυξάνοντας την δύναμη των σκελετικών μυών και της συνολικής τους φυσικής κατάστασης. (61)

Μεταβολές στις περιφέρειες μέσης και ισχίων

Η εφαρμογή WB-EMS κατά την μετ-εμμηνόπαυση προκαλεί στατιστικά σημαντική μείωση της περιφέρειας της μέσης, ενώ αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου αυξήθηκε σημαντικά η περιφέρεια των γοφών. (57) Η περιφέρεια μέσης μειώθηκε στατιστικά σημαντικά σε ασθενείς με σαρκοπενική παχυσαρκία και κατά την εφαρμογή WB-EMS, αλλά και κατά την εφαρμογή WB-EMS και παράλληλης πρωτεϊνικής ενίσχυσης στη διατροφή. (66) Με την εφαρμογή του WB-EMS και της πρωτεϊνικής ενίσχυσης σε πληθυσμό με σαρκοπενική παχυσαρκία υπήρξε μείωση στην περιφέρεια της μέσης. (58)

Μεταβολές λοιπών μεταβλητών

Σε άτομα με τραυματισμό σπονδυλικής στήλης η εφαρμογή FES σε συνδυασμό με διατροφή και πρόγραμμα αντιστάσεων συσχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την βελτίωση των δεικτών CHO και της αντίστασης στην ινσουλίνη. (52) Η εφαρμογή WBV+ES σε αυτούς τους ασθενείς προκαλεί αύξηση της ροής του αίματος, καθώς και αύξηση της διαμέτρου της ιγνυακής αρτηρίας. (60) Σε άλλη τους μελέτη με παρόμοιο πληθυσμό, οι Menendez et al. εφάρμοσαν τέσσερις διαφορετικές μεθόδους. Στην εφαρμογή του WBV+ES βρέθηκε ότι, εμφανίζεται

μεγάλη αύξηση ροής αίματος και μέτρια αύξηση θερμοκρασίας δέρματος. Κατά την εφαρμογή ξεχωριστά WBV 30/ES 30 προκαλείται μέτρια αύξηση ροής αίματος και θερμοκρασίας δέρματος. Η μεμονωμένη εφαρμογή συνεδριών WBV προκαλεί μέτρια αύξηση ροής αίματος και μεγάλη αύξηση θερμοκρασίας δέρματος, ενώ η εφαρμογή μόνο ES δημιουργεί μικρή αύξηση ροής αίματος και θερμοκρασίας δέρματος. (53)

Η εφαρμογή WB-EMS σε άτομα με χρόνια πόνου στην πλάτη μειώνει στατιστικά σημαντικά τα επίπεδα του πόνου. (65)

Σε ασθενείς με σαρκοπενική παχυσαρκία τόσο η εφαρμογή WB-EMS, όσο και η συνδυαστική WB-EMS και πρωτεϊνικής ενίσχυσης στη διατροφή μείωσε στατιστικά σημαντικά την αρτηριακή πίεση και βελτίωσε τις τιμές των τριγλυκεριδίων και της HDL. (66)

Σημαντικές βελτιώσεις στην ταχύτητα βάρδισης και στον δείκτη σαρκοπενίας εμφάνισαν και οι ομάδες με ασθενείς με σαρκοπενική παχυσαρκία, που τους εφαρμόστηκε WB-EMS και WB-EMS με ταυτόχρονη πρωτεϊνική ενίσχυση. (55) Με την εφαρμογή του WB-EMS και της πρωτεϊνικής ενίσχυσης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του δείκτη χοληστερόλης/HDL. (54) Σε ασθενείς με σαρκοπενία υπήρξε αύξηση των επιπέδων μη λιπώδους μυϊκής μάζας (lean body mass) έπειτα από την εφαρμογή WB-EMS. (64, 56).

