



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΧΡΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ
ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΩ
ΑΚΡΩΝ**

Σπουδαστής

ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ. 1826

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΠΕΡΙΚΟΣ ΙΣΙΔΩΡΟΣ

ΑΙΓΙΟ – 2017

Functional Electrical Stimulation Lower Limb Rehabilitation

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με την επίδραση της εφαρμογής λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού (FES) στην αποκατάσταση κάτω άκρων. Το FES είναι η εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης με σκοπό την προαγωγή λειτουργικής κίνησης, ώστε να επιτευχθεί τόσο σε λειτουργικές κινήσεις άνω και κάτω άκρων όσο και στην σταθεροποίηση του κορμού.

Το συγκεκριμένο θέμα επιλέχθηκε με σκοπό να αποδειχθεί αν, κατά πόσο και σε ποιές περιπτώσεις συμβάλλει θετικά η χρήση λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού κυρίως στην αποκατάσταση των κάτω άκρων. Θα ήταν επομένως πολύ σημαντική εξέλιξη η εύρεση ενός μέσου θεραπείας το οποίο θα καθιστούσε δυνατή την αντιμετώπιση πολλών ελλειμμάτων και κινητικών προβλημάτων για τους ανθρώπους που υποχρεώνονται να ζουν με μειωμένη ποιότητα ζωής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση της χρήσης του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού στην αποκατάσταση κάτω άκρων και η βοήθεια που προσφέρει κινητικά.

Μεθοδολογία

Στην ανασκόπηση έγινε λόγος για την χρήση του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού. Στη συνέχεια, μελετήθηκε ο τρόπος με τον οποίο ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός μπορεί να συμβάλλει σε διάφορες κινητικές δυσλειτουργίες των κάτω άκρων. Οι πληροφορίες για την ανασκόπηση εκλέχθηκαν από έγκυρες πηγές. Αναζήτηση έγινε σε ιατρικά συγγράμματα καθώς και στην ιστοσελίδα “<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>”.

Αποτελέσματα

Έγινε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση και οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, αναλύθηκε ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός, η χρήση αυτού καθώς και η επίδραση του σε διάφορες κινητικές διαταραχές των κάτω άκρων.

Συμπεράσματα

Ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός μπορεί να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό κινητικά τους ασθενείς που αντιμετωπίζουν κινητικές δυσκολίες στα κάτω άκρα. Η πιο γνωστή του χρήση είναι στο dropfoot (πτώση άκρου ποδός), ωστόσο βοηθάει στην επανάκτηση της κίνησης σε όλα τα σημεία του σώματος, καθώς και στην γενική βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ- FES.....	7
1.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ.....	8
1.2 ΤΥΠΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	10
1.3 ΣΤΑΔΙΑ ΑΓΩΓΗΣ	10
1.4 ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ	11
1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ FES.....	12
1.6 ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ FES.....	15
1.7 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ.....	16
1.8 ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ- FES ΣΕ	
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΩ ΑΚΡΟΥ.....	18
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
2.2 DROP FOOT ΚΑΙ FES.....	18
2.3 ΑΦΟ ή FES ΣΕ DROP FOOT.....	21
2.4 FES ΜΕΣΩ ΤΕΤΡΑΚΑΝΑΛΗΣ ΝΕΥΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.....	23
2.5 ΣΠΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ FES.....	26
2.6 ΙΠΠΟΠΟΔΙΑ ΚΑΙ FES.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΕΡΕΥΝΕΣ / ΜΕΛΕΤΕΣ.....	33
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41

Συντομογραφίες

AFO: ankle-foot orthosis- κνημοποδικός νάρθηκας

FES: Functional Electrical Stimulation- Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός

NMES: Neuromuscular electrical stimulation-Νευρομυϊκός ηλεκτρικός ερεθισμός

AEE: Αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο

ΚΝΣ: Κεντρικό νευρικό σύστημα

6 MWT: Δοκιμασία βάρδισης 6 λεπτών

EDSS: Expanded Disability Status Scale

PD: Πάρκινσον

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός- Functional electrical stimulation (FES)

Το FES είναι η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για την παραγωγή λειτουργικής κίνησης ή σειράς κινήσεων, η οποία δεν θα μπορούσε να συμβεί διαφορετικά.

Η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) προτάθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 ως θεραπεία για εγκεφαλικό επεισόδιο.

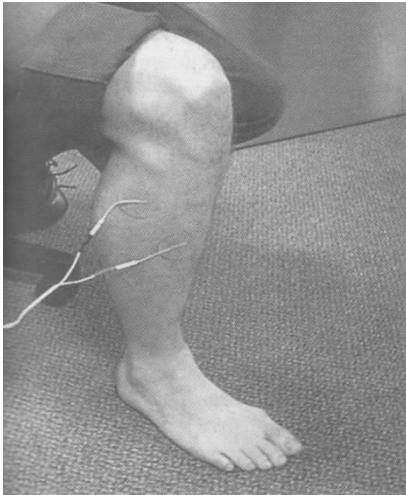
Κάποιοι διαφοροποιούν τον νευρομυϊκό ηλεκτρικό ερεθισμό (neuromuscular electrical stimulation: NMES) με τον λειτουργικό (FES). Ο NMES είναι ένας γενικός όρος που περιλαμβάνει οποιαδήποτε χρήση ηλεκτρικού ρεύματος με σκοπό κινητική αντίδραση. Όταν αυτό γίνεται για λειτουργικούς σκοπούς ονομάζεται FES. Για παράδειγμα, NMES είναι ο ερεθισμός πετάλου στροφών και απαγωγών ώμου για τον περιορισμό υπεξαρθρήματος σε χαλαρό ώμο όπως μετά από ΑΕΕ.

Ως επί το πλείστον, το FES χρησιμοποιείται για προβλήματα που προκύπτουν από βλάβες του ΚΝΣ. Εφόσον το περιφερικό νευρικό σύστημα είναι άθικτο, ο ερεθισμός μπορεί να εφαρμοστεί κανονικά. Το εύρος χρήσης είναι μεγάλο και αυξάνεται συνεχώς, γιατί μιλάμε για μια σχετικά νέα τεχνική.

Χρήση γίνεται βραχυπρόθεσμα, εφόσον περιμένουμε αποκατάσταση σύντομα αλλά και μακροπρόθεσμα, αν δεν αναμένεται. Έτσι διαφοροποιείται και ο εξοπλισμός, στην πρώτη περίπτωση έχουμε επιφανειακό ερεθισμό ενώ σε μεγάλα χρονικά διαστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν και εμφυτεύματα, Εμφυτεύσιμα είναι ολόκληρο το σύστημα ή μόνο τα ηλεκτρόδια. Εμφυτεύσιμοι είναι και διαδερμικοί διεγέρτες.

Υπάρχει μια διαφωνία μεταξύ των θεραπειών για το αν τα αποτελέσματα του FES θα πρέπει να είναι άμεσα ή έμμεσα, δηλαδή βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Χαρακτηριστική πρώτη περίπτωση είναι το dropfoot, όπου η διέγερση προκαλεί άμεσα την κινητική απάντηση. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται όροι όπως ηλεκτρικές ορθώσεις ή νευρικές προθέσεις. Έμμεσο αποτέλεσμα είναι η ενδυνάμωση μυών.

1.1 Η τοποθέτηση ηλεκτροδίων



Εικόνα 1.1 Τυπική τοποθέτηση ηλεκτροδίων για διέγερση άκρου ποδός

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

Η επιτυχία της τρέχουσας FES να φθάσει στον εν τω βάθει ιστό σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το μέγεθος του ηλεκτροδίου και την τοποθέτηση, καθώς και την αγωγιμότητα του δέρματος που έρχεται σε επαφή με το ηλεκτρόδιο. Στο παρελθόν, ένα αγωγίμο gel εφαρμοζόταν στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων για να βελτιωθεί η μετάδοση του ρεύματος. Τυπικά ηλεκτρόδια διέγερσης που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι pre-gelled για λόγους ευκολίας. Μεγαλύτερης επιφάνειας ηλεκτρόδια θα ενεργοποιήσουν περισσότερο μυϊκό ιστό,

αλλά θα διασκορπίσουν το ρεύμα σε μια ευρύτερη επιφάνεια, μειώνοντας την πυκνότητα ρεύματος. Μικρότερα ηλεκτρόδια θα συγκεντρώσουν πυκνότητες ρεύματος, επιτρέποντας την εστιακή συγκέντρωση του ρεύματος με μικρότερη πιθανότητα διέγερσης σε κοντινούς μύες, αλλά το πυκνό ρεύμα αυξάνει την πιθανότητα για δυσφορία ή πόνο. Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων μπορεί επίσης να επηρεάσει σημαντικά την ανταπόκριση των μυών και θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά. Ισχυρισμοί σχετικά με τη βέλτιστη τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι διαδεδομένοι σε όλη τη βιβλιογραφία, με ένα μεγάλο μέρος της συζήτησης να αφορά το αν η γαστέρα του μυός ή το σημείο νεύρωσης είναι η προνομαϊκή θέση. Οι θεραπευτές για την αποκατάσταση τοποθετούν συχνά ηλεκτρόδια απευθείας πάνω από τη γαστέρα του μυ ή σε αναποτελεσματικές θέσεις. Υπάρχουν επιφανειακά ηλεκτρόδια αλλά και εμφυτευμένοι διεγέρτες, η σωστή τοποθέτηση είναι πιο εφικτή με τα εμφυτεύματα. Γενικά τα βασικά προβλήματα του επιδερμικού ερεθισμού είναι η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, η εφαρμογή επαρκούς μυϊκού όγκου, ιδιαίτερα στους εν τω βάθει ιστούς, και η επίτευξη λεπτών κινήσεων με ακρίβεια, όπως της άκρας χείρας, ενώ των εμφυτευμάτων είναι η χειρουργική επέμβαση και το κόστος. (Doucet et al. 2012)

Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια είναι τα πιο διαδεδομένα. Χρησιμοποιούνται σε ζεύγη, ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο κινητικό σημείο και ονομάζεται ενεργό ή αρνητικό, ενώ το άλλο στον μυ για να κλείσει κύκλωμα, ώστε να αποφευχθεί η επιστράτευση περειαίρω μυϊκών ινών και ονομάζεται ουδέτερο, σύμφωνα με την Ηλεκτροθεραπεία του Watson T.

Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια μπορεί να είναι:

- Λαστιχένια με γέλη μιας χρήσης ή σφουγγάρι
- Μεταλλικά με σφουγγάρια ή θήκες
- Αυτοκόλλητα μίας χρήσεως

Η πορεία του ρεύματος για κινητικό ερεθισμό θα πρέπει να είναι κατά μήκος του μυ και όχι κάθετα. Έτσι μεγιστοποιείται η πιθανότητα για κινητική αντίδραση, αφού είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα για ερεθισμό του κινητικού νεύρου ή του μυός.

Το FES μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την επιστράτευση αντανακλαστικού, όπως το αντανακλαστικό απόσυρσης, όπου διεγείρεται το κοινό περονιαίο νεύρο και προκαλείται συνδυαστική κάμψη ισχίου, γόνατος και ραχιαία ποδοκνημικής. (Robertson, 2009)

1.2 Τυπικοί παράμετροι

Οι τυπικοί παράμετροι του FES είναι:

- Συχνότητα 10- 100 Hz
- Εύρος παλμού 100- 1000μs και
- Ένταση, που ποικίλει ανάλογα την εφαρμογή και την ηλεκτρική εμπέδηση του σώματος του ασθενούς. Στα επιφανειακά ηλεκτρόδια φτάνει έως και 120 mA.

(Watson, 2011)

1.3 Στάδια αγωγής

- ✓ Ενημέρωση ασθενή, για αποτελέσματα και κινδύνους, και συγκατάθεση του
- ✓ Έλεγχος της συσκευής. Η συσκευή ενεργοποιείται και ρυθμίζονται οι παράμετροι της, ο θεραπευτής την ελέγχει πάνω του και αν όλα είναι εντάξει, μηδενίζεται η ένταση και η συσκευή παραμένει ανοιχτή.

