



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εφαρμογές και αποτελεσματικότητα του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού στην Σκλήρυνση Κατά Πλάκας



Φοιτήτρια:

Τσακάλια Αναστασία Α.Μ:2567

Εποπτεύων Καθηγητής : κος Κωνσταντίνος Κουτσογιάννης

ΑΙΓΙΟ - 2021

**APPLICATIONS AND EFFICIENCY OF FUNCTIONAL
ELECTRICAL STIMULATION ON MULTIPLE SCLEROSIS.**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Κο. Κουτσογιάννη για την καθοδήγησή του, τις συμβουλές του, και για την άψογη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης, την αδερφή μου για την αμέριστη υποστήριξή της, ώστε να μπορέσω να διεκπεραιώσω αποτελεσματικά, σε αυτά τα τέσσερα έτη της φοίτησής μου στη σχολή, τις ταυτόχρονες απαιτήσεις και υποχρεώσεις των σπουδών και της εργασίας.

Ακόμα, τους καθηγητές της σχολής για την μεταλαμπάδευση των γνώσεων τους και τους φίλους μου για την βοήθεια και εμπύχωσή τους καθ' όλη την πορεία των σπουδών μου.

Πρόλογος

Η φυσικοθεραπεία είναι επιστήμη που αξιολογεί, υποστηρίζει και ενεργεί με σκοπό την αποκατάσταση της φυσικής λειτουργίας της υγείας και την ταχεία επιστροφή στη φυσιολογική δραστηριότητα χωρίς επιπλοκές. Χρησιμοποιεί τεχνικές σχετικές με την κίνηση, τις ιδιότητες φυσικών μέσων, συνδυάζει πρωτόκολλα θεραπείας με διάφορα μηχανικά μέσα και βασίζεται σε επιστημονικά δεδομένα που ανανεώνονται μέσω ερευνών με την πάροδο των χρόνων.

Ο ηλεκτρισμός, με την ικανότητα που έχει να επιδρά σε μύες και νεύρα, χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από τους φυσικοθεραπευτές και συμβάλλει στη διαδικασία αποκατάστασης και θεραπείας των μυοσκελετικών, νευρολογικών και πολλών άλλων παθήσεων.

Η σκλήρυνση κατά πλάκας, ή πολλαπλή σκλήρυνση, είναι μια απομυελινωτική νόσος του κεντρικού νευρικού συστήματος που προσβάλλει εγκέφαλο και νωτιαίο μυελό. Είναι αυτοάνοσο νόσημα που προσβάλλει συνήθως νεαρές ηλικίες με τον γυναικείο πληθυσμό να εμφανίζει επιπολασμό. Η κλινική εικόνα και η πορεία της ποικίλει παρουσιάζοντας μια προοδευτικότητα.

Ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός (FES) έχει χρησιμοποιηθεί σε έρευνες για τη συμβολή του στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων που παρουσιάζονται εξαιτίας της πάθησης μελετώντας ιδίως τα κινητικά αποτελέσματα στη λειτουργικότητα των άνω και κάτω άκρων. Συμπληρωματικά, ο συνδυασμός με την εκάστοτε φαρμακευτική αγωγή και τη λειτουργική ηλεκτρική διέγερση από τους φυσικοθεραπευτές προσθέτει λύσεις για τη βελτίωση του νευρογενές εντέρου και κύστης.

Κατά καιρούς, διερευνάται το πραγματικό όφελος από την εφαρμογή του στην πολλαπλή σκλήρυνση με μελέτες που στοχεύουν στη διαλεύκανση της επίδρασής του στους μύες, στις τιμές της διέγερσης που είναι πιο αποτελεσματικές για την καλύτερευση των επιπτώσεων, ή για την αξιοπιστία των συσκευών που χρησιμοποιούνται. Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν θετικές επιδράσεις στη διαδικασία βελτίωσης της ποιότητας ζωής των ασθενών, που δίνει στον φυσικοθεραπευτή ένα χρήσιμο εργαλείο κατά τη διαδικασία της αποκατάστασης.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέρονται γενικά στοιχεία που αφορούν την πάθηση. Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά για την λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) και στο τρίτο κεφάλαιο καταγράφονται έρευνες για την επίδραση της FES σε ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση.

Περίληψη

Η Λειτουργική Ηλεκτρική Διέγερση, είναι μέσο θεραπείας που εφαρμόζεται ευρέως από τον φυσικοθεραπευτή στην καλύτερευση των επιπτώσεων που εμφανίζει η Πολλαπλή Σκλήρυνση. Υπάρχουν διάφορες συσκευές που μέσω ερευνών εξετάζεται η αποτελεσματικότητά τους στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων.

Οι μύες και τα νεύρα είναι ηλεκτροπάραγωγα στο ανθρώπινο σώμα. Όταν, για άγνωστο μέχρι στιγμής αίτιο, το ανοσοποιητικό σύστημα στρέφεται ενάντια στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα εμφανίζεται φλεγμονώδη βλάβη στο έλυτρο της μυελίνης και των νευραξόνων με τον σχηματισμό σκληρυντικών πλακών. Η παρουσία τους εξελίσσεται με ποικιλία συμπτωμάτων τόσο αισθητικών όσο και κινητικών, τα οποία δυσχεραίνουν την ποιότητα ζωής των ασθενών. Η διαδικασία αντιμετώπισής τους επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως φαρμακευτική αγωγή, στρες, περιβαλλοντικοί παράγοντες, ανοχή ασθενών και προοδευτικότητα της πάθησης. Εν ολίγοις πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν στην αντιμετώπιση τους.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, θα γίνει προσπάθεια να καταγραφούν οι εφαρμογές και η αποτελεσματικότητα του Λειτουργικού Ηλεκτρικού Ερεθισμού στην Σκλήρυνση Κατά Πλάκας. Θα σημειωθούν οι τρόποι που λειτουργεί στα συμπτώματα κατά τη διαδικασία της θεραπείας και θα αναφερθούν μελέτες που σχετίζονται με την επίδρασή του στη διαδικασία αποκατάστασης. Οι μελέτες θα έχουν ως αντικείμενο έρευνας ανθρώπους που πάσχουν από την πάθηση και θα σημειωθεί το συμπέρασμα στο οποίο θα καταλήξουν.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής, είναι να γίνει μια ανασκόπηση σε μελέτες που σχετίζονται με την επίδραση του Λειτουργικού Ηλεκτρικού Ερεθισμού στη νόσο, να αναφερθούν τα συμπεράσματα των ερευνών, να διαπιστωθεί πόσο βοηθητικός είναι ο ρόλος του στη βελτίωση των συμπτωμάτων ώστε να μπορεί ένας φυσικοθεραπευτής να εντάξει στο πρόγραμμα αποκατάστασης χωρίς αμφιβολία για τη συμβολή του και να διερευνηθεί αν οι μελέτες που έχουν γίνει είναι επαρκείς ώστε να παρέχουν αξιοπιστία για την αποτελεσματικότητά τους.

Περιεχόμενα

APPLICATIONS AND EFFICIENCY OF FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION ON MULTIPLE SCLEROSIS.	i
Ευχαριστίες	ii
Πρόλογος.....	iii
Περίληψη.....	iv
Περιεχόμενα	v
Εισαγωγή.....	vii
Συνομογραφίες.....	viii
Κατάλογος εικόνων.....	ix
Κατάλογος Πινάκων.....	ix
Κεφαλαίο 1 ^ο : ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ	1
1.1 Παθοφυσιολογία.....	1
1.2 Επιδημιολογία	2
1.3 Κλινικά ευρήματα	3
1.4 Κλίμακα EDSS	5
1.5 Τύποι Σ.Κ.Π.	5
1.6 Διάγνωση.....	6
1.6.1 Διαφορική Διάγνωση	8
1.7 Θεραπεία	9
Κεφάλαιο 2 ^ο : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ.....	13
2.1 Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων	14
2.2 Αγωγή.....	15
2.3 Διέγερση.....	15
2.4 Εφαρμογές FES	16
2.5 Οφέλη.....	17
2.6 Σημεία Προσοχής.....	17

2.7 Συσκευές	18
Κεφάλαιο 3 ^ο : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ FES ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ...	19
3.1 Αποτελεσματικότητα FES στο νευρογενές έντερο	19
3.2 Ποιότητα ζωής με τη χρήση FES	21
3.3 Βάδιση και FES	25
3.5 Όρθωση και FES	31
Συμπεράσματα.....	33
Βιβλιογραφία.....	35
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	35
ΜΕΤΑΦΡΑΣΜΕΝΑ ΒΙΒΛΙΑ.....	39
ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	39

Εισαγωγή

Η χρήση της ηλεκτροθεραπείας και συγκεκριμένα της συσκευής λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης, είναι ευρέως διαδεδομένη σαν τεχνική στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της πολλαπλής σκλήρυνσης.