4. Συζήτηση των κύριων ευρημάτων και συμπεράσματα

Τα μέρη εφαρμογής του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού διαφέρουν από μελέτη σε μελέτη, ενώ φαίνεται ότι διατηρούν την ομοιότητα τους ανάμεσα στις μελέτες, όπου έχουν εκτελεστεί από την ίδια ερευνητική ομάδα. Ως επί το πλείστον τα μέρη εφαρμογής των ηλεκτροδίων αφορούν τα πόδια, στην ιγνυακή περιοχή, στο γαστροκνήμιο, στους τετρακεφάλους, στους κνημιαίους μυς, στον ορθό μηριαίο, στον έσω πλατύ, στους κοιλιακούς και ραχιαίους μυς. Οι περισσότερες από τις επιλεγμένες μελέτες παρείχαν πληροφορίες σχετικά τόσο αναφορικά με το μέγεθος των ηλεκτροδίων, όσο και με την τοποθεσία τους επάνω στο σώμα. Τέσσερις ερευνητικές μελέτες δεν περιείχαν, όμως, πληροφορίες αναφορικά με την ακριβή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο σώμα των ασθενών, χαρακτήρισαν όμως την παρέμβαση τους ως εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα. Το ¼ από τις μελέτες της συστηματικής ανασκόπησης ανέφερε επίσης ότι, τα ηλεκτρόδια εφαρμόστηκαν και σε ορισμένες ακόμη περιοχές, όπου και επιλέχθηκαν από τον ερευνητή, χωρίς να υπάρχει όμως κάποια περαιτέρω πληροφορία για αυτό. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι, όλες οι μελέτες παρείχαν στοιχεία για την εφαρμογή των ηλεκτρικών κυμάτων, αναφορικά με το πλάτος και τη συχνότητα των παλμών. Η πλειοψηφία των ειδικών χρησιμοποίησε το πλάτος των 350μs και την συχνότητα των 85Hz, ενώ αρκετοί ανέφεραν ότι οι τιμές αυτές ήταν ενδεικτικές και διαφοροποιούνταν ανάλογα με το εκάστοτε περιστατικό και την ανεκτικότητα του. Μάλιστα, ορισμένοι ασθενείς ανέφεραν κάποια δυσάρεστα συμπτώματα, τα οποία και εξαφανίστηκαν έπειτα από την μετατροπή της συχνότητας και του πλάτους των κυμάτων του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού.

Ένα ακόμη ενδιαφέρον στοιχείο, που αξίζει να αναφερθεί, είναι το χρονικό διάστημα εφαρμογής της θεραπείας HNME, το οποίο φάνηκε να ποικίλει ανάλογα με την εκάστοτε επιστημονική ομάδα. Η πλειοψηφία των ειδικών εφάρμοσαν την μέθοδο του HNME στα πρωτόκολλα τους από 12 με 14 και 16 εβδομάδες. Το μικρότερο χρονικό διάστημα, το οποίο εφαρμόστηκε η μέθοδος του HNME ήταν εκείνο των 6 εβδομάδων, ενώ το μεγαλύτερο διάστημα διήρκησε 54 εβδομάδες. Συγκριτικά οι δυο μελέτες μεταξύ τους δεν εμφάνισαν ιδιαίτερες διαφορές στην αποτελεσματικότητά τους. Η εφαρμογή του HNME εμφάνισε θετικά αποτελέσματα στην αύξηση της οστικής πυκνότητας, της μυϊκής μάζας και της μυϊκής δύναμης. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να υπάρξουν μελέτες, οι οποίες θα εξετάσουν την επίδραση του HNME σε άτομα με παθήσεις, αλλά συγκρίνοντας το χρονικό διάστημα εφαρμογής της αποκατάστασης.^(3,46) Η βιβλιογραφία, πάντως, επιβεβαιώνει ότι ανεξάρτητα από το χρονικό διάστημα εφαρμογής του HNME, τα ευεργετικά αποτελέσματα διαφαίνονται ακόμη και σε λίγες εβδομάδες, χωρίς όμως να υπάρχει αναφορά του κατώτατου ορίου.⁽²²⁾

Σε ένα γενικό πλαίσιο θα μπορούσε να πει κανείς ότι, η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού είναι μια ασφαλής, σύγχρονη και αποτελεσματική μέθοδος, η οποία μπορεί να επιφέρει ευεργετικά αποτελέσματα σε έναν συγκεκριμένο αριθμό παθήσεων, από ότι υποδεικνύεται στη βιβλιογραφία. Το συνολικό φάσμα των αποτελεσμάτων, όπου αξιολογήθηκαν παραπάνω, φαίνεται να είναι σε ικανοποιητικό βαθμό, αφού η θεματολογία γύρω από την θεραπεία με ηλεκτρομυϊκή διέγερση ποικίλει. Ενδιαφέρον θέμα είναι οι αρνητικές εκβάσεις, που εμφανίστηκαν σε μια από τις παρεμβάσεις. Συνολικά ανιχνεύτηκαν 13 πιθανά αρνητικά συμπτώματα, τα οποία μπορεί να βιώσει ο ασθενής κατά την εφαρμογή του HNME. Τα συμπτώματα αυτά σχετίστηκαν περισσότερο με την δυσφορία των ασθενών τη δεδομένη στιγμή εφαρμογής των κυμάτων, ενώ εξαφανίστηκαν μόλις η συχνότητα και το πλάτος των κυμάτων μεταβλήθηκαν. Αυτό μας οδηγεί στην υπόθεση ότι, η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα είναι ακριβώς όπως κάθε άλλη θεραπεία και μέθοδος αποκατάστασης. Αυτό σημαίνει ότι, είναι απαραίτητο για την επίτευξη της καλύτερης απόδοσης της θεραπείας, να εφαρμόζεται εξατομικευμένα στους ασθενείς και πάντα υπό την επίβλεψη του ειδικού φυσικοθεραπευτή. Ακόμη, ενδεχομένως, κάθε στάδιο της εκάστοτε νόσου να απαιτεί και μετατροπές στην εφαρμογή της θεραπείας με HNME, ακριβώς επειδή αλλάζουν οι μεταβλητές του ασθενούς. Το πιο σημαντικό στοιχείο, όπου αποκομίστηκε από την εκθείαση των παραπάνω δεδομένων, σχετίζεται άμεσα με την ασφάλεια που προσφέρει η τεχνική του HNME.