- ✓ Έλεγχος της διακριτικής ικανότητας αντικειμένων του δέρματος, για παράδειγμα με καρφίτσα. Δεν θεωρείται αντένδειξη η μειωμένη αισθητικότητα, αλλά χρειάζεται προσοχή.
- ✓ Τοποθέτηση ασθενούς σε άνετη θέση, με προσβασιμότητα στους μύες που παίρνουν μέρος και μακριά από εμπόδια αν αναμένεται κίνηση.
- ✓ Τοποθέτηση ηλεκτροδίων μετά από έλεγχο του δέρματος
- ✓ Εφαρμογή του ρεύματος, πληροφόρηση από τον ασθενή για την ανοχή του σε αυτό και καθορισμός της έντασης.
- ✓ Κανονισμός της αγωγής που θα ακολουθηθεί
- ✓ Τερματισμός της διαδικασίας. Μηδενισμός της έντασης, αποσύνδεση των καλωδίων, απενεργοποίηση ηλεκτροδίων και προσεκτική αφαίρεση από το δέρμα, έλεγχος του δέρματος, καθαρισμός ηλεκτροδίων ή απόρριψη αν είναι μίας χρήσεως και καταγραφή των παραμέτρων και των αντιδράσεων του ασθενούς.

(Robertson et al. 2011)

1.4 Δοσολογία διέγερσης

Η δοσολογία των προγραμμάτων του FES μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό και θα εξαρτηθεί τελικά από τον μυ που διεγείρεται, τους παραμέτρους που χρησιμοποιούνται, και τον γενικό στόχο της παρέμβασης. (Robertson, et al. 2011)

Το μέγεθος, ο αριθμός και η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων επηρεάζουν την πορεία του ρεύματος. Το μέγεθος των ηλεκτροδίων και η ένταση καθορίζουν την πυκνότητα του ρεύματος. Τα μεγαλύτερα, σε μέγεθος, είναι πιο άνετα και περιορίζουν την πιθανότητα βλάβης του δέρματος. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο ηλεκτρόδια ανά κανάλι αλλά μπορούν να υπάρξουν και περισσότερα, ύπαρξη διακλαδωμένων ηλεκτροδίων, όπως στην περίπτωση ρεύματος υψηλής τάσης, HVPS.

Η δΟΣΟΛΟΓΙΑ είναι διαφορετική ανάλογα με τους σκοπούς της θεραπείας. Για ενδυνάμωση, γίνεται αύξηση της έντασης μέχρι δημιουργία αρκετής ροπής. Για κινητοποίηση, χρειάζεται χαμηλή ροπή, μέτρια ένταση και περιοριστικός παράγοντας είναι ο πόνος. Για βελτίωση της αντοχής, γίνονται πολλές επαναλήψεις με μέτρια ένταση. (Watson, 2011)

1.5 Εφαρμογές του FES

Στην εφαρμογή του FES, περιλαμβάνονται καρδιακοί και σπλαχνικοί βηματοδότες, που είναι εμφυτευμένες μορφές, εμφυτευμένοι και διαδερμικοί διεγέρτες για την κίνηση σε κακώσεις νωτιαίου μυελού ή ΑΕΕ.

Χρησιμοποιείται κυρίως σε:

- ❖ Αποκατάσταση άνω άκρου σε ασθενή με ΑΕΕ
- ❖ Βοήθημα βάδισης σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση
- ❖ Στην βοήθεια χρήσης του άνω άκρου σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση
- ❖ Στην ιπποποδία λόγω βλάβης του ΚΝΣ
- ❖ Υποβοήθηση στην στατική ποδηλασία
- ❖ Ηλεκτρική έκλυση βάδισης
- ❖ Ηλεκτρική έκλυση άσκησης κωπηλασίας
- ❖ Επανεκπαίδευση βάδισης και κινητικότητας σε ΚΝΜ
- ❖ Βοήθεια στην λειτουργία κύστης - εντέρου
- ❖ Ερεθισμός των ανώτερων αεραγωγών
- ❖ Στην εφηβική ιδιοπαθής σκολίωση



Εικόνα 1.2 Μυϊκή ενδυνάμωση ασθενή με συγγενή ραιβοιποποδία.

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

Στην ιποποδία από βλάβη του ΚΝΣ, γίνεται ερεθισμός στους ραχιαίους καμπτήρες της ποδοκνημικής και ενεργοποιείται από διακόπτη στο εσωτερικό του παπουτσιού ή από τη μεταβολή της κλίσης του σκέλους. Χρησιμοποιείται επιφανειακά αλλά και ενδομυϊκά. Προτιμάται το δεύτερο γιατί έχει εμφανίσει καλύτερα αποτελέσματα, αυξάνοντας την απόσταση βάρδισης σε χρονικό διάστημα 6 λεπτών.

Η τεχνική της κωπηλασίας γίνεται διαφορετικά από ότι σε υγιείς αθλητές που ασχολούνται, οπότε υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της τεχνολογίας. Γίνεται σε ΚΝΜ για ανάκτηση της φυσικής κατάστασης μέσω επαναλαμβανόμενου ερεθισμού καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος.

Όταν τα προβλήματα κύστεως- εντέρου δεν αντιμετωπίζονται με εκπαίδευση με βιοανατροφοδότηση, τότε εφαρμόζεται ερεθισμός νωτιαίων ριζών ή αιδιοικού νεύρου. Φαίνεται να γίνεται πλήρης εκκένωση με εφαρμογή του ερεθισμού 8,6 ωρών ημερησίως. Πλεονέκτημα στον ηλεκτρικό ερεθισμό του αιδιοικού νεύρου είναι η εύκολη τοποθέτηση του διεγέρτη κοντά στο νεύρο, σε άντρες και γυναίκες.

Αναπνευστικά, σε πρόσφατες ενδείξεις φαίνεται το FES να αντιμετωπίζει την αποφρακτική άπνοια στον ύπνο, την δυσφαγία, την παράλυση φωνητικών χορδών, την λαρυγγική δυστονία, καθώς και διευκόλυνση του βήχα με ερεθισμό των κοιλιακών μυών σε ΚΝΜ.

Όσον αφορά τη σκολίωση, θεωρείται εναλλακτική λύση σε περίπτωση που ο ασθενής δεν δέχεται τον κηδεμόνα. Εφαρμόζεται στην κυρτή πλευρά κατά τη διάρκεια της νύχτας και περιορίζει την επέκταση του προβλήματος, όπως και ο κηδεμόνας.

(Robertson et al. 2011)

Η στατική ποδηλασία έχει σημαντικά οφέλη σε άτομα με KNM. Όταν δεν γίνεται να εκτελέσουν την άσκηση οι ασθενείς μπορούν να υποβοηθηθούν από το FES. Οφέλη που έχουν αναφερθεί είναι η βελτίωση της αισθητικής επίγνωσης και της κινητικής λειτουργίας, η αυξημένη ευαισθησία στη ισορροπία, αυξημένη παραγωγή μυϊκής μάζας, μείωση κατακλίσεων, αντιστροφή της μυϊκής ατροφίας, βελτίωση της καρδιαγγειακής φυσικής κατάστασης και περιορισμός της έκτασης της οστεοπενίας.

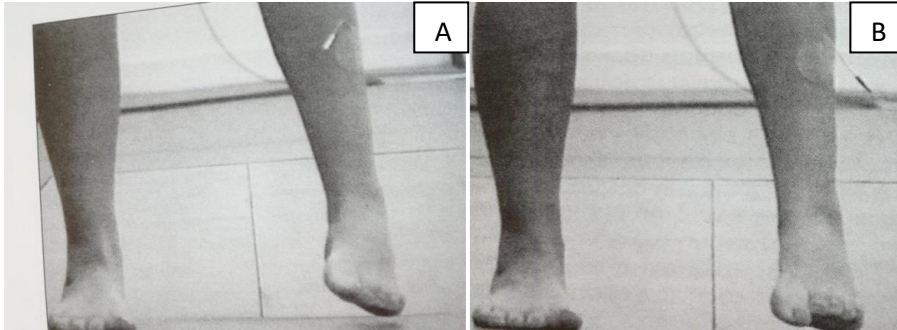


Εικόνα 1.3 Ποδηλασία υποβοηθούμενη από επιφανειακό FES σε τετρακέφαλο, οπίσθιους μηριαίους και γλουτιαίους.

Εικόνα από Watson T. 2011 «ηλεκτροθεραπεία»

Η έκλυση βάρδισης σε άτομα με KNM έχει και αυτή σαν δυνητικό όφελος την βελτίωση της καρδιαγγειακής φυσικής κατάστασης, ενώ δεν έχει τα μειονεκτήματα της μετακίνησης με αμαξίδιο, δηλαδή πόνο και τραυματισμούς του άνω άκρου. Επίσης προτιμάται και στην περίπτωση που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμαξίδιο για μεταφορές και γενικά για την κινητικότητα. Μπορεί να υπάρξει βελτίωση στο επίπεδο ελέγχου και την ταχύτητα βάρδισης.

Υπάρχουν θετικά αποτελέσματα και στον συντονισμό μεταξύ κάτω άκρων και ισχίων κατά τη διαδικασία της βάρδισης.



Εικόνα 1.4 Εικόνα **A**, χωρίς και **B**, με ηλεκτρική διέγερση του κοινού περνιαίου νεύρου, δείχνοντας τη βελτίωση της θέσης του πέλματος κατά την φάση αιώρησης.

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

1.6 Οφέλη του FES

Το FES είναι η διαδικασία συνδυασμού ηλεκτρικής διέγερσης με ένα λειτουργικό έργο, όπως η βάρδιση, το ποδήλατο, ή σύλληψη αντικειμένου με την άκρα χείρα, για διάφορους σκοπούς αποκατάστασης και για διαφορετικές διαγνώσεις. Το FES έχει αποδείξει την ικανότητα για την ενίσχυση των μυών, βελτιώνοντας την κυκλοφορία και τη ροή του αίματος, προκαλώντας μείωση του πόνου, την επούλωση των ιστών, επιβραδύνοντας την ατροφία των μυών, και επιδρά στην μείωση της σπαστικότητας. Παρόλο που το FES εφαρμόζεται περιφερειακά, πολλοί έχουν προτείνει ότι, μέσω τροποποίησης της διέγερσης, κεντρική μηχανισμοί μπορούν να ενεργοποιηθούν επίσης. Τέλος, οι συμμετέχοντες μπορεί να ενθαρρυνθούν ψυχολογικά βιώνοντας την αίσθηση της ενεργού κίνησης των μυών μέσω διέγερσης με τα συστήματα FES.(Doucet, 2012)

1.7 Κίνδυνοι και αντενδείξεις

Το FES είναι μία ηλεκτρική συσκευή, οπότε θα πρέπει να έχει τακτική συντήρηση από εξειδικευμένους τεχνικούς ή μηχανικούς. Ο θεραπευτής θα πρέπει να δοκιμάζει τη συσκευή πάνω του πριν από την χρήση στον ασθενή. Θα πρέπει να σιγουρεύεται ότι η ένταση είναι στο 0 πριν την σύνδεση των καλωδίων και αυξάνεται μόνο στη διάρκεια του ενεργού χρόνου, δηλαδή αφού υπάρξει μυϊκή απάντηση, συνεννόηση με τον ασθενή ή ένδειξη από τη συσκευή. Απενεργοποίηση της συσκευής γίνεται μετά την αποσύνδεση από τον ασθενή. Κίνδυνος υπάρχει πάντα στην δημιουργία βλάβης στο δέρμα. Για αυτό θα πρέπει να ελέγχεται η ένταση, το δέρμα και η κατάσταση των ηλεκτροδίων κάθε φορά πριν τη χρήση.

Αντενδείξεις:

- Εγκυμοσύνη
- Διέλευση από θώρακα
- Διέλευση από την πρόσθια επιφάνεια του αυχένα
- Εμφυτευμένοι διεγέρτες
- Όγκοι
- Λύση ή ασυνέχεια του δέρματος
- Μολυσματικές περιοχές

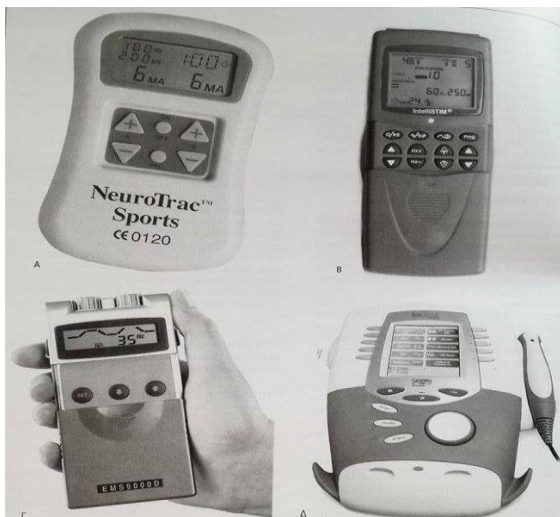
Δεν αποτελούν αντένδειξη τα εμφυτευμένα μέταλλα, αφού έχουν υψηλότερη αγωγιμότητα από τον υποδόριο ιστό και άρα δεν επηρεάζουν την πορεία του ρεύματος. Επίσης, δεν υπάρχει γνωστός κίνδυνος για την διέλευση ρεύματος στην λεκάνη.