Το 2018 οι Street και Singleton εκπόνησαν έρευνα στο Σόλσμπερι της Αγγλίας, σε συνεργασία με το Κέντρο αποκατάστασης West Midlands. Μελέτησαν σε δύο ομάδες ασθενείς με κνημοποδική όρθωση (AFO) ώστε να καταγράψουν την ομαλοποίηση του κύκλου βάδισης χωρίς βοηθήματα εφαρμόζοντας λειτουργικό ηλεκτρικό ερεθισμό (FES). Αποδείχτηκε επιτυχημένη διότι ο πόνος στις αρθρώσεις, η σπαστικότητα και η βάδιση ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά από 6 μήνες και μετά από 5 χρόνια με ποσοστό βελτίωσης το 42%.

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί με ασύρματες συσκευές ή μη για τη βελτίωση των προβλημάτων που προκαλούνται από την πάθηση αυτή σκοπεύοντας στην εύκολη διαχείρισή τους από τον χρήστη, όπως και σε ένα καλύτερο τρόπο ζωής.

Γενικότερα, όλες οι μελέτες που διενεργούνται κατά διαστήματα, στοχεύουν στο να καταλήξουν αν οι μέθοδοι που εφαρμόζονται κατά τη διεξαγωγή τους είναι αξιόπιστες προκειμένου να είναι αληθή τα αποτελέσματα που φανερώνονται. Προφανώς, αν και υπάρχουν θετικές ενδείξεις για την εφαρμογή του, οι επιστήμονες έχουν την ανάγκη περαιτέρω έρευνας για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Συντομογραφίες

Εγκεφαλονωτιαίο Υγρό	Ε.Ν.Υ.
Κεντρικό Νευρικό Σύστημα	Κ.Ν.Σ.
Πολλαπλή Σκλήρυνση	Π.Σ.
Σκλήρυνση Κατά Πλάκας	Σ.Κ.Π.
Περιφερικό Νευρικό Σύστημα	Π.Ν.Σ.
Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός Functional Electrical Stimulation	FES
Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα	Α.Ν.Σ.
Νάρθηκας Ποδοκνημικής Έσω Υποδήματος ή Κνημοποδική Όρθωση (Ankle Foot Orthosis)	AFO
Μέγιστη Κατανάλωση Οξυγόνου	VO₂peak

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Παθοφυσιολογία Πολλαπλής Σκλήρυνσης.....	2
Εικόνα 2: Διαγνωστικά Κριτήρια McDonald.....	8
Εικόνα 3: Φάρμακα αντιμετώπισης συμπτωμάτων της νόσου	10
Εικόνα 4: Φάρμακα αντιμετώπισης του πόνου, της σπαστικότητας, της κόπωσης και αντικαταθλιπτικά.....	11
Εικόνα 5: Νοσοτροποποιητικά φάρμακα	12
Εικόνα 6: Συστατικά «Neuroaspis»	12
Εικόνα 7: Εφαρμογές FES	16
Εικόνα 8: Συσκευή Ηλεκτρικής Λειτουργικής Διέγερσης.....	17
Εικόνα 9: Συσκευές FES με ασύρματη και ενσύρματη λειτουργία.	18

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Μελέτες για την επίδραση του FES σε νευρογενές έντερο.....	20
Πίνακας 2: Μελέτες για την επίδραση του FES στην ποιότητα ζωής.	22
Πίνακας 3: Μελέτες FES και κύκλος βάρδισης.....	27
Πίνακας 4: Κύκλος βάρδισης & FES.....	30
Πίνακας 5: Μελέτες ορθώσεων και FES.	32

Κεφαλαίο 1^ο: ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ

Η νόσος της Σκλήρυνσης Κατά Πλάκας ή Πολλαπλής Σκλήρυνσης ή Διάχυτης Εγκεφαλομυελίτιδας, χαρακτηρίζεται ως μία αυτοάνοση απομυελινωτική διαταραχή, που προσβάλλει τους νευρώνες του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος. Η ονομασία της χρόνιας αυτής πάθησης δόθηκε λόγω του σχηματισμού σκληρυντικών πλακών ή εστιών στον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό. (Saguil, 2014; Martin, 2015; Larsen, 2017)

1.1 Παθοφυσιολογία

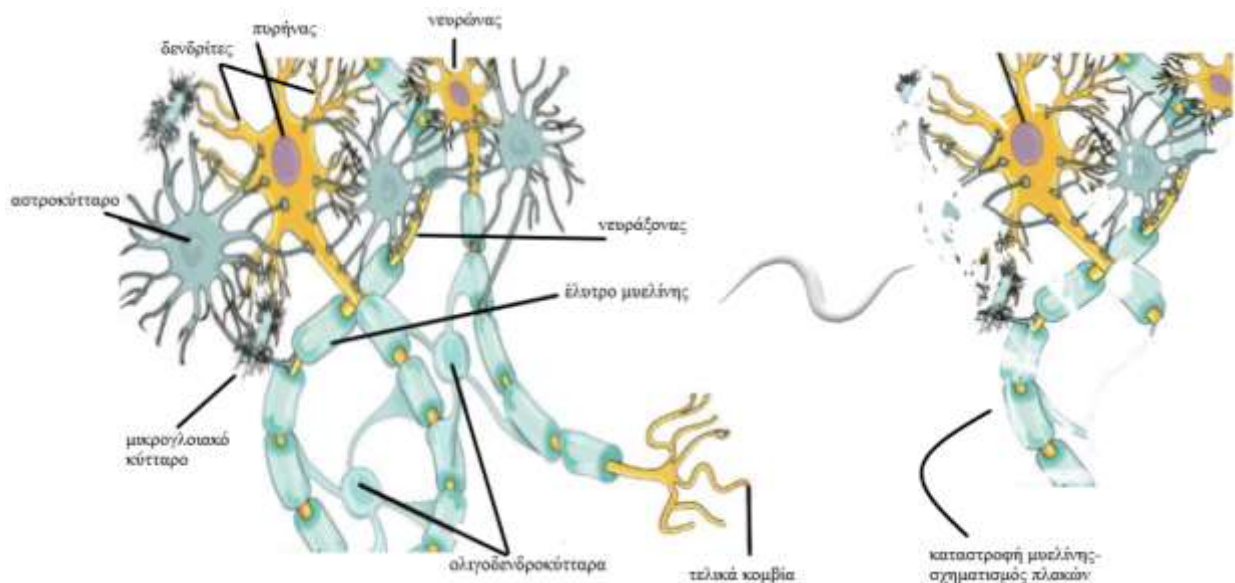
Η ακριβής αιτία της Σ.Κ.Π. δεν είναι γνωστή ωστόσο η έκθεση σε περιβαλλοντικούς παράγοντες και ιδιαίτερα σε ιούς πυροδοτεί την Π.Σ. σε νεαρά άτομα με γενετική προδιάθεση. Μερικοί ιοί όπως ο ανθρώπινος ερπητοϊός 6 (HHV-6), ο ιός της παρωτίτιδας, ο ιός Epstein-Barr και ο ανθρώπινος Τ-λεμφοτρόπος ιός 1 (HTLV-1) καθώς και τα γονίδια των ανθρώπινων λευκοκυτταρικών αντιγόνων (HLA) και παραπάνω από 50 γονίδια τα οποία σχετίζονται με το ανοσοποιητικό σύστημα παρουσιάζονται ως ενοχοποιητικοί παράγοντες. (Martin, 2015; Larsen, 2017)

Πιο συγκεκριμένα, οι απομυελινωτικές πλάκες αναπτύσσονται στην λευκή ουσία διότι η μυελίνη αποτελείται μερικώς από λιπίδια. Στην πάθηση το ανοσοποιητικό σύστημα στρέφεται εναντίον του Κ.Ν.Σ. με την επέμβαση ενεργοποιημένων Τ-λεμφοκυττάρων, Β-λεμφοκυττάρων και μακροφάγων. Τα κύτταρα αυτά αλληλεπιδρούν με μόρια προσκόλλησης στις επιφάνειες των αιμοφόρων αγγείων ώστε να διασχίσουν τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό και εν συνεχεία τα Τ και Β λεμφοκύτταρα απελευθερώνουν φλεγμονώδης αντισώματα και ανοσοσφαιρίνες στοχεύοντας στην μυελίνη ενώ τα μακροφάγα εκθέτουν αζονικές επιφάνειες απελευθερώνοντας επιβλαβές νιτρώδες οξυγόνο. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε φλεγμονώδη βλάβη στο έλυτρο της μυελίνης και των νευραξόνων. (Saguil, 2014; Miller, 2019)

Εκτός από την λευκή ουσία οι απομυελινωτικές πλάκες εμφανίζονται στην φλοιώδη και την υποφλοιώδη φαιά ουσία δηλαδή στον κροταφικό και μετωπιαίο λοβό συγκαταλέγοντας τις κινητικές περιοχές και στον θάλαμο, τα βασικά γάγγλια και την παρεγκεφαλίδα αντίστοιχα. (Larsen, 2017)

Οι περιοχές που εκλείπουν από την λιπαρή ουσία η οποία περιβάλλει τους νευράξονες γεμίζουν με ινώδη αστροκύτταρα σχηματίζοντας ουλώδη ιστό δηλαδή τις σκληρυντικές πλάκες. (Rajavenkatanarayanan, 2019)

Οι διάχυτες εστίες απομυελίνωσης στο Κ.Ν.Σ. συνδέονται με την καταστροφή και την απώλεια των ελύτρων μυελίνης, των νευραξόνων και των νευρώνων. Οι νευράξονες που έχουν ζημιωθεί διαχωρίζονται και εμφανίζουν ανάδρομη εκφύλιση επομένως κυτταρικό θάνατο. Οι φλεγμονώδεις και νευροεκφυλιστικές διεργασίες σε συνδυασμό θα επιφέρουν απώλεια νευρώνων και ατροφία εγκεφάλου. Εξαιτίας της βλάβης της μυελίνης και των νευραξόνων η μεταφορά των νευρικών ώσεων επιβραδύνεται ή εμποδίζεται εντελώς με αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπτωμάτων. (Larsen, 2017; Mattle, 2019)



Εικόνα 1: Παθοφυσιολογία Πολλαπλής Σκλήρυνσης.