Μια από τις παθήσεις, που έχει εξεταστεί σε συνδυασμό με την θεραπεία του HNME, είναι ο τραυματισμός της σπονδυλικής στήλης, ο οποίος σταδιακά ευθύνεται για την επερχόμενη μυϊκή ατροφία και συνεπάγεται αρκετά κινητικά και λειτουργικά προβλήματα. Φαίνεται ότι, η εφαρμογή του HNME ως μέσο θεραπείας είναι ικανή να διατηρήσει τη μυϊκή πυκνότητα. Για την αύξηση της στον ασθενή πληθυσμό τα διαθέσιμα δεδομένα αντικροούνται, αφού υπάρχουν μελέτες με δεδομένα, τα οποία δείχνουν προς διαφορετικές κατευθύνσεις. Για παράδειγμα, υπάρχουν μελέτες όπου έχουν βρει στατιστικά σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας έπειτα την εφαρμογή του HNME, ενώ υπάρχουν και εκείνες, όπου δεν παρατήρησαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Το συγκεκριμένο θέμα δεν είναι πολύ ξεκάθαρο και σίγουρα απαιτείται περαιτέρω μελέτη.^(3,36,37,46) Αντίθετα, σε υγιή πληθυσμό, όπως σε αθλητές, οι οποίοι παράλληλα ασκούν τη φυσική τους δραστηριότητα, είναι εφικτό να συμβάλει στην δημιουργία νέας μυϊκής μάζας. Ίσως, το συνδετικό κλειδί σε αυτή την περίπτωση να αφορά και άλλους παράγοντες, όπως είναι η επιπρόσθετη φυσική δραστηριότητα στην προκειμένη περίπτωση.⁽¹²⁾

Ένα εξίσου σημαντικό ζήτημα, το οποίο τίγεται βάσει της βιβλιογραφίας, είναι το εάν η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού είναι το ίδιο αποτελεσματική συγκριτικά με την εφαρμογή της σε συνδυασμό με κάποια άλλη επιπρόσθετη επέκταση. Για παράδειγμα, αρκετές ήταν οι μελέτες εκείνες, όπου υπέβαλαν τους ασθενείς σε συνεδρίες με ΗΝΜΕ και ταυτόχρονη λήψη πρωτεϊνικού συμπληρώματος, ειδικού διατροφικού εξειδικευμένου πλάνου ή επιπρόσθετες συνεδρίες με δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα. Τα αποτελέσματα είναι διφορούμενα, αφού ορισμένες μελέτες υποστηρίζουν τη συνδυασμένη θεραπεία, ενώ άλλες δεν βρήκαν κάποια στατιστική διαφορά μεταξύ της απλής εφαρμογής ΗΝΜΕ σε ολόκληρο το σώμα και της συνδυασμένης θεραπείας. Ωστόσο, φαίνεται ότι απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, για την εστίαση όλων των παραμέτρων του συγκεκριμένου θέματος, προκειμένου να υπάρξουν σαφείς κατευθυντήριες οδηγίες επ' αυτού.^(15,30,36,37,41) Όντως και από τις περαιτέρω βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις τα δεδομένα, αναφορικά με αυτό, έχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα, γεγονός, που συμβάλλει στην πεποίθηση της μελλοντικής μελέτης της συνδυασμένης θεραπείας.⁽¹⁸⁾

4.1 Περιορισμοί μελέτης

Ένας κύριος περιορισμός της μελέτης είναι το μικρό μέγεθος του πληθυσμού κάθε μελέτης. Ακόμη, υπάρχει σχετικά μικρός αριθμός μελετών ανά νόσημα και ο πληθυσμός δεν μοιράζεται ισοδύναμα μεταξύ ανδρών και γυναικών, επομένως δεν είναι εφικτή η γενίκευση των αποτελεσμάτων σε ασθενή πληθυσμό.

4.2 Μελλοντικές εργασίες

Παρατηρείται έλλειψη του αριθμού των μελετών, που ασχολούνται με την εφαρμογή του WB-EMS σε ασθενή πληθυσμό. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εστιάσουν στον σχεδιασμό πρωτογενών μελετών, ώστε να αυξήσουν την εγκυρότητα των παλαιότερων συμπερασμάτων. Ακόμη, ένα πολύ ενδιαφέρον σημείο, το οποίο θα πρέπει οι ερευνητές μελλοντικά να διερευνήσουν είναι η επίδραση του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού τόσο σε υγιή, όσο και ασθενή πληθυσμό. Θα μπορούσε να προσδιοριστεί ποιες ακριβώς είναι οι θετικές επιδράσεις στους δυο πληθυσμούς και σε τι διαφέρουν μεταξύ τους. Επιπλέον, μέσα από αυτή την παρατήρηση θα μπορούσε ενδεχομένως να παρατηρηθεί σε ποιες περιπτώσεις η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού δεν αποφέρει τα ιδανικά αποτελέσματα και σε ποιες τα επιτυγχάνει.