(Robertson et al.2011)

1.8 Συσκευές

Υπάρχουν πολλές συσκευές στο εμπόριο, είτε φορητές, που λειτουργούν με μπαταρίες, είτε σταθερές, που συνδέονται με το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Υπάρχει αντιπαράθεση μεταξύ των θεραπειών για το αν τα δύο αυτά διαφορετικά είδη έχουν εξίσου καλά αποτελέσματα ή αν οι σταθερές συσκευές υπερτερούν των φορητών. Για την απάντηση χρειάζονται περαιτέρω έρευνες. Το σημαντικότερο για την αγορά μίας συσκευής FES είναι η επιβεβαίωση ότι έχει όλες τις παραμέτρους και μπορεί να λάβει τις κατάλληλες τιμές. Τα είδη του ηλεκτρικού ρεύματος, που χρησιμοποιούνται θεραπευτικά, έχουν καθοριστεί ονομαστικά από το τμήμα κλινικής Ηλεκτροφυσιολογίας της Αμερικάνικης Εταιρίας Φυσικοθεραπείας, American Physical Therapy Association (APTA) και είναι εναλλασόμενο, συνεχές και παλμικό ή διακοπτόμενο. Ωστόσο, στο εμπόριο δεν ακολουθούνται αυτοί οι όροι, τείνουν να αναφέρονται όλα το ίδιο και έτσι χρειάζεται καλή μελέτη πριν την αγορά.

(Watson, 2011).



Εικόνα 1.5 Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

A.NeuroTrac Sports (SKF)

Γ.DigiSTIM

B.IntelliSTIM

Δ.CMS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Εφαρμογή λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού – fes σε αποκατάσταση κάτω άκρου

2.1 Εισαγωγή

Είναι βέβαιο, πως πολλοί άνθρωποι που εμφανίζουν δυσκολία στην πραγματοποίηση κίνησης των κάτω άκρων τους, θα αντιμετωπίζουν πρόβλημα τόσο στην στάση όσο και στην βάδιση. Αυτό συμβαίνει καθώς μειώνεται η ραχιαία κάμψη στη φάση αιώρησης του κύκλου βάδισης, δηλαδή η φάση κατά την οποία το πόδι δεν είναι σε επαφή με το έδαφος . Αυτό σημαίνει ότι ο μέγας δάκτυλος σέρνεται ή είναι κοντά στο έδαφος κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης (δηλαδή dropfoot), αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο να γλιστρήσουν, να σκοντάψουν και να προκληθεί πτώση.

Μια εναλλακτική θεραπεία για την dropfoot, πέρα από φαρμακευτική αγωγή, χρησιμοποιώντας dalfampridine, ή με ορθωτικά μέσα, χρησιμοποιώντας ένα νάρθηκα κνημοποδικό (AFO), είναι η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση(FES), , η οποία διεγείρει ηλεκτρικά τους ραχιαίους καμπτήρες του ποδιού και προωθεί την ενεργητική και αποτελεσματική έκταση. Τα πλεονεκτήματα της FES είναι ότι διευκολύνει ένα πιο φυσικό πρότυπο βάδισης, παρέχει ενεργοποίηση των μυών, αυξάνει την κυκλοφορία του αίματος και μειώνει την εμφάνιση μυϊκής ατροφίας (Mayer et al, 2015). Οι μελέτες οι οποίες θα ακολουθήσουν θα μας δώσουν μια ξεκάθαρη εικόνα του πως η χρήση λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης (FES) μπορεί να επωφελησει την αποκατάσταση κάτω άκρων.

2.2 Drop foot και FES

Το Drop Foot αποτελεί μία αρκετά συνηθισμένη διαταραχή της βάδισης, παρεμποδίζοντας έτσι την σωστή κινητικότητα των κάτω άκρων και επομένως ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος.

Πιο συγκεκριμένα, το Drop Foot είναι η ανικανότητα για ραχιαία κάμψη του ποδιού κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης της βάδισης, λόγω είτε αδυναμίας των ραχιαίων καμπτήρων

είτε αυξημένου τόνου στους πελματιαίους ή διαταραγμένο νευρικό έλεγχο προκαλώντας συν-σύσπαση των αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών. (Downing et al, 2014)



Εικόνα 2.1. Ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής με τη χρήση FES, πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τη διέγερση.(Watson. 2011)

Αξίζει να αναφερθεί μια συγκεκριμένη μελέτη, η οποία συγκέντρωσε δείγματα χρηστών λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης από το 2008 μέχρι το 2013. Οι συμμετέχοντες με drop foot αποτελούνταν από 70 άντρες και 117 γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας 55 ετών. Οι 166 από τους ασθενείς χρησιμοποιούσαν ακόμα τη λειτουργική ηλεκτρική διέγερση μετά από 20 εβδομάδες , ενώ από αυτούς οι 153 ολοκλήρωσαν την κλασική αξιολόγηση του 10-m walking speed. Στο πρώτο ραντεβού οι ασθενείς μάθαιναν πώς να χρησιμοποιούν τον εξοπλισμό της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης η οποία εφαρμόστηκε χρησιμοποιώντας 2 ηλεκτρόδια, το ένα πάνω από το κοινό περνιαίο νεύρο και το άλλο πάνω από το κινητικό σημείο του πρόσθιου κνημιαίου.



Εικόνα 2.2 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε Drop Foot.(Watson. 2011)

Η διέγερση ήταν συγχρονισμένη με τη φάση αιώρησης κατά τη διάρκεια της βάρδισης με ένα διακόπτη κάτω από τη πτέρνα, προκαλώντας ραχιαία κάμψη και ελάχιστες μοίρες ανάσπασης. Στο δεύτερο ραντεβού εξετάστηκε η ικανότητα των ασθενών να χρησιμοποιούν το μηχανισμό αυτόνομα και μετρήθηκε η ταχύτητα βάρδισης σε 10 μέτρα. Η πρώτη βάρδιση χρησιμοποιήθηκε για να αυξηθεί η θερμοκρασία (προθέρμανση) και το εύρος της κίνησης των συνδέσμων, η δεύτερη έγινε χωρίς κάποιο βοήθημα και η τρίτη χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο αξιολόγησης για την επίδραση της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης στο πόδι.

Από εκείνους που ανταποκρίθηκαν στη θεραπεία, οι περισσότεροι (95 %) ήταν σε θέση να διατηρήσουν ή να διορθώσουν τη λειτουργική τους βάρδιση χρησιμοποιώντας τη λειτουργική ηλεκτρική διέγερση. Αυτό υποδεικνύει ότι η χρήση της για τον έλεγχο του drop foot είναι πιθανό να επωφελήσει ένα μεγάλο αριθμό ασθενών ανεξαρτήτως της αρχικής τους κατηγορίας μη-λειτουργικής βάρδισης. Μια κλινικά σημαντική αλλαγή για το 71% των ασθενών ως απάντηση στη θεραπεία δείχνει ότι η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση είχε μια καθοριστική επίδραση στην πρακτική και την καθημερινή κινητικότητα, η οποία είναι πιθανό να οδήγησε στην καλύτερη ποιότητα ζωής για τους περισσότερους από τους ασθενείς. Και τα δύο αυτά ευρήματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, καθώς κάποιος θα περίμενε λόγω της φθίνουσας πορείας της όλης κατάστασης, να υπάρχει μείωση της λειτουργικής βάρδισης και μια κλινικά σημαντική επιδείνωση της ποιότητας ζωής. Τέλος, βλέπουμε πως μεγάλος αριθμός ασθενών που συμμετείχαν στην έρευνα έμεινε ευχαριστημένος και χρησιμοποιούσε

τη λειτουργική ηλεκτρική διέγερση ακόμα και 20 εβδομάδες μετά την έρευνα (το 89 % των συμμετεχόντων συγκεκριμένα). (Street T. et al, 2015)

2.3 AFO ή FES σε drop foot

Ένας AFO θεωρείται η τυπική συνταγή για τη διαταραχή drop foot.. Οι AFOS γενικά αποτελούνται από ένα οπίσθιο κέλυφος πολυπροπυλενίου (PP) και ιμάντες Velcro που εκτείνονται κάτω από το πόδι σε όλη τη διαδρομή μέχρι την κνήμη. Φοριούνται στο προσβεβλημένο κάτω άκρο ή άκρα μέσα από τα παπούτσια για να κρατήσουν το πόδι και τον αστράγαλο σε θέση 90 μοιρών, που είναι γνωστή ως «ουδέτερη», και την παροχή υποστήριξης προς τα έξω και πλαγίως στα σύνορα του ποδιού για την πρόληψη έσω και έξω ανάσπασης (Kottink et al., 2007). Υπάρχει μεγάλη ποικιλία AFOs για την αντιμετώπιση του drop foot, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που συνήθως επιτρέπουν επιπλέον ραχιαία κάμψη, αλλά απαγορεύουν πελματιαία κάμψη και των Leaf Spring AFOs που δεν προσφέρουν καμία έσω-πλευρική στήριξη για το τμήμα ποδιών (Souza et al, 2010)



Εικόνα 2.3 Δυναμικός AFO

Ένας δυναμικός νάρθηκας (αρθρωτό) χρησιμοποιείται για να διευκολύνει την κίνηση του σώματος και να επιτρέψει τη βέλτιστη λειτουργία. Παρέχει σταθεροποίηση υπό τον αστράγαλο, ενώ επιτρέπει την ελεύθερη ραχιαία κάμψη αστράγαλο και απελευθερώνει ή περιορίζει την πελματιαία κάμψη. Αυτό το είδος της AFO χρησιμοποιείται για τη θεραπεία ενηλίκων με πλατυποδία. Ανάλογα με τον τύπο του μεντεσέ που χρησιμοποιείται η δυναμική AFO μπορεί να παρέχει βοήθεια στη ραχιαία κάμψη για να διορθώσει το drop foot.

Έχει αποδειχθεί κλινικά, ότι ο AFO μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της λειτουργικής κινητικότητας και την αποζημίωση της κινητικής βλάβης σε ένα ευρύ φάσμα παθολογικών καταστάσεων (Bulley et al, 2011 Sheffler et al, 2009 Souza et al, 2010). Τα πρόσθετα οφέλη από τη χρήση AFO είναι ότι είναι χαμηλής τεχνολογίας, σχετικά φθηνή, φοριέται και αφαιρείται εύκολα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα περιβάλλοντα (Souza et al, 2010; Kottink et al., 2008; Stein et al, 2010).

Τα μειονεκτήματα των συγκεκριμένων ορθοτικών περιλαμβάνουν τον περιορισμό της κίνησης, μυϊκή ατροφία, περιορισμένη επιλογή των υποδημάτων, κακή αισθητική εμφάνιση και ότι ο χρήστης μερικές φορές νοιώθει άβολα (Mayer L. et al, 2015). Επιπλέον μειονεκτήματα της χρήσης AFO είναι ότι μερικές φορές πιστεύεται πως είναι δυσκίνητοι σε σχέση με το βάρος και το μέγεθός τους, αντιαισθητικοί, άβολοι και μπορεί να περιορίσουν την κινητικότητα στον αστράγαλο υπερβολικά (Stein et al, 2010; Souza et al, 2010; Kottink et al, 2008).

Σε μια σύγκριση εμπειριών των χρηστών και τις προτιμήσεις σχετικά με λειτουργική ηλεκτρική διέγερση και τη χρήση AFO, διαπιστώθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις και οι δύο ορθώσεις ήταν απαραίτητες. Οι συμμετέχοντες που ήταν χρήστες FES δήλωσαν ότι θα επανέλθουν στη χρήση ενός AFO σε περιπτώσεις όπως όταν η FES είχε τεχνικά θέματα, προκαλούσε ερεθισμό του δέρματος ή όταν σχεδίαζαν να είναι γύρω από το νερό (δηλαδή μετά το ντους). Οι παρατηρήσεις αυτές ήταν ενδιαφέροντες αν σκεφτεί κανείς ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων προτιμούσε τη χρήση FES αντί του AFO (Bulley et al., 2011).