1.2 Επιδημιολογία

Η εμφάνιση της Σ.Κ.Π. φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο της χώρες της Βόρειας Ευρώπης εξαιτίας της μεγαλύτερης απόστασης από τον ισημερινό και επομένως είναι ιδιαίτερα συχνή στη Νέα Ζηλανδία, τη Ρωσία, τη νότια Αυστραλία, τον Καναδά και τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Με τις περισσότερες περιπτώσεις να εμφανίζονται στα εύκρατα κλίματα έχουμε επιπολασμό περίπου 120 ανά 100.000 άτομα. (Martin, 2015; Mattle, 2019)

Συχνότερη εμφάνιση παρατηρείται σε νέους ενήλικες 20 έως 40 ετών, με τις γυναίκες να προσβάλλονται δύο φορές περισσότερες από τους άνδρες. Εκτός από το γυναικείο φύλο, οι καπνιστές και τα άτομα με επιβαρυνμένο οικογενειακό ιστορικό Π.Σ. διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο να νοσήσουν. Οι συγγενείς εμφανίζουν ποσοστό 3% για τα αδέλφια και 30% για τα μονοζυγωτικά δίδυμα. Εκείνοι που παρουσιάζουν αυξημένη έκθεση στο ηλιακό φως και υψηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D διατρέχουν μειωμένο κίνδυνο. (Saguil, 2014)

Η απρόβλεπτη πορεία της Π.Σ. έχει προοδευτικό χαρακτήρα επηρεάζοντας 2,5 εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως. Ο Edwards (2018) αναφέρει έρευνα με 400.000 περιστατικά στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και μελέτη στην Ευρώπη με 436 ασθενείς αποδεικνύοντας ότι 1 στους 2 εμφανίζει κινητικό έλλειμα τον πρώτο μήνα της διάγνωσης τους. Η Ελλάδα κατατάσσεται στην 56^η θέση στην εκατονταβάθμια κλίμακα των καταγεγραμμένων χωρών με πάσχοντες από Π.Σ. καθώς με πληθυσμό 10,4 εκατομμύρια παρουσιάζονται 21.000 ασθενείς. (Edwards, 2018 ; Mayer, 2015; BOUZIKAS, 2021)

1.3 Κλινικά ευρήματα

Τα κλινικά χαρακτηριστικά και τα σημεία της Π.Σ. διαφέρουν ανάλογα τον αριθμό και την εντόπιση των εστιών απομυελίνωσης. Εκδηλώσεις παρατηρούνται σε αισθητικές, κινητικές, γνωσιακές, συναισθηματικές καθώς και από το Α.Ν.Σ.. Τα αισθητικά συμπτώματα με την εμφάνιση υπαισθησίας, παραισθησίας σπάνια και αναισθησίας μαζί με τις οπτικές διαταραχές, δηλαδή οπισθοβολβική νευρίτιδα ετερόπλευρα με έκπτωση της οπτικής οξύτητας, κογχικό πόνο με τον ασθενή να βλέπει φωταψίες κατά την κίνηση του βολβού, διπλωπία (θόλωση της όρασης) ιδίως λόγω πάρεσης του απαγωγού νεύρου, νυσταγμός και διαπυρηνική οφθαλμοπληγία είναι από τα προβλήματα που αναπτύσσονται μέσα σε λεπτά, ώρες, μέρες, εβδομάδες ή μήνες με ποικίλο τρόπο από ασθενή σε ασθενή. Επίσης συχνό εύρημα είναι ο πόνος με την μορφή νευροπαθητικού πόνου εξαιτίας νευρικής βλάβης με επώδυνες, καυστικές αισθήσεις επηρεάζοντας τα άκρα και τον κορμό. Ο μυοσκελετικός πόνος που οφείλεται σε κάκωση των συνδέσμων ή των μυών μπορεί να προκύψει από σπαστικότητα –τονικούς μυϊκούς σπασμούς, ακινησία ως αποτέλεσμα μυϊκής αδυναμίας ή παθολογικές στάσεις και κινήσεις. Το σημείο Lhemitte χαρακτηρίζεται ως μια σύντομη αίσθηση «ηλεκτρικού ρεύματος» που διατρέχει την Σ.Σ. κατά μήκος καταλήγοντας στα άκρα εξαιτίας της βλάβης των ραχιαίων στηλών στην αυχενική μοίρα του νωτιαίου μυελού. (Saguil, 2014; Donzé, 2015; Larsen, 2017; Mattle, 2019)

Στις κινητικές διαταραχές περιλαμβάνονται η αδυναμία, η κόπωση, η σπαστικότητα και τα προβλήματα συντονισμού και ισορροπίας. Η αδυναμία κυμαίνεται από ήπια έως βαριά προσβάλλοντας τα άκρα (ένα ή και τα τέσσερα) και τον κορμό. Εξαιτίας της βλάβης στην παρεγκεφαλίδα, την απώλεια το κινητικού φλοιού ή δευτεροπαθών αλλοιώσεων των μυών διαταράσσεται η παραγωγή δύναμης σε συγκεκριμένους μύες οι οποίοι ενεργοποιούνται από τους πάσχοντες νευρώνες. Επίσης παρατηρείται μειωμένη οξειδωτική δραστηριότητα και διαταραχή της σύζευξης ανάμεσα στη διέγερση και την σύσπαση. Το 75-95% των ασθενών με

Σ.Κ.Π. εκδηλώνει κόπωση ανεξάρτητα με το στάδιο και την βαρύτητα της νόσου. Τα αίτια πιθανολογούνται ως πολυπαραγοντικά καθώς σχετίζεται με τους μηχανισμούς της πάθησης αλλά και με ιατρικές παθήσεις, την ψυχική υγεία, το περιβάλλον και τον τρόπο ζωής του ατόμου. Η σπαστικότητα επηρεάζει το 75% των ασθενών οδηγώντας σε παθολογικές στάσεις και ακινητοποίηση των αρθρώσεων γεγονός που δυσχεραίνει την ικανότητα για βάδιση παρουσιάζοντας σύρσιμο των δακτύλων και πτώση του άκρου ποδός διότι ο πρόσθιος κνημιαίος ή οι εκτείνοντες των δακτύλων εμφανίζουν αδυναμία και στον γαστροκνήμιο παρατηρείται σπαστικότητα. Ως επακόλουθο υπάρχει αλλοίωση του φυσιολογικού προτύπου βάδισης καθώς αντισταθμιστικές κινήσεις όπως ανύψωση του ισχίου, κλίση του κορμού, περιαγωγή του σκέλους στο πλάι και ανύψωση της πτέρνας του δυνατότερου κάτω άκρου για ευκολότερη αιώρηση του πιο αδύναμου χρησιμοποιούνται περισσότερο από τους ασθενείς. Ο συντονισμός και η ισορροπία οφείλονται σε απομυελινωτικές βλάβες στην περιοχή της παρεγκεφαλίδας ή των κεντρικών αισθησιακών οδών με τα άτομα να αισθάνονται ζάλη ή ίλιγγο, δυσμετρία, δυσδιαδοχοκινησία και δυσενεργεία. Τα προβλήματα συντονισμού εκτός από τις κινητικές διαταραχές μπορούν να επηρεάσουν λειτουργικές δραστηριότητες όπως την σίτιση, την προσωπική υγιεινή, την ομιλία (το 40% των ασθενών εμφανίζει δυσαρθρία/δυσφωνία), την γραφή και την βάδιση. (Marietta L van der Linden et al., 2014; Larsen, 2017; Prokopiousova, 2019; Miller, 2019)