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα όψη, η οποία βρίσκεται σε έλλειψη κατά την ανάγνωση της βιβλιογραφίας, είναι η σύγκριση των φυσικοθεραπευτικών μεθόδων, που χρησιμοποιούνται για την επίδραση της σύστασης σώματος. Υπάρχει μεν ένας υπολογίσιμος αριθμός συστηματικών ανασκοπήσεων, οι οποίες έχουν συγκεντρώσει τα διαθέσιμα στοιχεία, όμως απαραίτητη είναι η ύπαρξη μιας μετα-ανάλυσης, όπου θα χρησιμοποιηθούν στατιστικά στοιχεία, ώστε να διαπιστωθεί με μεγαλύτερη εγκυρότητα η αποτελεσματικότητα μεταξύ των μεθόδων. Λόγω του ότι είναι πιο ψηλά στο μεθοδολογικό σχεδιασμό από άποψη εγκυρότητας, αφού χρησιμοποιεί πολλές πρωτογενείς μελέτες.

4.3 Συμπέρασμα

Η αναζήτηση στις τρεις βάσεις δεδομένων φάνηκε να αποδίδει ένα εύρος κλινικών μελετών υψηλής ποιότητας, αφού η πλειοψηφία των μελετών της συστηματικής ανασκόπησης συγκεντρώνει αρκετά ικανοποιητικές βαθμολογίες κατά την κλίμακα Pedro. Αυτό συνεπάγεται ότι, οι ερευνητές έχουν ορίσει ένα καλά σχεδιασμένο πρωτόκολλο, όπως επίσης και ότι έχουν εκτελέσει με ακρίβεια τις υποθέσεις και τους στόχους τους. Οι 18 μελέτες, που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση, υποδεικνύουν ότι η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού μπορεί να βελτιώσει αρκετούς δείκτες σε πληθυσμό, ο οποίος νοσεί. Ο ΗΝΜΕ είναι ικανός να μεταβάλλει την λιπώδη μάζα, να αυξήσει το μυϊκό ιστό και την οστική πυκνότητα, ενώ παράλληλα ενδυναμώνει το σώμα του ατόμου, αυξάνοντας την μυϊκή του αντοχή και δύναμη. Οι σκελετικοί μυς είναι ένα όργανο, το οποίο είναι απαραίτητο για την στήριξη του σώματος και την εκτέλεση πολλών διεργασιών του ατόμου, κάτι το οποίο η εφαρμογή του ΗΝΜΕ σε τακτικές ολιγόλεπτες συνεδρίες μπορεί να επιτύχει.

Από τη βιβλιογραφία διαπιστώνεται ότι, οποιοδήποτε αρνητικό σύμπτωμα μπορεί να εμφανιστεί κατά την εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα, δύναται να εξαφανιστεί με την μεταβολή της συχνότητας των κυμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο ΗΝΜΕ ως φυσικοθεραπευτική μέθοδος αποκατάστασης στη νόσο είναι επιφέρει ευεργετικά αποτελέσματα με την μικρότερη δυνατή επικινδυνότητα, αφού η εμφάνιση των αρνητικών συμπτωμάτων όχι μόνο δεν είναι συχνή, αλλά μπορεί να μηδενιστεί κιόλας.

Στο εύρος των νοσημάτων, όπου εξετάστηκαν, φάνηκε ότι επηρεάζει θετικά την αύξηση της μυϊκής μάζας, της οστικής πυκνότητας, της μυϊκής δύναμης, της μυϊκής αντοχής, ενώ συμβάλλει

ταυτόχρονα στη μείωση της λιπώδους μάζας. Σε περιπτώσεις χρόνιων τραυματισμών ή χρόνιων παθήσεων, όπου το άτομο δεν έχει την μυϊκή ικανότητα να επιτελέσει αρκετή σωματική άσκηση, η εφαρμογή του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού μπορεί να φανεί χρήσιμη και να συμβάλλει εντέλει στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών.

Μελανό σημείο στην βιβλιογραφία αποτελούν οι ενδείξεις εκείνες, όπου κάνουν τα παραπάνω αποτελέσματα βέβαια να αντικρούονται. Η συνολική εικόνα, που αποφαίνονται οι ερευνητές από την συγκεκριμένη ανασκόπηση είναι θετική και υπερτερεί έναντι των αρνητικών εκβάσεων, που υπάρχουν σε άλλες πηγές. Δεδομένου όμως ότι αυτά τα αποτελέσματα δεν μπορούν να αγνοηθούν, είναι απαραίτητο να το λάβουν υπόψη τους σοβαρά οι επόμενοι ερευνητές, προκειμένου να διαπιστώσουν τι πράγματι συμβαίνει.