Σε μελέτη, στην οποία συγκρίνεται η χρήση AFO και λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης, ο αριθμός των αρνητικών και θετικών απόψεων για τη χρήση του καθενός από τους ασθενείς ήταν ίδιος και για τα δυο. Και τα δυο μειώνουν την κόπωση, βελτιώνουν τη βάδιση, μειώνουν τα παραπατήματα και τις πτώσεις και αυξάνουν την αυτοπεποίθηση του ασθενή καθώς και τη συμμετοχή του σε δραστηριότητες. Μεγαλύτερη ισορροπία και σταθερότητα προσδίδει το AFO, ενώ η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση προσδίδει αύξηση της απόστασης με τα πόδια και καλύτερη σωματική δραστηριότητα. Ένα μη-φυσιολογικό πρότυπο βάδισης αναφέρεται για τη χρήση του AFO και δυσκολίες εφαρμογής και περιορισμούς στο σχεδιασμό στη λειτουργική ηλεκτρική διέγερση. Ωστόσο, τα θετικά είναι πιο πολλά από τα αρνητικά σύμφωνα με την αίσθηση των ασθενών. (Bulley et al, 2014)

Εν κατακλείδι, δεν έχουν γίνει αρκετές έρευνες με σκοπό να συγκρίνουν την λειτουργική ηλεκτρική διέγερση και τον AFO σε σχέση με τη χρησιμότητά τους για την αδυναμία ραχιαίας κάμψης. Η συλλογή περαιτέρω πληροφοριών θα επηρεάσει άμεσα την κλινική ιατρική συνταγή και θα βελτιώσει την ποιότητα της περίθαλψης των ασθενών σε αυτή την ομάδα του πληθυσμού. Βελτιώσεις στην ποιότητα της περίθαλψης είναι πιθανό να έχει θετικά αποτελέσματα για τους ασθενείς, ιδιαίτερα στην ικανότητά τους να περπατούν στην κοινότητα. (Lord et al. 2004)

2.4 FES μέσω τετρακάναλης νευρικής διέγερσης

ΕΡΕΥΝΑ

Η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) προτάθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 ως θεραπεία για εγκεφαλικό επεισόδιο . Περιγράφει εφαρμογή ενός ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα νεύρο, προκειμένου να παρακινηθεί σύσπαση των μυών και ως εκ τούτου να βοηθήσει στην εκτέλεση μιας λειτουργικής δραστηριότητας όπως η βάδιση. Το Σύστημα ActiGait® εγκρίθηκε επίσημα στη Γερμανία το 2007 για την ημιπληγία μετά από ισχαιμικό ή αιμορραγικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Επειδή το σύστημα ActiGait έχει εισαχθεί πρόσφατα, πολλές μελέτες που διερευνούν τη χρήση του δεν έχουν ακόμη φθάσει σε δημοσίευση. Η θεραπευτική επιτυχία μπορεί να προβλεφθεί στην ανώτερη βλάβη του κινητικού νευρώνα ανεξάρτητα από την αιτιολογία. Επιπλέον, πλεονεκτήματα έχουν αναφερθεί σε ασθενείς με Σκλήρυνση Κατά Πλάκας που παρουσιάζουν drop foot, είτε από λήψη επιφανειακής λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης, είτε με τη χρήση ενός συστήματος, που εμφυτεύεται, με 2 κανάλια, και διεγείρει τα δύο σκέλη του κοινού περονιαίου νεύρου. Δυσκολίες που αναφέρθηκαν από κάποιους από τους ασθενείς στο χειρισμό ενός συστήματος επιφανειακής λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης και αισθητικές παρενέργειες που προκύπτουν από την εξωτερική τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, μας οδήγησε στην διερεύνηση του κατά πόσον τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ένα εμφυτεύσιμο σύστημα θα μπορούσε να περιλαμβάνει μειωμένες αισθητήριες παρενέργειες.

Σε αυτή τη μελέτη παρέχεται η επιτυχημένη υλοποίηση της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης που εφαρμόζεται απευθείας στο περνιαίο νεύρο μέσω εμφυτευμένων ηλεκτροδίων που περιέχει 4-κανάλια για να βοηθήσει την ραχιαία κάμψη σε δύο ασθενείς. Και οι δύο ασθενείς, που πάσχουν από drop foot, παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στη βάρδιση, με σημαντικά αυξημένη απόσταση βηματισμού, καθώς και σημαντική βελτίωση της ποιότητας ζωής. Το ActiGait® (© Ottobock) είναι ένα ημι-εμφυτεύσιμο κλειστού κύκλου FES που δημιουργεί ραχιαία κάμψη σε drop foot. Το σύστημα είναι προσαρμοσμένο στις ατομικές φάσεις της βάρδισης και της ταχύτητας καταγράφοντας την ανύψωση της φτέρνας μέσα από ένα εξωτερικά τοποθετημένο διακόπτη στην περιοχή της φτέρνας. Η μονάδα ελέγχου που φοριέται γύρω από τη μέση του ασθενούς λαμβάνει αυτό το σήμα ενεργοποίησης ασύρματα και δημιουργεί ένα μεταβλητό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στην τυλιγμένη κεραία, η οποία είναι συνδεδεμένη με αυτό. Η διαδερμική ηλεκτρομαγνητική επαγωγή χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα σήματα ισχύος και ελέγχου στην εμφυτευμένη συσκευή διεγέρσεως, η οποία παράγει τους παλμούς διέγερσης σε 4 ανεξάρτητες πηγές ρεύματος. Αυτά τα ερεθίσματα κατόπιν παραδίδονται μέσω ενός διπλού καλωδίου σε 4 κυκλικά διατεταγμένα σύνολα ηλεκτροδίων ενσωματωμένα μέσα σε μια μανσέτα σιλικόνης 23 mm. Κάθε ένα από τα 4 κανάλια μπορούν να ελέγχονται ανεξάρτητα από τα άλλα κανάλια, επιτρέποντας έτσι στον προγραμματιστή να ελέγχει τον όγκο των ιστών που ενεργοποιούνται εντός του νευρικού ιστού. Οι δέσμες του κοινού περνιαίου νεύρου μπορεί έτσι να διεγερθούν επιλεκτικά και να προκαλέσουν μια ισορροπημένη ραχιαία κάμψη του ποδιού αποφεύγοντας τη διέγερση των αισθητηριακών δεσμών.



Εικόνα 2.4 Τοποθέτηση 4-channel FES στο κάτω άκρο.

Ο πρώτος ασθενής ήταν μια 53 ετών κυρία που είχε διαγνωστεί με Σκλήρυνση Κατά Πλάκας, το 2002, μετά την ανάπτυξη δεξιάς ημιπαισθησίας και ακολούθησε μια πορεία υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα. Μια αργή εξελισσόμενη, επίμονη ήπια πάρεση του αριστερού ποδιού που επηρέασε τη ραχιαία κάμψη και αναστροφή του ποδιού άρχισε το Δεκέμβριο του 2005. Η συστροφή του αστραγάλου μαζί με αύξηση της απόστασης βάρδισης περιόρισαν την απόσταση περπατήματος της στα 500 μ. Η ασθενής έπασχε επίσης από προσωρινά επεισόδια γενικής κόπωση. Η νόσος είχε εξελιχθεί σε μια προοδευτική πορεία χωρίς περαιτέρω ύφεση των συμπτωμάτων. Το Expanded Disability Status Scale (EDSS) score ήταν 3,5 / 10. Η ασθενής είχε ακολουθήσει την τυποποιημένη φαρμακευτική αγωγή, καθώς και χρησιμοποίησε νάρθηκα AFO, τα οποία δεν προσέφεραν σημαντικά οφέλη στην αντιμετώπιση των δυσλειτουργιών της. Σε μια δοκιμαστική φάση τεσσάρων εβδομάδων με επιφανειακή λειτουργική ηλεκτρική διέγερση αυξήθηκε η απόσταση και μειώθηκε η προσπάθεια περπατήματος κατά τη διάρκεια της βάρδισης, αλλά αισθητικές παρενέργειες δεν ήταν ανεκτές. Ως εκ τούτου, εμφυτεύτηκε ένα cuff electrode στο αριστερό περνιαίο νεύρο για λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (ActiGait®, © Ottobock) τον Σεπτέμβριο του 2013. Δεν υπήρξαν προ- ή μετεγχειρητικές επιπλοκές. Μετά από μια φάση ίασης από 3 εβδομάδες, ενεργοποιήθηκε το σύστημα διέγερσης. Ο δεύτερος ασθενής ήταν άνδρας 46 χρονών και διαγνώστηκε με σκλήρυνση κατά πλάκας με πρωτογενή προϊούσα πορεία το 2007. Ανέπτυξε μια αργή επιδείνωση πάρεσης του δεξιού ποδιού με αδυναμία στη ραχιαία κάμψη (EDSS 6.5). Το Μάρτιο του 2013 ανέφερε σωματική κόπωση κατά τη διάρκεια βάρδισης με αυξημένη αδυναμία του δεξιού ποδιού με ταυτόχρονο πόνο σε μέση, ιερό και πύελο. Για να αποφύγει να σκοντάψει ήταν απαραίτητο να είναι αρκετά συγκεντρωμένος καθώς και να χρησιμοποιεί βοηθητικά στηρίγματα ή AFO. Η κόπωση αυτή μείωσε την απόσταση βάρδισης του στα 50 μέτρα με ταυτόχρονη χρήση AFO και του ήταν γενικότερα αδύνατο να περπατήσει χωρίς να το φοράει. Και σε αυτόν τον ασθενή πραγματοποιήθηκε επιφανειακή λειτουργική ηλεκτρική διέγερση και παρόλο που παρουσιάστηκαν θετικά αποτελέσματα, ο ίδιος ο ασθενής είχε δυσκολία στο να τοποθετήσει τα ηλεκτρόδια με αποτέλεσμα αυτά να αποκολλούνται κατά τη διάρκεια της βάρδισης του. Ως εκ τούτου, η επιφανειακή λειτουργική ηλεκτρική διέγερση κρίθηκε ακατάλληλη για καθημερινή χρήση, που οδήγησε στην απόφαση να χρησιμοποιηθεί ένα εμφυτευμένο σύστημα λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης για άμεση διέγερση του δεξιού περνιαίου νεύρου. Εμφυτεύτηκε το σύστημα ActiGait® το Νοέμβριο 2013, χωρίς επιπλοκές και ενεργοποιήθηκε 5 εβδομάδες αργότερα.

Το εμφυτεύσιμο σύστημα λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης είναι μια εφικτή νέα επιλογή για τη θεραπεία του drop foot σε ανθρώπους που αντιμετωπίζουν κινητικά προβλήματα στα

κάτω άκρα. Παρουσιάστηκαν βελτιώσεις στη βάδιση, μείωση του πόνου και της κόπωσης, καθώς και θετικές αλλαγές στην ποιότητα της ζωής και στα δύο άτομα. Το σύστημα 4 channel cuff FES εμφανίζεται να προσφέρει τα ίδια πλεονεκτήματα με την επιφανειακή λειτουργική ηλεκτρική διέγερση με τη διαφορά ότι μειώνονται οι παρενέργειες και οι επιπλοκές. (Hausmann et al, 2015)

2.5 Σπαστικότητα και FES

Η σπαστικότητα είναι μία κατάσταση που επικρατεί κυρίως σε νευρολογικά περιστατικά, που επηρεάζει περίπου το 80 τοις εκατό των ασθενών. Η λέξη «σπαστικότητα» σημαίνει ακαμψία. Ορίζεται ως εξαρτώμενη από την ταχύτητα αύξηση του μυϊκού τόνου, η οποία συνήθως σχετίζεται με τα υπερδραστήρια βαθιά τενόντια αντανακλαστικά. Πιο συγκεκριμένα, η σπαστικότητα είναι συνήθως το αποτέλεσμα της χαλάρωσης και συστολής των ανταγωνιστών μυών την ίδια στιγμή, που προκαλείται από βλάβη των άνω κινητικών νευρώνων που διαταράσσει το φυσιολογικό συντονισμό κίνησης των μυών. Ως εκ τούτου, οι μύες παραμένουν σε μια σταθερή κατάσταση συστολής, προκαλώντας αυξημένη ακαμψία και τόνο που μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο εύρος της κίνησης των μεγάλων αρθρώσεων. Αυτή η σταθερή κατάσταση συστολής των μυών μπορεί σταδιακά να μειώσει το συνδετικό ιστό γύρω από τις αρθρώσεις προκαλώντας συσπάσεις. Αυτή η δυσκαμψία μπορεί να είναι επώδυνη μερικές φορές, ενώ άλλες να περιορίσει τις καθημερινές δραστηριότητες της ζωής των αυτών των ανθρώπων.