Οι δυσλειτουργίες του λόγου και της κατάποσης απασχολούν περίπου το 40% των παθόντων εμφανίζοντας δυσαρθρία και δυσφαγία εξαιτίας του πτωχού συντονισμού της γλώσσας και της μυϊκής αδυναμίας των μυών του στόματος. Έτσι, αυξάνονται τα προβλήματα αφυδάτωσης, υποθρεψίας ή πνευμονίας από εισρόφηση λόγω εισόδου υγρών ή τροφής στους πνεύμονες κατά την σίτιση. (Larsen, 2017)

Το Α.Ν.Σ. προβάλλεται επίσης από την νόσο με παθολογικά ευρήματα στην καρδιαγγειακή αυτονομία κατά την οποία φαίνεται πως στα άτομα με Π.Σ. κυμαίνεται μεταξύ 10-50%. Συνηθέστερη καρδιαγγειακή δυσαυτονομία παρουσιάζεται σε βαρύτερη κλινική αναπηρία. Επιπλέον η λειτουργία της ουροδόχου κύστης και του εντέρου εμφανίζουν επιπλοκές. Η σοβαρότητα των συμπτωμάτων ποικίλλουν από ήπια έως βαριά. Η κύστη γίνεται χαλαρή χάνοντας την ικανότητα αντανακλαστικής κένωσης με αποτέλεσμα την κατακράτηση ούρων και την επίσχεση. Αντιθέτως όταν η κύστη είναι σπαστική οι ασθενείς εμφανίζουν συχνοουρία και ούρηση με λιγότερο περιεχόμενο. Το νευρογενές έντερο περιλαμβάνει το υπερεφλεξικό, το σπαστικό, το υποεφλεξικό και το χαλαρό που σχετίζονται με την δυσκοιλιότητα, την διάρροια και την ακράτεια κοπράνων διότι διαταράσσεται το αντανακλαστικό της απόδευσης επιβραδύνοντας την μετακίνηση των κοπράνων στο παχύ

έντερο και προκαλώντας δυσλειτουργία στον έσω σφιγκτήρα του πρωκτού. Εκτός από τα προαναφερόμενα, οι πάσχοντες από Σ.Κ.Π. αντιμετωπίζουν δυσάρεστες αισθητικές διαταραχές στα γεννητικά όργανα με ξηρότητα του κόλπου στις γυναίκες και δυσλειτουργία της στύσης ή/και της εκσπερμάτωσης στους άνδρες. (Saguil, 2014)

1.4 Κλίμακα EDSS

Για τον καθορισμό της βαρύτητας της Π.Σ. πιο συχνά χρησιμοποιείται η Διευρυμένη Κλίμακα Κατάστασης Αναπηρίας για την Σ.Κ.Π. που κυμαίνεται από 0 έως 10 σε αυξήσεις 0,5 μονάδων που αντιπροσωπεύουν τα υψηλότερα επίπεδα αναπηρίας. Εκτός από την καταγραφή της αναπηρίας του ασθενούς η συγκεκριμένη κλίμακα βοηθά και στην παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου. Συγκεκριμένα οι βαθμοί 1 έως 4,5 αναφέρονται σε περιπατητικούς ασθενείς χωρίς βοήθημα και βασίζονται στην ελάττωση οκτώ λειτουργικών συστημάτων :

- Πυραμιδική/ μυϊκή αδυναμία ή δυσκολία μετακίνησης των άκρων
- Παρεγκεφαλιδική/ αταξία, απώλεια ισορροπίας, συντονισμό ή τρόμο
- Εγκεφαλικό στέλεχος/ επιπλοκές σε ομιλία, κατάποση, νυσταγμό
- Αισθητήριο/ μούδιάσματα ή απώλεια αισθήσεων
- Λειτουργία ουροδόχου κύστης και εντέρου
- Οπτικό / προβλήματα όρασης
- Εγκεφαλική λειτουργία/ δυσκολία στην σκέψη και την μνήμη
- Άλλο

Οι βαθμοί 5-6,5 αντιπροσωπεύουν παθόντες με διαταραχή στην βάδιση για 200,100 και 20 μέτρα με βοήθημα αντίστοιχα. Το σκορ 7-9,5 δείχνουν σοβαρή αναπηρία με μειωμένη κινητικότητα με μη αποτελεσματική ικανότητα κατάποσης και επικοινωνίας. Στον τελευταίο βαθμό ο ασθενής έχει υποκύψει στα πολλαπλά προβλήματα και έχει επέλθει θάνατος λόγω Π.Σ. (Hammond, 2015; van Munster, 2017)

1.5 Τύποι Σ.Κ.Π.

Οι Larsen et al. (2017) αναφέρουν τέσσερις διαφορετικούς τύπους οι οποίοι περιγράφουν την κλινική πορεία της Π.Σ. :

- *Υποτροπιάζουσα-Διαλείπουσα Π.Σ.* : εδώ ανήκει το 85% των ασθενών που παρουσιάζει εξάρσεις όπου η νευρολογική τους κατάσταση επιδεινώνεται. Οι υποτροπές ακολουθούνται από περιόδους κατά τις οποίες η νόσος μένει στάσιμη και η νευρολογική λειτουργία

παρουσιάζει πλήρη ή ατελής αποκατάσταση. Στην δεύτερη περίπτωση υπάρχει σταδιακή επιδείνωση της αναπηρίας με την πάροδο του χρόνου. Αν δεν ληφθεί θεραπεία οι υποτροπές έχουν συχνότητα 1 με 2 ετησίως.

- *Δευτεροπαθής προϊούσα Π.Σ.* : η νόσος σταδιακά χειροτερεύει με ή χωρίς ακριβής υποτροπές και υφέσεις ή καταστάσεις σταθερότητας, χωρίς την φαρμακευτική αγωγή το 50% εντός 10 ετών εμφάνιζε αυτόν τον τύπο της νόσου.
- *Πρωτοπαθής προϊούσα Π.Σ.* : επηρεάζει το 10% των ατόμων με ηλικίες περίπου 40 ετών καθώς χαρακτηρίζεται από αργή επιδείνωση της νευρολογικής κατάστασης χωρίς εμφανή υφέσεις ή εξάρσεις. Ο ρυθμός της εξέλιξης διαφέρει με περιστασιακή σταθεροποίηση της εικόνας και λίγες περιστασιακές βελτιώσεις.
- *Προϊούσα-Υποτροπιάζουσα Π.Σ.* : αφορά το 5% των ασθενών που παρουσιάζει χειροτέρευση της νόσου εξ αρχής, με υποτροπές οι οποίες έχουν ελάχιστη ή καθόλου αποκατάσταση. Η εξέλιξη της πάθησης παραμένει και η αναπηρία αυξάνεται παρόλο το διάστημα των υποτροπών. Σπάνια τα άτομα παρουσιάζουν καλοήγη Π.Σ. με πολύ ήπια πορεία καθώς η νευρολογική εικόνα παραμένει 15 χρόνια μετά την εγκατάσταση της νόσου. Ωστόσο, η κακοήγη Π.Σ. (νόσος Marburg) εμφανίζει γρήγορη εξέλιξη που οδηγεί στον θάνατο σε μικρό χρονικό διάστημα. (Larsen, 2017)

Στους τέσσερις παραπάνω τύπους προστίθεται η οξεία μορφή ή τύπος Marburg παρουσιάζοντας μονοφασική πορεία με οίδημα και κήλη εγκεφαλικού στελέχους. Η επιθετική αυτή μορφή εμφανίζεται σε νεαρές ηλικίες με ταχέως εξελισσόμενη πορεία, σοβαρά κλινικά χαρακτηριστικά και δημιουργία μεγάλων απομυελινωτικών πλακών υπό μορφή όγκου. (Lassmann, 2019)

1.6 Διάγνωση

Η έγκαιρη διάγνωση είναι σημαντική, διότι η πρόιμη θεραπευτική παρέμβαση είναι καθοριστική για να επιβραδύνει την επιδείνωση της αναπηρίας. Ωστόσο εξαιτίας της ανομοιογένειας των συμπτωμάτων και την απουσία εξακριβωμένης εργαστηριακής δοκιμασίας για την επιβεβαίωση της Π.Σ. μπορεί να περάσουν χρόνια προτού ο ασθενής διαγνωστεί. Επομένως, η διάγνωση βασίζεται στο ιστορικό και στα ευρήματα της νευρολογικής εξέτασης με τουλάχιστον 2 επεισόδια νευρολογικών ελλειμμάτων με διασπορά στο χρόνο και το χώρο και την απουσία πυρετού ή λοίμωξης. Στην περίπτωση που ο ασθενής παρουσιάσει μόνο ένα επεισόδιο με κλινικά συμπτώματα τότε αναφέρεται ως κλινικά απομονωμένο σύνδρομο

(Clinically Isolated Syndrome). Τα συμπτώματα οφείλονται σε εμμύελες περιοχές του Κ.Ν.Σ, όπως λευκή ουσία εγκεφάλου, νωτιαίο μυελό, παρεγκεφαλίδα, στέλεχος και οπτικά νεύρα, των οποίων η διάρκεια έχει παρατηρηθεί το λιγότερο για 24 ώρες. (van Munster, 2017)