Η μέθοδος του ηλεκτρομυϊκού ερεθισμού σε ολόκληρο το σώμα φαίνεται να είναι μια φυσικοθεραπευτική μέθοδος αποκατάστασης, η οποία είναι ασφαλής, οικονομική, αποδοτική και κατάλληλη τόσο για υγιή άτομα, όσο και για άτομα, που πάσχουν από κάποια πάθηση. Τα ευεργετικά της αποτελέσματα υπάρχουν στη βιβλιογραφία και απασχολούν και τους δυο πληθυσμούς, ενώ μελλοντικά υπάρχει αρκετή ανατροφοδότηση, η οποία μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για τους επόμενους ερευνητές και για την εξέλιξη και δημιουργία νέας γνώσης. Το σημαντικό είναι ότι, τα τελευταία έτη έχει διαπιστωθεί η ευεργετικότητα του ΗΝΜΕ και στη νόσο, όπου τα άτομα πολλές φορές δεν είναι σε θέση να πράξουν οποιαδήποτε σωματική άσκηση. Κατά συνέπεια, η συμβατική άσκηση δεν τίθεται ως επιλογή γι' αυτούς. Η μεθοδολογία, που ακολουθεί ο ΗΝΜΕ και η βαθύτερη σύσπαση των μυών είναι ικανή να βελτιώσει τη φυσική κατάσταση των ατόμων με νόσο και να ενισχύσει την ποιότητα ζωής τους. Σημαντικό βέβαια πάντα παραμένει ότι, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να ακολουθήσει τα βήματα της εξέλιξης και να αποδώσει περισσότερες χρήσιμες πληροφορίες, οι οποίες θα διακατέχονται από επιστημονική εγκυρότητα και αξιοπιστία.

Βιβλιογραφία

- (1) Hassan S, Ross J, Marston L, Osborn D, Walters K. "Factors prospectively associated with physical activity and dietary related outcomes in people with severe mental illness: A systematic review of longitudinal studies", *Psychiatry research*, 2019. 273, 181-191.
- (2) Lai Y, Kontokosta C.E. "The impact of urban street tree species on air quality and respiratory illness: A spatial analysis of large-scale, high-resolution urban data", *Health and Place*, 2019. 56, 80-87.
- (3) Dall'Acqua AM, Sachetti A, Santos LJ, Lemos FA, Bianchi T, Naue WS, ... & Vieira SR. Use of neuromuscular electrical stimulation to preserve the thickness of abdominal and chest muscles of critically ill patients: a randomized clinical trial. *Journal of rehabilitation medicine*, 2017. 49(1), 40-48.
- (4) Schink K, Herrmann HJ, Schwappacher R, Meyer J, Orlemann T, Waldmann E, Wullich B, Kahlmeyer A, Fietkau R, Lubgan D, Beckmann MW, Hack C, Kemmler W, Siebler J, Neurath MF, Zopf Y. "Effects of whole-body electromyostimulation combined with individualized nutritional support on body composition in patients with advanced cancer: A controlled pilot trial", *BMC Cancer*, 2018. 18, 1.
- (5) Kemmler W, Kohl M, Freiberger E, Sieber C, von Stengel S. Effect of whole-body electromyostimulation and/or protein supplementation on obesity and cardiometabolic risk in older men with sarcopenic obesity: the randomized controlled FranSO trial. *BMC geriatrics*, 2018. 18(1), 70.
- (6) Weissenfels A, Teschler M, Willert S, Hettchen M, Fröhlich M, Kleinöder H, Kohl M, Von Stengel S, Kemmler W. "Effects of whole-body electromyostimulation on chronic nonspecific low back pain in adults: A randomized controlled study", *Journal of Pain Research*, 2018. 11, 1949-1957.
- (7) Wittmann K, Sieber C, Von Stengel S, Kohl M, Freiberger E, Jakob F, Lell M, Engelke K, Kemmler W. "Impact of whole body electromyostimulation on cardiometabolic risk factors in older women with sarcopenic obesity: The randomized controlled FORMOsA-sarcopenic obesity study", *Clinical Interventions in Aging*, 2016. 11, 1697-1706.
- (8) Amaro-Gahete FJ, De-la-O A, Sanchez-Delgado G, Robles-Gonzalez L, Jurado-Fasoli L, Ruiz JR, Gutiérrez A. "Functional exercise training and undulating periodization enhances the effect of whole-body electromyostimulation training on running performance", *Frontiers in Physiology*, 2018. 9, JUN.
- (9) Kemmler W, von Stengel S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. *Clinical interventions in aging*, 2013. 8, 1353.
- (10) von Stengel S, Kemmler W. "Trainability of leg strength by whole-body electromyostimulation during adult lifespan: A study with male cohorts", *Clinical Interventions in Aging*, 2018. 13, 2495-2502.