(Palmieri, 2004)

Ασθενής έλαβε λειτουργική ηλεκτρική διέγερση για τη μείωση του σπαστικού μυϊκού τόνου των κάτω άκρων. Διέγερση μέσω επιφανειακών ηλεκτροδίων εφαρμόστηκε στους μύς του μηρού που συμμετέχουν στην κίνηση του ποδιού. Ο σπαστικός μυϊκός τόνος μετρήθηκε κλινικά χρησιμοποιώντας την τροποποιημένη κλίμακα Ashworth. Αυτό έγινε πριν και μετά τη χρήση της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης. Υπήρχε σημαντική μείωση της σπαστικότητας, γεγονός που ενστερνίστηκαν και οι Correia de sa J. C., et al. (2011), σε κάθε συνεδρία διέγερσης υποστηρίζοντας ότι αυτό το είδος διέγερσης (fes) θα μπορούσε να είναι ένας νέος τρόπος θεραπείας για άτομα που αντιμετωπίζουν πρόβλήματα σπαστικότητας έχοντας μάλιστα και αρκετά υψηλό EDSS score.

(Krause et al, 2007)

2.6 Ιπποποδία και FES

Η μέθοδος του Λειτουργικού Ηλεκτρικού Ερεθισμού (FES) για την αντιμετώπιση της ιπποποδίας από κεντρική νευρική αιτιολογία ξεκίνησε να εφαρμόζεται σε ασθενείς από τις αρχές της δεκαετίας του 1960. Διάφοροι περιορισμοί είχαν ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται κυρίως σε ερευνητικό περιβάλλον για περισσότερο από δύο δεκαετίες. Εντούτοις η μέθοδος έχει πλέον καθιερωθεί, καθώς διάφορα κέντρα ανά τον κόσμο την έχουν εφαρμόσει κλινικά σε χιλιάδες ασθενών. Παράλληλα έχει τεκμηριωθεί εκτενώς μετά από πληθώρα δημοσιευμένων μελετών που είχαν ως αποτέλεσμα την έκδοση οδηγιών έγκρισης από Εθνικά Συστήματα Υγείας και άλλους οργανισμούς στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Σε μια εποχή που αφ' ενός μεν η νευροεπιστήμη και η τεχνολογία αποκατάστασης εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς, και αφ' ετέρου η τεκμηρίωση πίσω από κάθε μέθοδο αποκατάστασης του νευρολογικού ασθενούς είναι απαραίτητη, η μέθοδος FES ανοίγει νέους ορίζοντες στη θεραπευτική μας παρέμβαση, για τους κατάλληλα επιλεγμένους ασθενείς.

Η μέθοδος του Λειτουργικού Ηλεκτρικού Ερεθισμού (Functional Electrical Stimulation - FES) περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1961 από τον Liberson. Ο ίδιος και η ομάδα του ήθελαν να ερευνήσουν κατά πόσο θα ήταν εφικτό να διορθώσουν την ιπποποδία («drop-foot») σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ) με τη χρήση ηλεκτροδιέγερσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν ένα φορητό ηλεκτροδιεγέρτη που προκαλούσε διέγερση κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης του πάσχοντος μέλους. Η ανίχνευση της έναρξης και λήξης της φάσης αιώρησης γινόταν με τη χρήση ενός ειδικού αισθητήρα πίεσης που είχαν τοποθετήσει μέσα στο υπόδημα και κάτω από την πτέρνα του πάσχοντος μέλους. Η διέγερση μεταβιβαζόταν μέσω επιδερμικών ηλεκτροδίων που είχαν τοποθετηθεί επάνω από το κοινό περνιαίο νεύρο, στην πορεία του κάτω από την κεφαλή της περόνης, προκαλώντας ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης. Ακόμη και σε εκείνη την πρώτη δημοσιευμένη έρευνα επάνω στην εφαρμογή της μεθόδου FES, οι συγγραφείς ανέφεραν σημαντική βελτίωση της βάδισης των ασθενών με διόρθωση της ιπποποδίας, καθώς επίσης και ότι μερικοί από τους ασθενείς διατηρούσαν την ικανότητα ενεργητικής ραχιαίας κάμψης για μικρή περίοδο μετά τη λήξη της διέγερσης. Ο Vossius περιέγραψε παραστατικά πως η μέθοδος FES εφαρμόζεται

στο εκούσιο κινητικό σύστημα, χρησιμοποιεί τις κινητικές μονάδες που είναι ακόμη λειτουργικές ως ενεργοποιητές («actuators»), γεφυρώνει τη χαμένη σύνδεση ανάμεσα στα κατώτερα κινητικά κέντρα μέσω της ηλεκτρικής διέγερσης και επαναχρησιμοποιεί τα υψηλότερα αισθητικοκινητικά κέντρα, μεταξύ των οποίων και την οπτική παρατήρηση.

Σημαντική ήταν η συμβολή της ερευνητικής ομάδας των Burridge, Swain, Taylor, Wood και Mann του νοσοκομείου Salisbury M. Βρετανίας στην κλινική εφαρμογή της μεθόδου FES για την αντιμετώπιση της ιπποποδίας τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Συγκεκριμένα το 1988 σχεδίασαν τον πρώτο διεγέρτη για εφαρμογή σε έναν ασθενή με ατελή τετραπληγία, και στη διάρκεια των επόμενων ετών συνέχισαν την εξέλιξη μιας τέτοιας συσκευής που θα ήταν κατάλληλη για τη διόρθωση της ιπποποδίας γενικά σε ασθενείς με βλάβες του ανώτερου κινητικού νευρώνα (AKN). Το 1997 οι Burridge και συνεργάτες δημοσίευσαν τα αποτελέσματα της πρώτης τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής της ομάδας τους. 32 ασθενείς που είχαν υποστεί ΑΕΕ πριν από τουλάχιστον 6 μήνες και παρουσίαζαν ιπποποδία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η πρώτη χρησιμοποίησε τον ηλεκτροδιεγέρτη FES που είχε εξελίξει η ομάδα του Salisbury, καθώς επίσης και συνεδρίες φυσικοθεραπείας, ενώ η δεύτερη ομάδα (ελέγχου) μόνο συνεδρίες φυσικοθεραπείας. Και στις δύο περιπτώσεις οι φυσικοθεραπευτές ήταν εκπαιδευμένοι στην εφαρμογή της μεθόδου Bobath, ενώ οι ασθενείς και των δύο ομάδων είχαν από δέκα συνεδρίες φυσικοθεραπείας κατά τη διάρκεια του πρώτου μηνός. Μετά από 3 μήνες η πρώτη ομάδα παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση της ταχύτητας βάδισης σε απόσταση 10 μέτρων («10 metre walking test»), η οποία έχει αποδειχθεί αντιπροσωπευτική της συνολικής απόδοσης της βάδισης, κατά 20,5%, και ελάττωση του δείκτη φυσιολογικού κόστους, ο οποίος συνδέεται στενά με την κατανάλωση ενέργειας, κατά 24,9%. Αντίθετα, η ομάδα ελέγχου δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε αυτές τις δύο παραμέτρους. Υπήρχε μία τάση για συνέχιση των θετικών αποτελεσμάτων και μετά τη διακοπή χρήσης της μεθόδου FES, όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Εντούτοις, τα άτομα της ομάδας εφαρμογής επέδειξαν μια συνεχιζόμενη ελάττωση σπαστικότητας του τετρακεφάλου μυός, κάτι που συνέβη στα άτομα της ομάδας ελέγχου μόνο για όσο διάστημα εξακολουθούσε η φυσικοθεραπεία. Επιπλέον τα άτομα της πρώτης ομάδας επέδειξαν μείωση του δείκτη νοσοκομειακού άγχους και κατάθλιψης, υποδηλώνοντας βελτίωση της ποιότητας ζωής. Τα πιο πάνω αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για να πάρει έγκριση η μέθοδος FES για χρήση σε ασθενείς με βλάβες του AKN από το Βρετανικό Σύστημα Υγείας το 1997. Μετά την έγκριση χρήσης από το Βρετανικό Σύστημα Υγείας για βελτίωση της ιπποποδίας, η μέθοδος άρχισε να εφαρμόζεται

σε μεγάλους αριθμούς ασθενών με κακώσεις του ανώτερου κινητικού νευρώνα. Μία πιο πρόσφατη έρευνα του 1999, που βασίστηκε σε 111 ασθενείς με ΑΕΕ και μέτρησε τις ίδιες παραμέτρους με την αρχική έρευνα 18 εβδομάδες μετά τη χρήση της μεθόδου FES, επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα της αρχικής έρευνας του 1997, και επιπλέον έδειξε μία στατιστικά σημαντική βελτίωση της βάρδισης των ασθενών ακόμη και μετά τη διακοπή χρήσης του ηλεκτροδιεγέρτη. Πιο συγκεκριμένα, οι χρήστες της συσκευής περπατούσαν κατά 27% γρηγορότερα όταν χρησιμοποιούσαν τη συσκευή, με αποτέλεσμα carryover 14%. Σε μία υποομάδα 27 χρηστών της συσκευής, η ταχύτητα βάρδισης τόσο με, όσο και χωρίς τη χρήση της συσκευής, βελτιώθηκε κατά τις πρώτες 18 εβδομάδες, και μετά παρέμεινε σταθερή. Το γεγονός ότι για τους χρήστες της συσκευής είχαν περάσει από το ΑΕΕ κατά μέσο όρο 5,4 ($\pm 10,7$) χρόνια, υποστηρίζει την υπόθεση ότι το αποτέλεσμα carryover που παρατηρήθηκε οφειλόταν στη χρήση της συσκευής, και όχι στη φυσική εξέλιξη της βλάβης. Το 1999 ο Taylor και συνεργάτες δημοσίευσαν τα αποτελέσματα μιας έρευνας βασισμένης σε ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν 160 ασθενείς με διαφορετικές βλάβες του ΑΚΝ, οι οποίοι είχαν χρησιμοποιήσει τη μέθοδο FES για διόρθωση της ιπποποδίας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε πως οι συνηθέστεροι λόγοι που οι ασθενείς έκαναν χρήση της μεθόδου FES ήταν ότι ελάττωνε την προσπάθεια κατά τη βάρδιση, μείωνε την πιθανότητα πτώσης, αύξανε την απόσταση βάρδισης και βελτιώνει την αυτοπεποίθησή τους. Ποσοστό 92% των χρηστών εξακολουθούσαν να χρησιμοποιούν τη συσκευή μετά από 18 εβδομάδες και 86% μετά από ένα χρόνο. Ειδικά για την υποομάδα των ασθενών με σκλήρυνση κατά πλάκας (ΣΚΠ), το ποσοστό αυτό στο τέλος του πρώτου χρόνου ανερχόταν στο 93%.