Η μαγνητική τομογραφία είναι ένα από τα διαγνωστικά εργαλεία λόγω της υψηλής ευαισθησίας για τις αλλοιώσεις της λευκής ύλης στο Κ.Ν.Σ. Με T2 ακολουθία απεικονίζονται βλάβες κυρίως στις περικοιλιακές ζώνες και στο μεσολόβιο, με T1 ακολουθία υποδεικνύονται νέες (χωρίς χρήση σκιαγραφικής ουσίας) και παλαιότερες (πρόσφατη φλεγμονή με χρήση σκιαγραφικού) εστίες, ενώ με FLAIR ακολουθία αποκαλύπτονται υποφλοιώδεις βλάβες. Εν συνεχεία, οι οξείες επιπλοκές είναι μεγάλες με οριοθετημένες περιοχές προσβολής και εφόσον παρέλθει η οξεία φάση μικραίνουν διατηρώντας σαφή όρια. (Saguil, 2014; Lassmann, 2019)

Μια εξίσου σημαντική εξέταση είναι η ανάλυση του εγκεφαλονωτιαίου υγρού. Η λήψη Ε.Ν.Υ. γίνεται με οσφουονωτιαία παρακέντηση στο επίπεδο της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Μια βελόνη εισέρχεται στον υπαραχνοειδή χώρο την οσφυϊκή δεξαμενή στο μέσο είτε μεταξύ των Ο3-Ο4 είτε Ο4-Ο5 ακανθωδών αποφύσεων. Αν τα αποτελέσματα της εξέτασης ανιχνεύσουν την αυξημένη παρουσία ολιγοκλωνικής ανοσοσφαιρίνης G(IgG) τότε υποδηλώνεται παρουσία ολιγοκλωνικών ζωνών στο Ε.Ν.Υ όπως και IgM IgA ανοσοσφαιρίνη άρα υποστηρίζεται η διάγνωση της Σ.Κ.Π.. (van Munster, 2017)

Τα προκλητά δυναμικά είναι οπτικά, στελεχειαία και σωματοαισθητικά. Κατά τον ηλεκτροφυσιολογικό έλεγχο υποδεικνύουν επιβράδυνση της αγωγιμότητας των αισθητικών σημάτων στο Κ.Ν.Σ. συγκριτικά με τις φυσιολογικές τιμές οπότε αποκαλύπτουν εικόνα απομυελίνωσης των νευραξόνων στην οπτική οδό. Πιο συγκεκριμένα σε αυτή την κατηγορία εξετάσεων είναι οι εξής :

- των οπτικών προκλητών δυναμικών (Visual Evoked Responses - VER),
- των ακουστικών προκλητών δυναμικών (Brain Stem Auditory Evoked Responses - BAER)
- τα σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (Somatosensory Evoked Responses - SER)

Στον ηλεκτροφυσιολογικό έλεγχο συγκαταλέγονται το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και η ηλεκτρονυσταγμογραφία. (Larsen, 2017)

Επιπλέον διαγνωστικό εργαλείο των ιατρών είναι τα Αναθεωρημένα Διαγνωστικά Κριτήρια McDonald του 2010, αναφέρονται στον Πίνακα 1, τα οποία εάν πληρούνται και η κλινική εικόνα δεν δικαιολογεί την παρουσία άλλης πάθησης τότε δίνεται η διάγνωση «Πολλαπλή Σκλήρυνση», εάν υπάρχει μια υπόνοια της πάθησης και δεν πληρούνται τα κριτήρια τότε δίνεται η διάγνωση «πιθανή Πολλαπλή Σκλήρυνση» ενώ εάν η κλινική εικόνα εκτιμάται καλύτερα από κάποια άλλη νόσο τότε η διάγνωση είναι «όχι Πολλαπλή Σκλήρυνση». (Larsen, 2017)

Εικόνα 2: Διαγνωστικά Κριτήρια McDonald. (Πηγή Saguil, 2014)

Clinical presentation	Additional data needed for MS diagnosis
≥ 2 attacks*; objective clinical evidence of ≥ 2 lesions or objective clinical evidence of 1 lesion with reasonable historical evidence of a prior attack†	None‡
≥ 2 attacks*; objective clinical evidence of 1 lesion	Dissemination in space, demonstrated by: ≥ 1 T2 lesion in at least 2 of 4 MS-typical regions of the CNS (periventricular, juxtacortical, infratentorial, or spinal cord)§; or Await a further clinical attack* implicating a different CNS site
1 attack*; objective clinical evidence of ≥ 2 lesions	Dissemination in time demonstrated by: Simultaneous asymptomatic gadolinium-enhancing and nonenhancing lesions at any time; or A new T2 and/or gadolinium-enhancing lesion(s) on follow-up MRI, irrespective of its timing with reference to a baseline scan; or Await a second clinical attack*
1 attack*; objective clinical evidence of 1 lesion (clinically isolated syndrome)	Dissemination in space and time, demonstrated by: For DIS: ≥ 1 T2 lesion in at least 2 of 4 MS-typical regions of the CNS (periventricular, juxtacortical, infratentorial, or spinal cord)§; or Await a second clinical attack* implicating a different CNS site; and For DIT: Simultaneous presence of asymptomatic gadolinium-enhancing and nonenhancing lesions at any time; or A new T2 and/or gadolinium-enhancing lesion(s) on follow-up MRI, irrespective of its timing with reference to a baseline scan; or Await a second clinical attack*
Insidious neurological progression suggestive of MS (PPMS)	1 year of disease progression (retrospectively or prospectively determined) plus 2 of 3 of the following criteria§: 1. Evidence for DIS in the brain based on ≥ 1 T2 lesions in the MS-characteristic (periventricular, juxtacortical, or infratentorial) regions 2. Evidence for DIS in the spinal cord based on ≥ 2 T2 lesions in the cord 3. Positive CSF (isoelectric focusing evidence of oligoclonal bands and/or elevated IgG index)

CNS = central nervous system; CSF = cerebrospinal fluid; DIS = dissemination in space; DIT = dissemination in time; IgG = immunoglobulin G; MRI = magnetic resonance imaging; MS = multiple sclerosis; PPMS = primary progressive multiple sclerosis.

If the Criteria are fulfilled and there is no better explanation for the clinical presentation, the diagnosis is "MS"; if suspicious, but the Criteria are not completely met, the diagnosis is "possible MS"; if another diagnosis arises during the evaluation that better explains the clinical presentation, then the diagnosis is "not MS."

*—An attack (relapse; exacerbation) is defined as patient-reported or objectively observed events typical of an acute inflammatory demyelinating event in the CNS, current or historical, with duration of at least 24 hours, in the absence of fever or infection. It should be documented by contemporaneous neurological examination, but some historical events with symptoms and evolution characteristic for MS, but for which no objective neurological findings are documented, can provide reasonable evidence of a prior demyelinating event. Reports of paroxysmal symptoms (historical or current) should, however, consist of multiple episodes occurring over not less than 24 hours. Before a definite diagnosis of MS can be made, at least 1 attack must be corroborated by findings on neurological examination, visual evoked potential response in patients reporting prior visual disturbance, or MRI consistent with demyelination in the area of the CNS implicated in the historical report of neurological symptoms.

†—Clinical diagnosis based on objective clinical findings for 2 attacks is most secure. Reasonable historical evidence for 1 past attack, in the absence of documented objective neurological findings, can include historical events with symptoms and evolution characteristics for a prior inflammatory demyelinating event; at least 1 attack, however, must be supported by objective findings.

‡—No additional tests are required. However, it is desirable that any diagnosis of MS be made with access to imaging based on these Criteria. If imaging or other tests (for instance, CSF) are undertaken and are negative, extreme caution needs to be taken before making a diagnosis of MS, and alternative diagnoses must be considered. There must be no better explanation for the clinical presentation, and objective evidence must be present to support a diagnosis of MS.

§—Gadolinium-enhancing lesions are not required; symptomatic lesions are excluded from consideration in subjects with brainstem or spinal cord syndromes.

Reprinted with permission from Polman CH, Reingold SC, Banwell B, et al. Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 revisions to the McDonald criteria. *Ann Neurol*. 2011;69(2):297.