- (11) Kemmler W, Von Stengel S, Schwarz J, Mayhew JL. Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012. 26(1), 240-245.
- (12) Kemmler W, Bebenek M, Engelke K, von Stengel S. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: the Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). *Age*, 2014. 36(1), 395-406.
- (13) Kemmler W, Schliffka R, Mayhew JL, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the training and electrostimulation trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010. 24(7), 1880-1887.
- (14) Kemmler W, Teschler M, Weißenfels A, Bebenek M, Fröhlich M, Kohl M, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation versus high-intensity resistance exercise on body composition and strength: a randomized controlled study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2016.
- (15) Beauchemin JD, Gibbs TA, Granello PF, Gabana NT. "Motivation for movement: Influences for walking event participation", *Health education journal*, 2019. 78(2), 111-123.
- (16) Kemmler W, Grimm A, Bebenek M, Kohl M, von Stengel S. (2018). "Effects of Combined Whole-Body Electromyostimulation and Protein Supplementation on Local and Overall Muscle/Fat Distribution in Older Men with Sarcopenic Obesity: The Randomized Controlled Franconia Sarcopenic Obesity (FranSO) Study", *Calcified tissue international*, 2018. 103(3):266-277.
- (17) Castillo-Bueno I, Ramos-Campo DJ, Rubio-Arias JA. "Effects of whole-body vibration training in patients with multiple sclerosis: A systematic review", *Neurologia*, 2018. 33(8), 534-548.
- (18) de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 2009. 55(2), 129-133.
- (19) Herbst E. U.S. Patent No. 6,029,090. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. 2000.
- (20) Gerwig R, Fuchsberger K, Schroepel B, Link GS, Heusel G, Kraushaar U, ... Stelzle M. PEDOT–CNT composite microelectrodes for recording and electrostimulation applications: Fabrication, morphology, and electrical properties. *Front*. 2012.
- (21) Πατσάκη Ε. Η επίδραση ενός προγράμματος αποκατάστασης στη μυϊκή λειτουργικότητα του βαρέως πάσχοντος μετά την έξοδο από τη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. 2017.
- (22) Τζαφλίδου Μ. Βιοηλεκτρισμός με ιατρικό προσανατολισμό. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιατρική Σχολή, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής (Βιβλίο). 2009.

- (23) Στάμου Μ. Φυσικοθεραπευτική αξιολόγηση & αποκατάσταση σε κακώσεις του βραχιόνιου πλέγματος. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, Τομέας Χειρουργικός, Ορθοπεδική Κλινική, Διδακτορική Διατριβή. 2014.
- (24) Μπούχλα Α, Καρατζάνος Ε, Γεροβασίλη Β, Ζέρβα Ε, Νανάς Σ. Ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός ως εναλλακτική μορφή άσκησης στους βαρέως πάσχοντες. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής*, 2009. 26(6), 759-777.
- (25) Jee YS. The efficacy and safety of whole-body electromyostimulation in applying to human body: based from graded exercise test. *Journal of exercise rehabilitation*, 2018. 14(1), 49.
- (26) Dörmann U, Wirtz N, Micke F, Morat M, Kleinöder H, Donath L. The effects of superimposed whole-body electromyostimulation during short-term strength training on physical fitness in physically active females: a randomized trial. *Frontiers in physiology*. 2019. 10, 728
- (27) Okuyama EB, Yoshida GSO, Weirich RV, Assai TM, Artioli DP, Bertolini GRF. Effect of Tetrapolar Interferential Current on Primary Dysmenorrhea Associated with Low Back Pain: Randomized Clinical Trial. *Journal of Health Sciences*. 2019. 21(3), 204-207
- (28) Beyera GK, O'Brien J, Campbell S. Health-care utilisation for low back pain: a systematic review and meta-analysis of population-based observational studies. *Rheumatology international*. 2019. 1-17.
- (29) Seyri KM, Maffiuletti NA. Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength & Conditioning Journal*, 2011. 33(1), 70-75.
- (30) Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, Garcia-Lopez J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International journal of sports medicine*, 2006. 27(07), 533-539.
- (31) Maffiuletti NA, Gometti C, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*, 2000. 21(06), 437-443.
- (32) Maffiuletti NA, Gometti C, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*, 2000. 21(06), 437-443.
- (33) Malatesta D, Cattaneo F, Dugnani S, Maffiuletti NA. Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2003. 17(3), 573-579.
- (34) Babault N, Cometti G, Bernardin M, Pousson M, Chatard JC. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007. 21(2), 431-437.