Σε μία πιο πρόσφατη έρευνα έλαβαν μέρος 54 ασθενείς με ΣΚΠ.(1) Αυτοί χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες, από τις οποίες η πρώτη έκανε μόνο χρήση FES και η δεύτερη μόνο ασκήσεις για βελτίωση βάρδισης, και οι δύο για περίοδο 18 εβδομάδων. Η έρευνα έδειξε ότι η χρήση FES όχι μόνο βοήθησε στη βελτίωση του προβλήματος της ιπποποδίας, αλλά και ο αριθμός των πτώσεων στην ομάδα αυτή ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος από εκείνον στην ομάδα των ασκήσεων. Οι πτώσεις ασθενών έχουν σαφείς επιπτώσεις τόσο στην ποιότητα ζωής τους, όσο και οικονομικές για κάθε εθνικό σύστημα υγείας. Άλλη μία πρόσφατη έρευνα (2) που εξέτασε τη χρήση FES αποκλειστικά σε ασθενείς με ΣΚΠ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η βάρδισή τους βελτιώθηκε σημαντικά, και πως η μέθοδος FES είναι αποτελεσματική σε ασθενείς με ΣΚΠ και ιπποποδία. Το 2008 ο Mann και οι συνεργάτες χρησιμοποίησαν τη μέθοδο FES σε 7 ασθενείς με νόσο Parkinson για 8 εβδομάδες του (3) με σκοπό τη βελτίωση της αρχικής επαφής της πτέρνας με το έδαφος στη φάση στήριξης, καθώς

επίσης και την παροχή ενός αισθητικού ερεθίσματος κατά τη φάση αιώρησης. Παρά τους περιορισμούς της μελέτης λόγω του μικρού αριθμού ασθενών και της έλλειψης ομάδας ελέγχου, τα αποτελέσματα έδειξαν άμεση βελτίωση στην απόσταση βάδισης, το μέσο μήκος βήματος, τη συχνότητα των πτώσεων και των επεισοδίων «παγώματος» («freezing»). Οι ασθενείς επέδειξαν βελτίωση στις περισσότερες παραμέτρους βάδισης ακόμη και όταν δεν έκαναν χρήση του ηλεκτροδιεγέρτη κατά τη διάρκεια των 8 πρώτων εβδομάδων, καθώς επίσης και για τις επόμενες 4 εβδομάδες που είχαν σταματήσει να κάνουν εφαρμογή FES. Το 2007 οι Folley, Teasell και Bhogal (4) έκαναν μία εκτεταμένη ανασκόπηση που είχε ως σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για την τεκμηρίωση πίσω από μία πληθώρα μεθόδων για την αποκατάσταση της κινητικότητας του κάτω άκρου μετά από ΑΕΕ. Στα πλαίσια της ανασκόπησης εξέτασαν τα αποτελέσματα από 20 δημοσιευμένες έρευνες σχετικά με τη χρήση FES και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν ισχυρές (επιπέδου '1a') αποδείξεις πως η μέθοδος FES σε συνδυασμό με την επανεκπαίδευση βάδισης προκαλεί βελτίωση της βάδισης του ημιπληγικού ασθενούς. Το 2009 το Βρετανικό Ινστιτούτο Κλινικής Αριστείας («National Institute of Clinical Excellence» - NICE) μετά από διετή διαβούλευση με συλλόγους ιατρών, φυσικοθεραπευτών και βιοφυσικών δημοσίευσε Οδηγία στην οποία αναφέρεται ότι «Οι υπάρχουσες αποδείξεις σχετικά με την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα (σε σχέση με τη βελτίωση της βάδισης) του Λειτουργικού Ηλεκτρικού Ερεθισμού (FES) στην ιπποποδία λόγω κεντρικής νευρικής αιτιολογίας φαίνονται να υποστηρίζουν επαρκώς τη χρήση αυτής της μεθόδου, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν οι συνήθεις ρυθμίσεις κλινικής διακυβέρνησης, συγκατάθεσης και ελέγχου».(5)

Συμπερασματικά λοιπόν φαίνεται πως η αποκατάσταση του ασθενούς με νευρολογική βλάβη του ανώτερου κινητικού νευρώνα είναι ένας τομέας ιδιαίτερα απαιτητικός. Η έρευνα στην νευροεπιστήμη αποκατάστασης (restorative neuroscience) έχει κάνει τεράστια άλματα την τελευταία δεκαετία, κάτι που φυσικά έχει επιπτώσεις και στη φιλοσοφία προσέγγισης του φυσικοθεραπευτή. Ταυτόχρονα, τα άλματα αυτά ακολουθούνται στενά από τις εξελίξεις στην τεχνολογία της αποκατάστασης. Η χρήση της μεθόδου FES στη βάδιση ασθενών με ιπποποδία μετά από βλάβες του ανώτερου κινητικού νευρώνα έχει πλέον τεκμηριωθεί εκτεταμένα. Η πλειοψηφία των περιπτώσεων αφορά ασθενείς μετά από ΑΕΕ, με δεύτερη σε συχνότητα ομάδα τους ασθενείς με ΣΚΠ. Ακολουθούν σε μικρότερους αριθμούς οι ασθενείς με ατελείς βλάβες ΝΜ, κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, εγκεφαλική παράλυση, νόσο Parkinson, οικογενή σπαστική παραπάρεση, κ.ά.

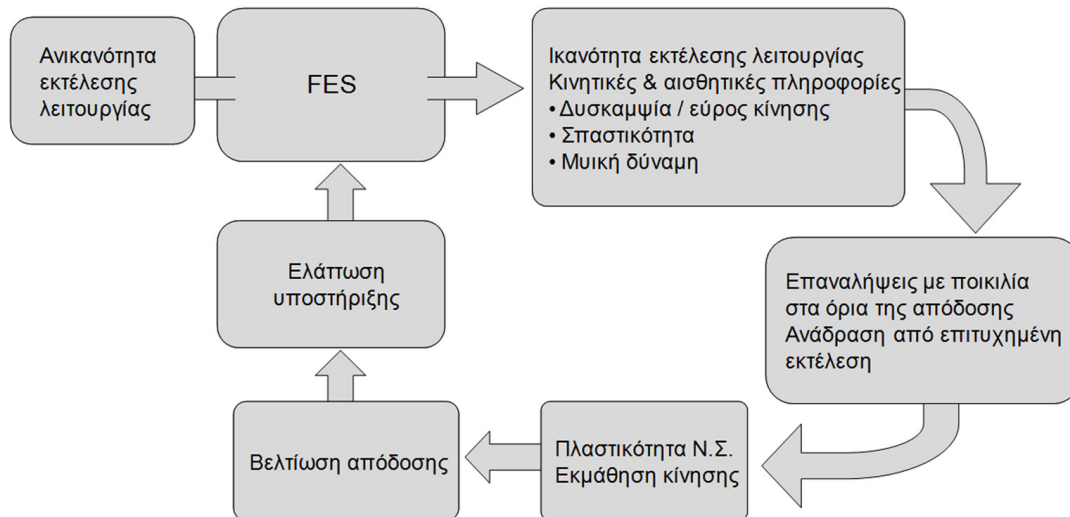
Τα αποτελέσματα της μεθόδου FES στη βάδιση των πιο πάνω ασθενών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει εκείνα που έχουν άμεση σχέση με τη διόρθωση της ιπποποδίας λόγω της μυϊκής σύσπασης, κάτι που ονομάζεται στη διεθνή βιβλιογραφία και ορθωτικό αποτέλεσμα. Αυτά τα αποτελέσματα σχετίζονται με άμεση βελτίωση στις παραμέτρους βάδισης, την κατανάλωση ενέργειας, τη συχνότητα των πτώσεων και κατ'επέκταση στην αυτοπεποίθηση και ανεξαρτησία των ασθενών που ίσως επηρεάζει και την ποιότητα ζωής τους. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει το θεραπευτικό αποτέλεσμα, που συνδέεται και με το αποτέλεσμα carryover, το οποίο έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες. Σε γενικές γραμμές παρατηρείται συχνότερα σε βλάβες όπως το ΑΕΕ και λιγότερο συχνά στη ΣΚΠ. Το θεραπευτικό αποτέλεσμα του FES σε σχέση με τη φυσιολογία του νευρικού συστήματος, όπως και άλλων μεθόδων αποκατάστασης για βλάβες του ΑΚΝ, είναι αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης από διάφορες ομάδες νευροεπιστημόνων. Η ανάλυση των ευρημάτων τους ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της ανασκόπησης.

Περίληπτικά, σύμφωνα με τον Taylor, ο ημιπληγικός ασθενής που βαδίζει με χρήση του FES αποκτά ένα πιο φυσιολογικό πρότυπο βάδισης. Η επανειλημμένη χρήση του FES μπορεί να οδηγήσει σε εκμάθηση του νέου προτύπου κεντρικά, μέσω ενίσχυσης νέων συναπτικών οδών κατά τον Hebb. Κατά την πάροδο του χρόνου το νέο πρότυπο γίνεται «κανονικό», με αποτέλεσμα η εντολή για βάδιση από το φλοιό του εγκεφάλου να ενεργοποιεί το νέο, αντί του παλιού «ημιπληγικού» προτύπου βάδισης, λόγω της ενίσχυσης των αντίστοιχων συνάψεων.

Στο Σχήμα 1 περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο πιστεύεται πως δρα η μέθοδος FES σε σχέση με την επανεκπαίδευση της βάδισης (και άλλων κινητικών προτύπων). Η φυσικοθεραπεία σε παγκόσμιο επίπεδο οδηγείται πλέον με βάση την επαρκή τεκμηρίωση. Πολλές απόψεις που ήταν παλιότερα κοινώς αποδεκτές καταρρίπτονται και αντικαθίστανται από νεότερες. Για παράδειγμα, γνωστές μέθοδοι νευρολογικής αποκατάστασης που δεν έχουν παρουσιάσει αρκετές αποδείξεις σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους αμφισβητούνται πλέον ανοικτά. Σε αντίθεση με παλαιότερες αντιλήψεις, υπάρχουν ισχυρές αποδείξεις (επιπέδου '1a') ότι οι ασκήσεις ενδυνάμωσης βελτιώνουν τη βάδιση του ημιπληγικού, τουλάχιστον σε ότι αφορά τη διανυόμενη απόσταση, και μέτριου βαθμού αποδείξεις (επιπέδου '1b') ότι οι βελτιώνουν τις δραστηριότητες καθημερινής ζωής (activities of daily living).¹⁶

Απόψεις όπως ότι η ηλεκτροδιέγερση αντενδείκνυται σε βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος έχουν καταρριφθεί.⁽⁶⁾ Σε ένα τέτοιο περιβάλλον ο φυσικοθεραπευτής έχει όχι

την υποχρέωση, αλλά την ευκαιρία να παραμένει ενήμερος και να εξοπλίζεται με νέες γνώσεις και νέες τεχνικές, προκειμένου να βελτιώνει τα αποτελέσματα της θεραπευτικής του αντιμετώπισης.



Σχήμα 1. Σχηματική αναπαράσταση της πιθανής επίδρασης του FES στην απόδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΡΕΥΝΕΣ / ΜΕΛΕΤΕΣ

Παρακάτω θα ακολουθήσουν κάποιες μελέτες που επιλέχθηκαν, ύστερα από μεγάλη ανασκόπηση, ώστε να επιβεβαιώσουν την εγκυρότητα της συγκεκριμένης εργασίας κυρίως με την χρήση της ιστοσελίδας: ‘<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>’. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω λέξεις κλειδιά, όπως: fes rehabilitation lower limp, fes or afo, fes-dropfoot, fes-parkinson, fes- multiple sclerosis, fes- stroke episode. Η επιλογή και η παρουσίαση των παρακάτω ερευνών δεν έγινε τυχαία, διότι αντιπροσωπεύουν σε μεγάλο βαθμό το θέμα της συγκεκριμένης εργασίας.

Ειδικότερα η χρήση του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού εκτός από το συνηθέστερο πρόβλημα που «καλείται» να αντιμετωπίσει και ονομάζεται πτώση άκρου ποδός, συμβάλλει σημαντικά στην βελτίωση κι άλλων κινητικών προβλημάτων που προκαλούνται είτε από ΑΕΕ, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, είτε και από επερχόμενο ή ήδη υπάρχων Πάρκινσον. Πιο συγκεκριμένα, με σκοπό να επαληθευθεί η εγκυρότητα της παραπάνω άποψης, αξίζει να σημειωθούν κάποιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με αυτές τις παθήσεις.