1.6.1 Διαφορική Διάγνωση

Καθώς τα συμπτώματα της Σ.Κ.Π. μπορούν να μιμηθούν άλλες ασθένειες, η διαφορική διάγνωση με εργαστηριακές εξετάσεις είναι σημαντική προκειμένου να αποκλειστούν πιθανές παθήσεις. Η διαφορική διάγνωση περιλαμβάνει νοσήματα με ολιγοκλονικές ζώνες στο Ε.Ν.Υ όπως φλεγμονώδη (Συστηματικός Ερυθηματώδης Λύκος, Σύνδρομο Sjogren, Νόσος

Αδαμαντιάδη-Behcet's), λοιμώδη (μπορρελίωση, ιογενής εγκεφαλίτιδα, χρόνια μυκητιασική μηνιγγίτιδα), νευροσαρκοείδωση και Guillain-Barre. Άλλα νοσήματα που υποδύονται την νόσο είναι η αγγειακή λευκοεγκεφαλοπάθεια-PML, μεταστάσεις, λεμφώματα, ισχαιμικές αλλοιώσεις μικρών αγγείων, ημικρανία, κοκκιωμάτωση Wegener, λευκοδυστροφίες και οξεία διάχυτη εγκεφαλουελίτιδα-ADEM. (Mattle, 2019)

1.7 Θεραπεία

Η ταχεία διάγνωση και η έγκαιρη θεραπεία είναι υψίστης σημασίας για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της Π.Σ. από την διεπιστημονική ομάδα. Όσο αφορά την ιατρική αντιμετώπιση, τα νοσοτροποποιητικά φάρμακα αποτελούν την πρώτη γραμμή θεραπείας της νόσου. Ο Αμερικανικός Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων έχει εγκρίνει 10 τέτοια φαρμακευτικά σκευάσματα που καλύπτουν τους τύπους της Υποτροπιάζουσας-Διαλείπουσας, Προϊούσας-Υποτροπιάζουσας και Δευτεροπαθής προϊούσας Πολλαπλής Σκλήρυνσης. Λαμβάνοντας υπόψιν τα οφέλη και τις ανεπιθύμητες ενέργειες αυτών η χορήγηση εκτελείται εξατομικευμένα για τον ασθενή επιλέγοντας μεταξύ των σημειωμένων στους Εικόνες 3, 4 και 5.

Οι οξείες υποτροπές αντιμετωπίζονται με ενδοφλέβια χορήγηση μεθυλπρεδνιζολόνης για 3-5 ημέρες που ακολουθούνται από σταδιακά μειούμενη δόση κορτικοστεροειδούς, όπως πρεδνιζόνη και δεξαμεθαζόνη, από του στόματος για ημέρες ή εβδομάδες προκειμένου να περιοριστεί η βαρύτητα των υποτροπών. (Larsen, 2017)

Ωστόσο στην ιατρική έχει προστεθεί ένα ειδικά σχεδιασμένο σκευάσμα για την διαχείριση της Σ.Κ.Π. το οποίο επηρεάζει το βιολογικό και βιοχημικό δίκτυο των παθογενετικών μηχανισμών που την προκαλούν. Το συμπλήρωμα διατροφής Neuroaspis με συστατικά όπως Ω-3 και Ω-6 λιπαρές ουσίες χορηγείται από του στόματος με την μορφή σιροπιού και έδειξε 72% μειωμένη συχνότητα υποτροπών καθώς και στην εξέλιξη της αναπηρίας. Συνεργατικά με την φαρμακευτική αγωγή και με συγκεκριμένη δοσολογία μειώνει τον αριθμό των υποτροπών, Πίνακας 1. (Pantzaris, 2013)

Σημαντική είναι η φυσικοθεραπευτική παρέμβαση καθώς βελτιώνει αρκετά την κόπωση, τη σπαστικότητα, τα ελλείματα της αισθητικότητας, τις διαταραχές του κινητικού ελέγχου και τα λειτουργικά ελλείματα. Με βάση την αξιολόγηση και το στάδιο των ασθενών ο φυσικοθεραπευτής χορηγεί ένα πρόγραμμα θεραπευτικής άσκησης ώστε να βελτιωθεί η μυϊκή ισχύς, η αερόβια ικανότητα, η ισορροπία, ο κύκλος βάρδισης και η ποιότητα ζωής. Η αξιολόγηση με την χρήση της κλίμακας βάρδισης 12 παραμέτρων, το 6 minute walk test, MS QOL-54, MSIS-

29, την κλίμακα Berg, την δοκιμασία ενσφηνωμάτων 9 οπών, τη σύνθετη λειτουργική κλίμακα Π.Σ., τη χρονομετρημένη βάδιση 7,6m και το TUG με γνωσιακή και χειρωνακτική δραστηριότητα είναι μερικά από τα εργαλεία που βοηθάνε στην αξιόπιστη αξιολόγηση των ασθενών ώστε να προσκομιστεί το κατάλληλο και ασφαλές πρόγραμμα θεραπείας. Για το οξύ στάδιο χρησιμοποιούνται η κλίμακα διαταραχής του κορμού, η μέγιστη εισπνευστική και εκπνευστική πίεση, μέγιστη VO₂ και κορυφαία VO₂ και η τροποποιημένη κλίμακα επίπτωσης της κόπωσης. Ο φυσικοθεραπευτής με τις γνώσεις που τον διακατέχουν μπορεί να επιλέξει την ιδανικότερη για τον ασθενή από μια γκάμα θεραπευτικών πρωτοκόλλων την ηλεκτροθεραπεία, την χρήση βιοανάδρασης, την ιπποθεραπεία, την υδροθεραπεία, θεραπεία δονήσεων ή άλλες μορφές θεραπείας. (Donzé, 2015; Satish Mishra & Manfred Hube, 2019)

ΦΑΡΜΑΚΟ	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ	ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
Εσιταλοπράμη (Cipralex) και ντουλοξετίνη (Cymbalta)	Εκλεκτικοί αναστολείς της επαναπρόσληψης της νορεπινεφρίνης (SNRI). Αυξάνουν τη σεροτονίνη και τη νορεπινεφρίνη στον εγκέφαλο.	Παρόμοιες με εκείνες των SSRI.
Βουπροπιόνη (Wellbutrin)	Αναστολέας της επαναπρόσληψης της ντοπαμίνης και της νορεπινεφρίνης.	Άγχος, αύπνια, απώλεια βάρους. Οι υψηλές δόσεις μπορούν να οδηγήσουν σε σπασμούς.
Ιμιπραμίνη και αμιτριπυλίνη (Saroten)	Τρικυκλικά αντικαταθλιπτικά. Αυξάνουν τη σεροτονίνη και τη νορεπινεφρίνη στον εγκέφαλο επιβραδύνοντας το ρυθμό της επαναπρόσληψης.	Ξηροστομία, κατακράτηση ούρων, δυσκολιότητα, διαταραχές της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας.
Φάρμακα για την Ουροδόχο Κύστη		
Οξεβουπυνίνη (Ditropan), τολτεροδίνη (Detrusitol) και προπανθελίνη	Ανταγωνιστές των μουσκαρινικών υποδοχέων της ακετυλοχολίνης. Αποκλείουν το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα.	Αντιχολινεργικές ανεπιθύμητες ενέργειες: Ξηροστομία, δυσκολιότητα, ναυτία, δυσουρία, διαταραχές της όρασης, ζάλη, υπνηλία.
Ταμσουλοσίνη (Pradif) και πραζοσίνη	Ανταγωνιστές των α1 αδρενεργικών υποδοχέων. Χαλαρώνουν το σφιγκτήρα της ουροδόχου κύστης.	Ζάλη, ασυνήθιστη αδυναμία, υπνηλία, αύπνια, σεξουαλικά προβλήματα, ορθοστατική υπόταση.
Φάρμακα για τη Σεξουαλική Δυσλειτουργία		
Σιλденаφίλη (Viagra), βαρδεναφίλη (Levitra) και ταδαλαφίλη (Cialis)	Αναστολείς της φωσφοδιεστεράσης τύπου 5 (PDE5). Παρατείνουν τη δράση της φωσφοδιεστεράσης προκαλώντας αγγειοδιαστολή.	Διαταραχές της όρασης, διάρροια, έξαψη, κεφαλαλγία, ρινική συμφόρηση, ουρολοιμώξεις. Αντενδείκνυται όταν υπάρχει ιστορικό καρδιολογικής νόσου.

Εικόνα 3: Φάρμακα αντιμετώπισης συμπτωμάτων της νόσου. (Πηγή Larsen, 2017)