- (35) Ευαγγελόπουλος Χ. Η εφαρμογή της ηλεκτροδιέγερσης στην αποκατάσταση αθλητικών κακώσεων. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Σχολή Επαγγελματιών Υγείας & Πρόνοιας, Τμήμα Φυσικοθεραπείας, Πτυχιακή Εργασία, 2016.
- (36) Kemmler W, Weissenfels A, Willert S, Shojaa M, von Stengel S, Filipovic A, Fröhlich M. Efficacy and safety of low frequency whole-body electromyostimulation (WB-EMS) to improve health-related outcomes in non-athletic adults. a systematic review. *Frontiers in physiology*, 2018. 9.
- (37) Kemmler W, Von Stengel S, Schwarz J, Mayhew JL. Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012. 26(1), 240-245.
- (38) Teschler M, Wassermann A, Weissenfels A, Fröhlich M, Kohl M, Bebenek M, Kemmler W. Short time effect of a single session of intense whole-body electromyostimulation on energy expenditure. A contribution to fat reduction?. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2017. 43(5), 528-530.
- (39) Kemmler W, von Stengel S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. *Clinicalinterventions in aging*, 2013. 8, 1353.
- (40) Καρατζάνος Ε. Ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός ως παράγοντας για τη βελτίωση της αποδοτικότητας του μυός σε ασθενείς της ΜΕΘ Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Παθολογίας. Κλινική Α' Εντατικής Θεραπείας. 2011.
- (41) Νανάς Σ. Ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός ως εναλλακτική μορφή άσκησης στους βαρέως πάσχοντες.
- (42) Kemmler W, Weissenfels A, Bebenek M, Fröhlich M, Kleinöder H, Kohl M, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on low back pain in people with chronic unspecific dorsal pain: a meta-analysis of individual patient data from randomized controlled WB-EMS trials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2017.
- (43) Brown LH, Gough JE, Simonds WB. Can EMS providers adequately assess trauma patients for cervical spinal injury?. *Prehospital Emergency Care*, 2(1), 33-36.) (Zembroń-Łacny, A., Dziubek, W., Rogowski, Ł., Skorupka, E., & Dąbrowska, G. (2014). Sarcopenia: monitoring, molecular mechanisms, and physical intervention. *Physiological research*, 1998. 63(6).
- (44) Αγγελόπουλος Ε. Πολυνευρομυοπάθεια του βαρέως πάσχοντος στη μονάδα εντατικής θεραπείας Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Παθολογίας. Κλινική Α' Εντατικής Θεραπείας. 2013.
- (45) Skoutelis VC. Neuromuscular Electrical Stimulation as a Therapy Adjunct in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Physiotherapy Issues/Themata Fisikotherapeias*, 2010. 6(4).

- (46) Kemmler W, Weissenfels A, Bebenek M, Fröhlich M, Kleinöder H, Kohl M, vonStengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on low back pain in people with chronic unspecific dorsal pain: a meta-analysis of individual patient data from randomized controlled WB-EMS trials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2017.
- (47) de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 2009. 55(2), 129-133.
- (48) Moher D, Liberat A, Tetzlaff J, Altman DG, Prisma Group. Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PISMA statement. *Physical therapy*, 2009. 89(9), 873-880.
- (49) André LD, Basso-Vanelli RP, Di Thommazo-Luporini L, Ricci PA, Cabiddu R, Jürgensen SP, Borghi-Silva A. Functional and systemic effects of whole body electrical stimulation post bariatric surgery: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 2018. 19(1), 597.
- (50) Arija-Blázquez A, Ceruelo-Abajo S, Díaz-Merino MS, Godino-Durán JA, Martínez-Dhier L, Martin JL, Florensa-Vila J. Effects of electromyostimulation on muscle and bone in men with acute traumatic spinal cord injury: A randomized clinical trial. *The journal of spinal cord medicine*, 2014. 37(3), 299-309.
- (51) Giangregorio L, Catharine C, Richards K, Kapadia N, Hitzig SL, Masani K, Popovic MR. A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: effects on body composition. *The journal of spinal cord medicine*, 2012. 35(5), 351-360.
- (52) Gorgey AS, Mather KJ, Cupp HR, Gater DR. Effects of resistance training on adiposity and metabolism after spinal cord injury. *Medicine and science in sports and exercise*, 2012. 44(1), 165-174.
- (53) Kemmler W, Schliffka R, Mayhew JL, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the training and electrostimulation trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010. 24(7), 1880-1887.
- (54) Kemmler W, Bebenek M, Engelke K, von Stengel S. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: the Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). *Age*, 2014. 36(1), 395-406.
- (55) Kemmler W, Teschler M, Weissenfels A, Bebenek M, Von Stengel S, Kohl M, Engelke K. Whole-body electromyostimulation to fight sarcopenic obesity in community-dwelling older women at risk. Results of the randomized controlled FORMOsA-sarcopenic obesity study. *Osteoporosis International*, 2016. 27(11), 3261-3270.
- (56) Kemmler W, Weissenfels A, Teschler M, Willert S, Bebenek M, Shojaa M, von Stengel S. Whole-body electromyostimulation and protein supplementation favorably affect sarcopenic obesity in community-dwelling older men at risk: the randomized controlled FranSO study. *Clinical interventions in aging*, 2017. 12, 1503.