- Σκοπός της παρακάτω έρευνας, της οποίας εισηγήθηκαν οι Pereira S, Mehta S, McIntyre A, Lobo L, Teasell RW (2012), ήταν να αποδειχθεί αν και κατά πόσο υπάρχει αποτελεσματικότητα της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης (FES) στη βελτίωση των κάτω άκρων σε χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο. Οι 231 συμμετέχοντες έπρεπε να πληρούν κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις για να μπορούν να λάβουν μέρος στην έρευνα. Το προφανές, δηλαδή να έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο, ο μέσος χρόνος από την εμφάνιση του εγκεφαλικού επεισοδίου να ήταν >6 μήνες, να εφαρμοστεί η FES τόσο στους ασθενείς όσο και σε μία ομάδα ελέγχου, καθώς και να δοκιμαστεί και στη δοκιμασία βάρδισης των 6 λεπτών. Η συγκεντρωτική ανάλυση ανέδειξε μια μικρή αλλά αρκετά σημαντική θεραπεία της επίδρασης FES για την δοκιμασία βάρδισης 6 λεπτών (6MWT). Κλείνοντας, μπορεί η FES μπορεί να είναι μια αποτελεσματική παρέμβαση στην χρόνια φάση ενός εγκεφαλικού επεισοδίου, ωστόσο, η θεραπευτική της αξία για τη βελτίωση των κάτω άκρων καθώς η λειτουργία και η ανωτερότητα της σε σχέση με άλλες προσεγγίσεις αποκατάστασης της βάρδισης παραμένει ασαφής.(A)

- Μία επιπλέον έρευνα που σχετίζεται με την χρήση του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού σε σχέση με το ΑΑΕ, αναφέρει το πόσο συμβάλλει στην θεραπεία η χρήση ενός διαδρόμου κατάρτισης (TT). Ο σκοπός δηλαδή αυτής της μελέτης ήταν να διερευνηθούν οι επιδράσεις του διαδρόμου κατάρτισης (TT) με την λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) να εφαρμόζεται στο μέσο γλουτιαίο (GM) και τον πρόσθιο κνημιαίο (TA) μύες που είναι σημαντικοί για την βάρδιση και την ισορροπία των επιδόσεων σε άτομα με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο. Πιο συγκεκριμένα τριάντα-έξι συμμετέχοντες με χρόνια ημιπάρεση στρατολογήθηκαν σε αυτήν την μελέτη και κατανεμήθηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες: διάδρομος κατάρτισης (TT) με FES εφαρμόζονται στους μύς GM και TA (ομάδα TTFES-GM + TA, 12 ασθενείς) TT με FES εφαρμόζεται στο μυ TA (ομάδα TTFES-TA, 12 ασθενείς) και TT μόνο (ομάδα ελέγχου, 12 ασθενείς). Όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε 20 συνεδρίες του διαδρόμου κατάρτισης (TT) με ένα λουρί (30 λεπτά, πέντε φορές την εβδομάδα, για 4 εβδομάδες). Συμμετείχαν, επίσης, σε τακτική σωματική θεραπεία για 1 ώρα πέντε φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Όλοι οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν πριν και μετά την προπόνηση με τη χρήση ψηφιακού ελέγχου των μυών, το Συμβούλιο Ιατρικής Έρευνας (MRC) κλίμακας, τη δοκιμή 6-λεπτά με τα πόδια (6MWT), καθώς και με χωροχρονικές παραμέτρους. Μετά την εκπαίδευση, η ομάδα TT FES-GM + TA έδειξαν σημαντική βελτίωση στην αντοχή απαγωγέων ισχίου, πραγματοποιώντας ικανοποιητικό σκορ στην Κλίμακα Berg Balance, 6MWT αποτέλεσμα, βελτιωμένη ταχύτητα βάρδισης, και ρυθμό σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου και ομάδα TT FES-TA. Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι ο διάδρομος κατάρτισης TT με χρήση FES που εφαρμόζονται στους μύς GM και TA αποφέρει αυξημένη μυϊκή δύναμη των κάτω άκρων όπως επίσης και βελτιωμένη ισορροπία και τέλος βελτιωμένες ικανότητες βάρδισης. Ως εκ τούτου, ο TT με FES που εφαρμόζεται στην GM και TA θα μπορούσε να είναι μια ευεργετική παρέμβαση σε κλινικές ρυθμίσεις για τα άτομα με χρόνια ημιπάρεση στο εγκεφαλικό επεισόδιο.(B)

- Στην παρακάτω μελέτη των Popa L, Alexa D, Rotar A, Popescu CD (2012 Apr-Jun) συμμετείχαν 26 ασθενείς με Πάρκινσον και 15 υγιείς εθελοντές. Οι δύο ομάδες των ασθενών εξετάστηκαν κλινικά σε δύο διαφορετικά χρονικά σημεία: πριν και μετά από δέκα συνεχόμενες ημέρες από FES άσκηση για 30 λεπτών / ημέρα που αφορούσε την αποκατάσταση των κάτω άκρων. Λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) είναι μια

συμπληρωματική θεραπεία που μπορούν να βελτιώσουν τις κινητικές αναπηρίες (δηλ βραδυκινησία, υποκινησία και το μπλοκ του σώματος / «πάγωμα»). Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση, από τις κλινικές κλίμακες και τις δοκιμές, την επίδραση της FES στα κινητικά συμπτώματα σε ασθενείς με Πάρκινσον και να καθοριστούν οι διαφορές σε σχέση με τα υγιή άτομα που έλαβαν χώρα στην έρευνα με σκοπό της υλοποίησης της. Το αποτέλεσμα ήταν πως όλες οι κλινικές δοκιμές έδειξαν διμερώς βελτιώσεις και στις δύο ομάδες, κυρίως στην ομάδα ασθενών με PD, ακόμη και αν η εφαρμογή FES ήταν μονομερώς. Επομένως, η χρήση FES λαμβάνοντας υπόψη και την παραπάνω μελέτη αποδεικνύει πως αποφέρει σημαντικά αποτελέσματα βελτιώνοντας τις όποιες κινητικές δυσλειτουργίες υπάρχουν.(Γ)

- Σύμφωνα με το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Υγείας, σκοπός αυτής της μελέτης ,που διεξήχθη στις 25 Αυγούστου 2014, ήταν η διερεύνηση της θεραπευτικής επίδρασης της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης για τη βελτίωση της μυϊκής δραστηριότητας του μαστού και του κνημιαίου μυελού (TA) σε άτομα με εγκεφαλικό επεισόδιο ή εγκεφαλική βλάβη που είχαν εγγραφεί σε πρόγραμμα αποκατάστασης εσωτερικών ασθενών. Είκοσι έξι άτομα, 2-33 ημέρες μετά τον τραυματισμό, ανατέθηκαν τυχαία σε πειραματική ομάδα ή ομάδα ελέγχου. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων κατά την ολοκλήρωση της μελέτης, καθώς και οι δύο ομάδες πέτυχαν παρόμοιες βελτιώσεις στην ταχύτητα βηματισμού, την δραστηριότητα των TA μυών και τις βαθμολογίες κινητικότητας FIM™.

Επιπλέον σκοπός της τρέχουσας έρευνας είναι να προσδιοριστεί εάν υπάρχει θεραπευτική επίδραση στην ταχύτητα βηματισμού, στην βαθμολογία της μετακίνησης FIM™ ή στην μυϊκή δραστηριότητα TA μετά την εφαρμογή της περιτονικής FES κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος αποκατάστασης εσωτερικών ασθενών για άτομα με ημιπληγία και προκύπτουσα πτώση ποδιών. Υποθέτουμε ότι τα άτομα που λαμβάνουν FES και την ομάδα ελέγχου θα παρουσιάσουν αμφοτέρως βελτιώσεις στο βάδισμα και τη μυϊκή δραστηριότητα. ωστόσο αναμένουμε μεγαλύτερες βελτιώσεις για την ομάδα που λαμβάνει FES.

Λέξεις-κλειδιά: εγκεφαλικό επεισόδιο, πτώση ποδιών, λειτουργική ηλεκτρική διέγερση

Συμμετέχοντες

Τριάντα δύο άτομα προσλήφθηκαν για τη μελέτη. Οι συμμετέχοντες ήταν 2 έως 33 ημέρες μετά το πρώτο εγκεφαλικό επεισόδιο ή εγκεφαλικός τραυματισμός με αποτέλεσμα πτώση ποδιών και συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα αποκατάστασης εσωτερικών ασθενών. Μόνο άτομα με μη προοδευτικές μορφές εγκεφαλικού τραύματος όπως τραυματική εγκεφαλική βλάβη (n = 3), χειρουργική αφαίρεση ανευρύσματος (n = 1) ή εγκεφαλικό επεισόδιο (n = 28) συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη. Οι συμμετέχοντες συμπεριελήφθησαν αν ήταν ηλικίας ≥ 18 ετών, ήταν σε θέση να περπατήσουν 10 μέτρα με μέτρια ή λιγότερη βοήθεια, όπως καθορίστηκαν από τους συμμετέχοντες που θεραπεύουν φυσιοθεραπευτή με οδηγίες FIM™ και είχαν παθητική ακτινοβολία αστραγάλου σε 0° ή μεγαλύτερη. Οι συμμετέχοντες αποκλείονταν εάν είχαν λάβει άλλες μορφές ηλεκτρικής διέγερσης στο κάτω άκρο, είχαν αντενδείξεις για ηλεκτρική διέγερση ή οποιαδήποτε προηγούμενη κατάσταση που περιορίσει την ικανότητα να περπατούν.

Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων		
Ομάδα	Πειραματική ομάδα (FES)	Ομάδα ελέγχου (Αισθητήρια)
Πλευρά ημιπληγίας (δεξιά/αριστερά)	6: 7	7: 6
Μέρες από τον τραυματισμό, μέση τιμή (SD)	15.5 (8.2)	12.9 (5.9)
Μέρες από τον τραυματισμό, σειρά	2 - 33	6 - 29
Τύπος τραυματισμού (CVA: ΒΙ)	11: 2	11: 2
Σεξ (αρσενικό: θηλυκό)	10: 3	6: 7
Ηλικία (έτη); μέση τιμή (SD)	54.8 (13.4)	47.8 (18.6)
Ηλικία (έτη); σειρά	20 - 71	22 - 71
Αριθμός συνεδριών, μέση τιμή (SD)	3.9 (1.0)	4.5 (1.2)
Ημέρες που εγγράφηκαν στη μελέτη, μέση τιμή (SD)	10.4 (3.4)	11.4 (3.9)

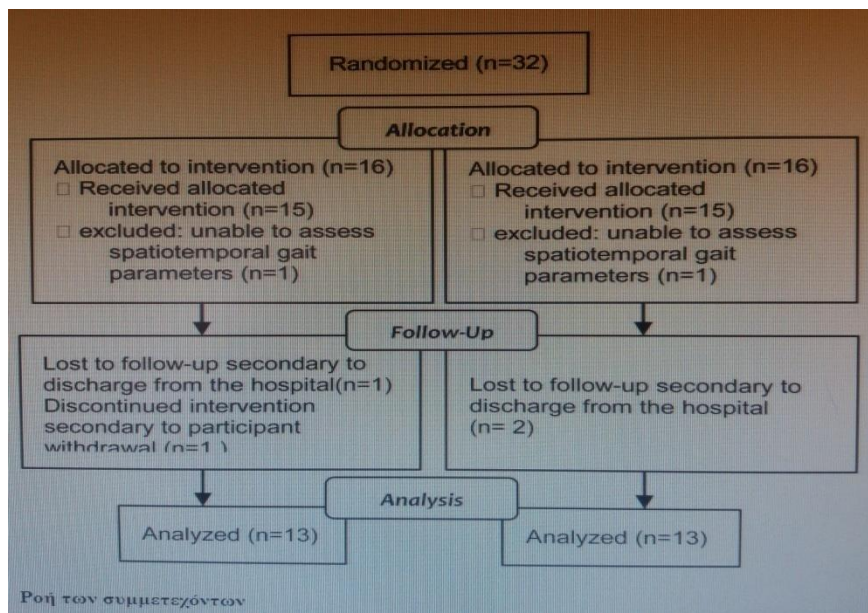
Συντομογραφίες: ΒΙ, εγκεφαλική βλάβη, CVA, εγκεφαλικό αγγειακό ατύχημα, FES, λειτουργική ομάδα ηλεκτρικής διέγερσης, SD, τυπική απόκλιση

Πίνακας 1.

Χαρακτηριστικά των αντικειμένων αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα.