ΦΑΡΜΑΚΟ	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ	ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
Φάρμακα για το Νευροπαθητικό Πόνο		
Γκαμπαπεντίνη (Neurontin)	Ανάλογο του γ-αμινοβουτυρικού οξέος (GABA). Σημείωση: Το GABA είναι ανασταλτικός νευροδιαβιβαστής.	Ζάλη, υπνηλία, περιφερικό οίδημα.
Πρεγκαμπαλίνη (Lyrica)	Αυξάνει τα επίπεδα του GABA στους νευρώνες μέσω της αύξησης της γλουταμικής δεκαρβοξυλάσης (GAD), η οποία διευκολύνει την παραγωγή του GABA.	Ζάλη, αταξία, υπνηλία, σύγχυση, θόλωση της όρασης, περιφερικό οίδημα.
Καρβαμαζεπίνη (Tegretol)	Ενισχύει τους υποδοχείς GABA.	Διπλωπία, ζάλη, υπονατριαιμία, δυσκρασίες του αίματος, λήθαργος. Αντενδείκνυται η χορήγηση μαζί με αναστολείς της μονοαμινοξειδάσης (MAO) και όταν υπάρχει καταστολή του μυελού των οστών.
Από του Στόματος και Ενέσιμα Αντισπασμωδικά Φάρμακα		
Μπακλοφένη (Lioresal)	Αγωνιστής των υποδοχών GABA.	Κόπωση, υπνηλία, αδυναμία, ζάλη, συμπτώματα από το γαστρεντερικό, δυσλειτουργία της ουροδόχου κύστης.
Τιζανιδίνη (Sirdalud)	Κεντρικός δρυν αγωνιστής των α2 αδρενεργικών υποδοχών.	Ξηροστομία, καταστολή, ζάλη, ορθοστατική υπόταση, οίδημα, φαρμακευτική ηπατίτιδα.
Βενζοδιαζεπίνες: Διαζεπάμη (Stedon) και κλοναζεπάμη (Rivotril)	Ενισχύουν το GABA και έχουν αντισπασμωδικές, μυοχαλαρωτικές και αγχολυτικές ιδιότητες.	Υπνηλία, γνωσιακή διαταραχή, διέγερση, απώλεια της эρωτικής επιθυμίας.
Δαντρολένιο (Dantrium)	Μυοχαλαρωτικό που καταργεί τη σύζευξη διέγερσης-σύσπασης στις μυϊκές ίνες.	Επιπτώσεις στο ΚΝΣ: διαταραχές του λόγου και της όρασης, κατάθλιψη, σύγχυση, παραισθήσεις, κεφαλαλγία, αύπνια, σπασμοί, νευρική κόπωση.
Βοτουλινική τοξίνη (Botox)	Συνδέεται με την προσυναπτική πρωτεΐνη πρόσδεσης του ασβεστίου και αναστέλλει την απελευθέρωση της ακετυλοχολίνης στη νευρομυϊκή σύναψη.	Αδυναμία.
Φάρμακα για την Κόπωση		
Αμανταδίνη (Symmetrel)	Ενισχύει την κατεχολαμινεργική/ ντοπαμινεργική μετάδοση.	Παραισθήσεις, σύγχυση, αύπνια και ζάλη.
Μοδαφινίλη (Modiodal)	Ενεργοποιεί τον υποθάλαμο και αυξάνει την απελευθέρωση νορεπινεφρίνης και ντοπαμίνης.	Καρδιολογικές αντενδείξεις και μείωση της αποτελεσματικότητας των αντισυλληπτικών φαρμάκων. Αύπνια, άγχος, ευερεθιστότητα, ναυτία, διάρροια, αίσθημα παλμών. Συστηματικές ανεπιθύμητες ενέργειες: σύνδρομο Stevens-Johnson.
Μεθυλφαινιδάτη (Ritalin)	Αυξάνει τη ντοπαμίνη και τη νορεπινεφρίνη στον εγκέφαλο μέσω αναστολής της επαναπρόσληψης των μεταφορέων των μονοαμινών.	Στηθάγχη, αρρυθμίες, αίσθημα παλμών, ταχυκαρδία, μεταβολές της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας, εφίδρωση, ζάλη, ξηροστομία.
Αντικαταθλιπτικά Φάρμακα		
Φλουοξετίνη (Ladase) και σερτραλίνη (Zoloft)	Εκλεκτικοί αναστολείς της επαναπρόσληψης της σεροτονίνης (SSRI). Αυξάνουν τη σεροτονίνη αναστέλλοντας την επαναπρόσληψή της από τη συναπτική συμβολή.	Άγχος, αύπνια, αυξημένη όρεξη, τρόμος, συμπτώματα από το γαστρεντερικό, κεφαλαλγία, εξάνθημα και σεξουαλική δυσλειτουργία με μείωση της эρωτικής επιθυμίας.

Εικόνα 4: Φάρμακα αντιμετώπισης του πόνου, της σπαστικότητας, της κόπωσης και αντικαταθλιπτικά. (Πηγή Larsen, 2017)

ΦΑΡΜΑΚΟ/ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΤΥΠΟΣ	ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΧΟΡΗΓΗΣΗ
Betaferon Ενδείξεις: υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα και υποτροπιάζουσες μορφές, κλινικά μεμονωμένο σύνδρομο.	Ιντερφερόνη β-1b – τροποποιητική του ανοσοποιητικού συστήματος με αντιϊκές ιδιότητες.	Συμπτώματα γρίπης, δερματική αντίδραση στο σημείο της έγχυσης, διαταραχές των κυττάρων του αίματος και των ηπατικών ενζύμων.	250 μg με υποδόρια ένεση μέρα παρά μέρα.
Extavia Ενδείξεις: υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα και υποτροπιάζουσες μορφές, κλινικά μεμονωμένο σύνδρομο.	Ιντερφερόνη β-1b – τροποποιητική του ανοσοποιητικού συστήματος με αντιϊκές ιδιότητες.	Συμπτώματα γρίπης, δερματική αντίδραση στο σημείο της έγχυσης, διαταραχές των κυττάρων του αίματος και των ηπατικών ενζύμων.	250 μg με υποδόρια ένεση μέρα παρά μέρα.
Anopex Ενδείξεις: υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα και υποτροπιάζουσες μορφές, κλινικά μεμονωμένο σύνδρομο.	Ιντερφερόνη β-1a – τροποποιητική του ανοσοποιητικού συστήματος με αντιϊκές ιδιότητες.	Συμπτώματα γρίπης, δερματική αντίδραση στο σημείο της έγχυσης.	30 μg με εβδομαδιαία ενδομυϊκή ένεση.
Rebif Ενδείξεις: υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα και υποτροπιάζουσες μορφές, κλινικά μεμονωμένο σύνδρομο.	Ιντερφερόνη β-1a – τροποποιητική του ανοσοποιητικού συστήματος με αντιϊκές ιδιότητες.	Συμπτώματα γρίπης, δερματική αντίδραση στο σημείο της έγχυσης, διαταραχές των κυττάρων του αίματος και των ηπατικών ενζύμων.	44 μg με υποδόρια ένεση τρεις φορές την εβδομάδα.
Coraxone Ενδείξεις: ΥΔΠΣ, κλινικά μεμονωμένο σύνδρομο.	Οξική γλατιραμέρη – συνθετική άλυσος 4 αμινοξέων που βρίσκονται στη μυελίνη (τροποποιητική του ανοσοποιητικού συστήματος που αναστέλλει τις επιθέσεις στη μυελίνη).	Αντιδράσεις στο σημείο της έγχυσης, καθώς και περιστασιακές συστηματικές αντιδράσεις (θωρακικό άλγος, αίσθημα παλμών, δύσπνοια).	20 mg που λαμβάνονται με καθημερινές υποδόριες ενέσεις.
Tysabri Ενδείξεις: μονοθεραπεία για τις υποτροπιάζουσες μορφές και στα άτομα με ανεπαρκή ανταπόκριση ή μη ανοχή στους ενέσιμους παράγοντες.	Ναταλιζουμάμπη – μονοκλωνικό αντίσωμα που αναστέλλει τα μόρια προσκόλλησης, ώστε να αποτραπεί η διάσχιση του αιματοεγκεφαλικού φραγμού από τα κύτταρα του ανοσοποιητικού που προκαλούν τη βλάβη.	Κεφαλαλγία, κόπωση, κατάθλιψη, αρθραλγίες, κοιλιακό άλγος και λοιμώξεις. Σχετίζεται με τη σπάνια και θανατηφόρο προέουσα εστιακή λευκοεγκεφαλοπάθεια.	Ενδοφλέβια έγχυση κάθε 4 εβδομάδες.
Novantrone Ενδείξεις: επιδεινούμενη ΥΔΠΣ, ΔΠΠΣ, ΠΥΠΣ.	Μιτοξανδρόνη – αντινεοπλασματικό φάρμακο (τροποποιητικό και κατασταλτικό του ανοσοποιητικού συστήματος).	Ναυτία, αλωπεκία, αμηνόρροια, κυστίτιδες, στοματικές άφθες. Τα ούρα και ο σκληρός χιτώνας των ματιών μπορεί να αποκτήσουν προσωρινά κίτρινη χροιά. Χρησιμοποιείται σπάνια λόγω του κινδύνου καρδιακής νόσου και λευχαιμίας.	Ενδοφλέβια έγχυση κάθε 3 μήνες (για 2-3 χρόνια το μέγιστο).
Gilenya Ενδείξεις: υποτροπιάζουσες μορφές ΠΣ.	Φινγκολιμόδη – τροποποιητική του υποδοχέα της 1-φωσφορικής σφίγγοσίνης που δεν επιτρέπει στα T-λεμφοκύτταρα να εξέλθουν από τους λεμφαδένες.	Κεφαλαλγία, συμπτώματα γρίπης, διάρροια, οσφυαλγία, παθολογικά ηπατικά ένζυμα, βήχας, προσωρινή βραδυκαρδία.	Κάψουλα 0,5 mg που λαμβάνεται από το στόμα μία φορά την ημέρα.
Aubagio Ενδείξεις: υποτροπιάζουσες μορφές ΠΣ.	Τεριφλουνομίδη – επηρεάζει τη σύνθεση των πυριμιδινών και επομένως την παραγωγή T- και B-λεμφοκυττάρων. Μπορεί επίσης να αναστέλλει τη νευρική εκφόλυση.	Κεφαλαλγία, αύξηση των ηπατικών ενζύμων, αλωπεκία, διάρροια, ναυτία, ουδετεροπενία, παραισθησίες (αίσθημα βελόνων, καύσος ή υπαισθησία), συγγενείς ανωμαλίες όταν λαμβάνεται κατά την κύηση.	Δισκίο 7 ή 14 mg που λαμβάνεται από το στόμα μία φορά την ημέρα.
Tecfidera Ενδείξεις: υποτροπιάζουσες μορφές ΠΣ.	Φουμαρικός διμεθυλεστεράς – τροποποιητικός του ανοσοποιητικού συστήματος με αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες. Μπορεί να έχει νευροπροστατευτική δράση.	Εξάψεις και γαστρεντερικός πόνος, μείωση του αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων (λεμφοκυττάρων), αύξηση των ηπατικών ενζύμων σε μικρό ποσοστό των ασθενών.	Δισκίο 240 mg που λαμβάνεται από το στόμα δύο φορές την ημέρα.