- (57) Kemmler W, Kohl M, Freiberger E, Sieber C, von Stengel S. Effect of whole-body electromyostimulation and/or protein supplementation on obesity and cardiometabolic risk in older men with sarcopenic obesity: the randomized controlled FranSO trial. *BMC geriatrics*, 2018. 18(1), 70.
- (58) Kemmler W, Grimm A, Bebenek M, Kohl M, von Stengel S. Effects of combined whole-body Electromyostimulation and protein supplementation on local and overall muscle/fat distribution in older men with Sarcopenic obesity: the randomized controlled Franconia Sarcopenic obesity (FranSO) study. *Calcified tissue international*, 2018. 103(3), 266-277.
- (59) Menéndez H, Ferrero C, Martín-Hernández J, Figueroa A, Marín PJ, Herrero AJ. Acute effects of simultaneous electromyostimulation and vibration on leg blood flow in spinal cord injury. *Spinal Cord*, 2016. 54(5), 383.
- (60) Menéndez H, Ferrero C, Martín-Hernández J, Figueroa A, Marín PJ, Herrero AJ. Chronic effects of simultaneous electromyostimulation and vibration on leg blood flow in spinal cord injury. *Spinal cord*, 2016. 54(12), 1169.
- (61) Neder JA, Sword D, Ward SA, Mackay E, Cochrane LM, Clark CJ. Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Thorax*, 2002. 57(4), 333-337.
- (62) Schink K, Herrmann HJ, Schwappacher R, Meyer J, Orlemann T, Waldmann E, Beckmann MW. Effects of whole-body electromyostimulation combined with individualized nutritional support on body composition in patients with advanced cancer: a controlled pilot trial. *BMC cancer*, 2018.18(1), 886.
- (63) Schink K, Reljic D, Herrmann HJ, Meyer J, Mackensen A, Neurath MF, Zopf Y. Whole-body electromyostimulation combined with individualized nutritional support improves body composition in patients with hematological malignancies—a pilot study. *Frontiers in physiology*, 2018. 9.
- (64) von Stengel S, Bebenek M, Engelke K, Kemmler W. Whole-body electromyostimulation to fight osteopenia in elderly females: the randomized controlled training and electrostimulation trial (TEST-III). *Journal of osteoporosis*, 2015.
- (65) Weissenfels A, Teschler M, Willert S, Hettchen M, Fröhlich M, Kleinöder H, Kemmler W. Effects of whole-body electromyostimulation on chronic nonspecific low back pain in adults: a randomized controlled study. *Journal of pain research*, 2018. 11, 1949.
- (66) Wittmann K, Sieber C, von Stengel S, Kohl M, Freiberger E, Jakob F, Kemmler W. Impact of whole body electromyostimulation on cardiometabolic risk factors in older women with sarcopenic obesity: the randomized controlled FORMOsA-sarcopenic obesity study. *Clinical interventions in aging*, 2016. 11, 1697.
- (67) Kemmler W, Von Stengel S. Alternative exercise technologies to fight against sarcopenia at old age: a series of studies and review. *Journal of aging research*. 2012.

(68) Filipovic A, Grau M, Kleinöder H, Zimmer P, Hollmann W, Bloch W. Effects of a whole-body electrostimulation program on strength, sprinting, jumping, and kicking capacity in elite soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 2016. 15(4), 639.

(69) Hita-Contreras F, Bueno-Notivol J, Martínez-Amat A, Cruz-Díaz D, Hernandez AV, Pérez-López FR. Effect of exercise alone or combined with dietary supplements on anthropometric and physical performance measures in community-dwelling elderly people with sarcopenic obesity: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas*, 2018. 116, 24-35.

(70) Zimmerman M, Balling C, Chelminski I, Dalrymple K. Have Treatment Studies of Depression Become Even Less Generalizable? Applying the Inclusion and Exclusion Criteria in Placebo-Controlled Antidepressant Efficacy Trials Published over 20 Years to a Clinical Sample. *Psychotherapy and psychosomatics*, 2019. 88(3), 165-170.

(71) Αθανασίου Λ. Μέθοδοι και τεχνικές έρευνας στις επιστήμες της αγωγής: ποσοτικές και ποιοτικές προσεγγίσεις. Ιωάννινα: Εφύρα. 2007.

Υπεύθυνη δήλωση συγγραφέα

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Κλινική Εργοσπιρομετρία, Άσκηση, Προηγμένη Τεχνολογία και Αποκατάσταση» της Ιατρικής Σχολής του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και προσωπικά δεδομένα τρίτων με βάση την κείμενη νομοθεσία. Δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, αναπαραγωγής και αναδημοσίευσης. Τέλος, οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές πληρώνοντας όλους τους κανόνες συγγραφής, ηθικής και δεοντολογίας.