Αποτελέσματα

Από τα 32 άτομα που συμμετείχαν, 13 συμμετείχαν στην πειραματική ομάδα και 13 στην ομάδα ελέγχου. Τρεις συμμετέχοντες σε πειραματικές ομάδες και 3 συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου δεν ολοκλήρωσαν τη μελέτη και τα δεδομένα τους αποκλείστηκαν. Ένα θέμα αποσύρθηκε από τη μελέτη για να λάβει ηλεκτρική διέγερση κατά την ποδηλασία. Κατά τη διάρκεια της αρχικής συλλογής δεδομένων, οι στάσεις των δύο υποκειμένων και η ταλάντευση των ποδιών δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν με τη χρήση του συστήματος GAITRite και οι δύο εξαιρέθηκαν από τη μελέτη. Τρία θέματα απέτυχαν να ολοκληρώσουν τη μελέτη διότι απολύθηκαν νωρίς από την εγκατάσταση αποκατάστασης.



Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Κατά τη σύγκριση της μεταβολής της ταχύτητας βηματισμού μεταξύ των πειραματικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου δεν υπήρξε σημαντική διαφορά. Η μεταβολή στις βαθμολογίες κινητικότητας FIM™ επίσης δεν ήταν στατιστικά διαφορετική κατά τη σύγκριση των πειραματικών και των ομάδων ελέγχου. Επιπροσθέτως, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά όταν συγκρίθηκε η μεταβολή της δραστηριότητας ΗΜΓ του ΤΑ μυών κατά τη διάρκεια της φάσης ταλάντωσης του βάδισης, ούτε στη φάση φόρτωσης του βάδισης.

Πίνακας 2

Η μέση τιμή (SD) των ομάδων, η μέση (SD) διαφορά εντός των ομάδων και η μέση (95% CI) διαφορά μεταξύ των ομάδων.

Αποτέλεσμα	Ομάδες				Διαφορά εντός ομάδων		Διαφορά μεταξύ ομάδων Exp minus Con (95% CI)
	Προέλεγχος		Δημοσίευση δοκιμής		Δοκιμή μετά τη δοκιμή μείον Pre		
	Exp (n = 13)	Con (n = 13)	Exp (n = 13)	Con (n = 13)	Exp	Ενάντιος	
Ταχύτητα πεζοπορίας (m / s)	0,15 (0,09)	0,20 (0,14)	0,28* (0,21)	0,31* (0,21)	0,13 (0,13)	0,11 (0,11)	0,02 (-0,11 έως 0,09)
Δραστηριότητα EMG TA σε ταλάντευση (ομαλοποιημένη σε μέσο όρο)	57,3 (31,7)	53,1 (20,1)	77,5* (23)	70,3* (33,5)	20,2 (24,9)	17,2 (31,2)	3 (-25,9 έως 19,8)
Δραστηριότητα EMG TA κατά τη φόρτωση (κανονικοποιημένη)	31,6 (24,6)	35,9 (19)	28,7 (8,9)	37,2 (21,6)	-2,8 (25,5)	1,3 (29,5)	-4,1 (-18,2 έως 26,4)
Μετακίνηση FIM (1 έως 7)	1,5 (0,9)	1,9 (1,3)	3,7* (0,6)	4,0* (1,5)	2,2 (0,9)	2,1 (1,2)	0,1

Exp = πειραματική ομάδα, Con = ομάδα ελέγχου.

* Υποδεικνύει σημαντική αλλαγή για τις συγκρίσεις των ομάδων από τις προ-δοκιμές μέχρι τις μετα-δοκιμές (p < 0,0167)

Πίνακας 2.

Όπως αναμενόταν, και οι δύο ομάδες εμφάνισαν βελτιώσεις από την προ-δοκιμή έως τη μετά-δοκιμή (Πίνακας 2). Οι συγκρίσεις εντός ομάδων κατέδειξαν αυξημένη ταχύτητα βηματισμού, αυξημένες βαθμολογίες κινητικότητας FIM™ και αυξημένη δραστηριότητα EMG κατά τη διάρκεια της φάσης ταλάντευσης βάδισης και για τις δύο ομάδες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αυτό το οποίο μελετήθηκε, κυρίως, σε αυτήν την εργασία είναι το κατά πόσο και αν η χρήση του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού είχε σημαντική επίδραση στην αποκατάσταση των κάτω άκρων.

Λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός είναι οποιαδήποτε διέγερση ρεύματος, η οποία γίνεται με σκοπό την πρόκληση λειτουργικής κίνησης.

Η εφαρμογή του FES παρέχει βοήθεια για την αντιμετώπιση αρκετών δυσλειτουργιών της κίνησης που εμφανίζονται στα κάτω άκρα.

Το ζήτημα που απασχολεί το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας, όπως προέκυψε από την παρατήρηση των άρθρων, είναι η αντιμετώπιση της πτώσεως άκρου ποδός, ή dropfoot. Είναι σημαντικό ο ασθενής να διατηρεί και να βελτιώνει την λειτουργικότητα της βάδισης και το πιο σημαντικό αίτιο για την μείωση αυτής είναι το dropfoot. Αναφέρεται ως το πιο σημαντικό έλλειμμα όσον αφορά την βάδιση. Φαίνεται να αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή FES καθώς και με την κατάλληλη διέγερση των εκτεινόντων μυών της ποδοκνημικής είτε του κοινού περνιαίου νεύρου.

Από τις έρευνες, με τη χρήση FES σε dropfoot, έχει επιτευχθεί:

- Βελτίωση αντιληπτικής ικανότητας βάδισης
- Ελάττωση της ταχύτητας με την οποία μειώνεται η λειτουργικότητα της βάδισης
- Βοήθεια στην φαρμακολογική επέμβαση
- Βελτίωση γενικότερα της ποιότητας ζωής

Η χρήση λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού συγκρίθηκε και με την χρήση AFO, με τους ερευνητές να καταλήγουν στην υπεροχή του FES λόγω της προώθησης ενός πιο φυσιολογικού προτύπου βάδισης.

Η εφαρμογή ηλεκτρικού ερεθισμού μειώνει την αντίληψη των ασθενών για κόπωση. Είναι καταλληλότερη η εφαρμογή της fes, συγκριτικά με τις ασκήσεις αντίστασης, αφού δεν απαιτεί τόσο ενεργό συμμετοχή από το άτομο. Όπως είναι και γνωστό οι ασθενείς προτιμούν τις «παθητικές» τεχνικές, λόγω της κόπωσης που επέρχεται από την άσκηση.

Υπάρχει πιθανότητα να γίνεται ομαλοποίηση του μυϊκού τόνου με τον ηλεκτρικό ερεθισμό, μετά από κάθε συνεδρία. Ωστόσο, τα δεδομένα που υπάρχουν δεν είναι αρκετά για να βγει κάποιο συμπέρασμα. Στο pubmed υπάρχει μία έρευνα μόνο, η οποία είναι case study. Οι Correia de sa J. C., et al. (2011) χρησιμοποίησαν την παραπάνω μελέτη σαν απόδειξη ότι το FES βοηθάει στην σπαστικότητα σε άτομα με δυσλειτουργία κίνησης κάτω άκρων.

Από την παραπάνω ανασκόπηση γίνεται φανερό, πως το FES μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα ακόμα και στην βελτίωση της κατάθλιψης των ασθενών εξαιτίας της κατάστασης στην οποία βρίσκονται.

Θεωρήθηκε λογικό να μην υπάρχουν έρευνες για τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να δράσει το FES για την βοήθεια του ατόμου σε προσβολή του οπτικού νεύρου.

Ένα ερώτημα, που απασχολούσε γενικά τους ερευνητές σε πολλές από τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν, είναι και το κατά πόσο το κόστος για την χρήση FES συμφέρει τον θεραπευτή. Πράγμα που μπορεί να είναι ανασταλτικός παράγοντας για την χρήση του σε κάποιες περιπτώσεις.

Επομένως ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός είναι μία τεχνική, η οποία έχει αρχίσει πρόσφατα να έχει πιο ευρεία χρήση στην αποκατάσταση τόσο των άνω όσο και των κάτω άκρων. Είναι βέβαιο πως χρειάζεται περεταίρω έρευνα για τις εφαρμογές και τις επιδράσεις του. Έχουν ήδη ερευνηθεί αρκετοί τρόποι θεραπείας κυρίως για την διέγερση/ερεθισμό των κάτω άκρων, ωστόσο, υπάρχουν πολλά ακόμα που «περιμένουν».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Watson T. 2011. Ηλεκτροθεραπεία τεκμηριωμένη πρακτική. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Παράς Γ. Εκδόσεις Πασχαλίδης Π. Χ.

Μπάκας Ε. Η., 2012. Αποκατάσταση ασθενή με βλάβη ή κάκωση νωτιαίου μυελού τόμος ΙΙ. Ιατρικές εκδόσεις: Κωνσταντάρας

Robertson V., Ward A., Low J., Reed A. 2011. Ηλεκτροθεραπεία βασικές αρχές και πρακτική εφαρμογή, τέταρτη έκδοση. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Κατσουλάκης Κ. Δ. Επιστημονικές εκδόσεις: Παρισιάνου Α.Ε.

Netter F. H. 2009. Παθολογία βασικές αρχές. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Βενετικού Μ., Γιωτάκη Ε., Διαμαντή-Κανδαράκη Ε., Ελευσινιώτης Ι., Καζάκος Κ., Κίτρου Μ., Πεκτασίδης Δ., Ρούσσοι Χ., Στεφανάδης Χ., Σφηκάκης Π., Χατζηχρήστου Ε. Ιατρικές εκδόσεις: Πασχαλίδης Π.Χ.

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

Effect of peroneal electrical stimulation versus an ankle-foot orthosis on obstacle avoidance ability in people with stroke-related foot drop.

van Swigchem R, van Duijnhoven HJ, den Boer J, Geurts AC, Weerdesteyn V.

Phys Ther. 2012 Mar;92(3):398-406. doi: 10.2522/ptj.20100405. Epub 2011 Dec 1.(2.3)

Hausmann J, Sweeney-Reed CM, Sobieray U, Matzke M, Heinze HJ, Voges J, Buentjen L. J Neuroeng Rehabil . 2015 Nov 14;12: 100. doi: 10.1186 / s12984-015-0096-3. Functional electrical stimulation through direct 4-channel nerve stimulation to improve gait in multiple sclerosis: a feasibility study.(2.4)

Mann G, Jolley C, Taylor P. (2005) An investigation into the effect of functional electrical stimulation on mobility and quality of life in patients with multiple sclerosis. In Proceedings of 10th annual conference of the International FES Society.(1)

Paul L, Rafferty D, Young S, Miller L, Mattison P, McFadyen A. (2008) The effect of functional electrical stimulation on the physiological cost of gait in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, 14: 954-961.(2)

Mann G, Finn S, Taylor P. (2008) A pilot study to investigate the feasibility of electrical stimulation to assist gait in Parkinson's disease. *Neuromodulation*, 11: 143-149.(3)

Folley N, Teasell R, Bhogal S. (2007) Evidence-based review of stroke rehabilitation: Mobility and the lower extremity. Departments of Physical Medicine and Rehabilitation, St. Joseph Health Care, Parkwood Hospital, London, and Epidemiology and Biostatistics, University of Western Ontario, Canada.(4)

(2009) IPG 278 Functional electrical stimulation for drop foot of central neurological origin: guidance. London, UK: NHS - National Institute for Health and Clinical Excellence, Report No.: ISBN 1-84629-846-6.(5)

Θεοδωρόπουλος Δ, Γιόκαρης Π. (2009) Η επίδραση του ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού στην ελάττωση της σπαστικότητας των καμπτήρων μυών του καρπού και των δακτύλων σε ημιπληγικούς ασθενείς.(6)

Functional electrical stimulation for improving gait in persons with chronic stroke. Bibliographic details: Pereira S, Mehta S, McIntyre A, Lobo L, Teasell RW. Functional electrical stimulation for improving gait in persons with chronic stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2012; 19(6): 491-498. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed Review published: 2012.(A)

Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis. 2015 Jun;42(1):73-8. doi: 10.1016/j.gaitpost. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed 2015.04.009. Epub 2015 Apr 25.(B)

[Functional electrical stimulation effect on the motor performances in Parkinsonian patients].
Popa L¹, Alexa D, Rotar A, Popescu CD. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi. 2012 Apr-Jun;116(2):436-41. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23077933(Γ)

(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27563700> J Rehabil Med. 2016 Oct 5;48(8):646-656. doi: 10.2340/16501977-2136. Functional electrical stimulation versus ankle foot orthoses for foot-drop: A meta-analysis of orthotic effects).[2.3 AFO ή FES].

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4341891/>Published online 2014 Aug 25. doi: 10.2466/15.25.PMS.119c19z5