Εικόνα 5: Νοσοτροποποιητικά φάρμακα. (Πηγή Larsen, 2017)

ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ		
γ-τοκοφερόλη	Αντιοξειδωτικό / προστατεύουν τα νευρικά κύτταρα από το οξειδωτικό στρες	760 mg
β-καροτίνη		0,6 mg
Βιταμίνη Ε		22 mg
ΑΝΤΙ-ΦΛΕΓΜΟΝΩΔΗ		
Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	Αντι-φλεγμονώδης δράση	
EPA / DHA		9 mg
GLA / LA		9 mg

Εικόνα 6: Συστατικά «Neuroaspis». (Πηγή Pantzaris, 2013)

Κεφάλαιο 2^ο: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

Ένας ζωντανός οργανισμός μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα με το οποίο μπορεί να διατηρηθεί η ζωτική του ενέργεια. Τα ηλεκτροπαράγωγα στο ανθρώπινο σώμα είναι οι μύες και τα νεύρα του. Με την εξέλιξη της τεχνολογία είναι δυνατόν να μετρηθεί το ρεύμα των ζωντανών κυττάρων όπως και η ποσότητα διαφοράς δυναμικού ($V=τάση$) μετρίεται σε μV . Αυτό καταστεί τη χρήση του ηλεκτρισμού χρήσιμη για τη διάγνωση τυχών προβλημάτων των περιφερικών νεύρων και την θεραπευτική τους προσέγγιση. Στις περιπτώσεις που δεν σημειώνεται η φυσιολογική αντίδραση των νεύρων και των μυών ο ηλεκτρισμός λειτουργεί ως ερεθισμός σε αυτά για να προκληθεί μυϊκή συστολή συμβάλλοντας στην πρόληψη από δευτερογενή προβλήματα όπως την απραξία. (Nanda, 2018)

Ο Watson (2011) αναφέρει ότι ο FES θεωρείται η εφαρμογή ηλεκτρικών ώσεων στο σώμα για την βελτίωση της χαμένης ή μειωμένης λειτουργικής ικανότητας.

Δύο κατηγορίες FES φαίνεται να υπάρχουν στην βιβλιογραφία :

- *ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ* : αναφέρεται στην αποκατάσταση της κίνησης ή της λειτουργίας όπως στην ορθροστάτηση ατόμου με παραπληγία.
- *ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΟΣ* : αναφέρεται στην άρση μιας κατάστασης ανικανότητας όπως η μυϊκή ενδυνάμωση για την παύση της μυϊκής αδυναμίας. (Nanda, 2018)

Η εφαρμογή του κάνει λόγο για την διοχέτευση ηλεκτρικών ώσεων σε εννευρωμένους αλλά και απονευρωμένους μύες. Στην πρώτη περίπτωση στοχεύει στην εκπόλωση του κινητικού νεύρου για να προκληθεί μυϊκή σύσπαση με συγκεκριμένες παραμέτρους (εύρος παλμού 100-1000 μs , συχνότητα 10-100Hz, ένταση με επιφανειακά ηλεκτρόδια μέχρι 120mA- με φορτίο 1k Ω). Στην δεύτερη περίπτωση η χρήση του έχει στόχο την εκπόλωση των απονευρωμένων μυϊκών ινών όμως οι παράμετροι διαφοροποιούνται σημαντικά (100-1000 μεγαλύτερο από πριν εύρος παλμού) οδηγώντας σε διαφορετικό εξοπλισμό ηλεκτροθεραπείας. (Watson, 2011)

Πιο συγκεκριμένα ο FES χρησιμοποιείται για αποκατάσταση σε προβλήματα του κεντρικού νευρικού συστήματος όπως εγκεφαλικό επεισόδιο, κάκωση νωτιαίου μυελού, σκλήρυνση κατά πλάκας και άλλα. Ο ερεθισμός μπορεί να εφαρμοστεί κανονικά όταν το περιφερικό νευρικό σύστημα είναι άθικτο και η χρήση του μπορεί να γίνει είτε βραχυπρόθεσμα ώστε να έχουμε γρήγορα αποτελέσματα είτε μακροπρόθεσμα με επιφανειακό ερεθισμός και με εμφυτεύσιμους διαδερμικούς διεγέρτες και/ή ηλεκτρόδια αντίστοιχα. Τα βασικά προβλήματα του επιδερμικού ερεθισμού είναι η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, η εφαρμογή επαρκούς μυϊκού όγκου, ιδιαίτερα στους εν τω βάθη ιστούς, και η επίτευξη λεπτών κινήσεων με ακρίβεια,

παραδείγματος χάρη της άκρας χείρας, ενώ των εμφυτευμάτων είναι η χειρουργική επέμβαση και το κόστος. (Doucet, 2012)

2.1 Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων

Το μέγεθος των ηλεκτροδίων παίζει ρόλο στον λειτουργικό ηλεκτρικό ερεθισμό διότι τα μεγάλα ηλεκτρόδια ενεργοποιούν περισσότερο μυϊκό ιστός όμως το ρεύμα διαχέεται σε μια ευρύτερη επιφάνεια λιγότευοντας την πυκνότητα του ρεύματος ενώ τα μικρά ηλεκτρόδια συγκεντρώνουν πυκνότητες ρεύματος, επιτρέποντας την εστιακή συγκέντρωση του ρεύματος με μικρή πιθανότητα διέγερσης σε κοντινούς μύες αλλά το πυκνό ρεύμα αυξάνει την πιθανότητα για δυσφορία ή πόνο. Επομένως, η τοποθέτηση είναι σημαντικός παράγοντας για την ανταπόκριση των μυών με επικρατέστες απόψεις την τοποθέτηση ηλεκτροδίων απευθείας πάνω στην γαστέρα του μυ ή στο σημείο νεύρωσης. (Doucet, 2012)

Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια μπορεί να είναι:

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

Η επιλογή των ηλεκτροδίων γίνεται ανάλογα το μέγεθος του μυός και την περιοχή που θα τοποθετηθεί το ουδέτερο ηλεκτρόδιο. Το ζεύγος αποτελείται από ένα ηλεκτρόδιο ονομαζόμενο θετικό ή αρνητικό που τοποθετείται στο κινητικό σημείο και από το ουδέτερο ηλεκτρόδιο που η τοποθέτηση του γίνεται στον μυ προκειμένου να κλείσει το κύκλωμα και να αποφευχθεί η επιστράτευση περισσότερων μυϊκών ινών. Γύρω από το ηλεκτρόδιο τυλίγεται 8 φορές γάζα κατάλληλου μεγέθους για την τέλεια επαφή του ηλεκτροδίου με το δέρμα, για παράδειγμα σε μέγεθος 3 εκατοστά μήκος και 2 εκατοστά επιλέγεται $5 \times 4 = 20$ εκατοστά μήκος και $4 \times 4 = 16$ εκατοστά πλάτος καθώς τηρείται περιθώριο 1 εκατοστό γύρω από το χείλος του ηλεκτροδίου. Οι γωνίες των ηλεκτροδίων συνίσταται να είναι στρογγυλεμένες διότι στις μυτερές φαίνεται μεγαλύτερη συγκέντρωση ηλεκτρικού ρεύματος. Αν το ηλεκτρόδιο είναι τύπου άνθρακα τότε δεν χρειάζεται γάζα λόγω της ειδικής γέλης. (Nanda, 2018)

Η πορεία του ρεύματος για κινητικό ερεθισμό προτείνεται να είναι κατά μήκος του μυ και όχι κάθετα. Έτσι μεγιστοποιείται η πιθανότητα για κινητική αντίδραση, λόγω του ερεθισμού στο κινητικό νεύρο ή στον μυ. (Watson, 2011)

2.2 Αγωγή

- Συγκατάθεση και ενημέρωση του ασθενή για τα αποτελέσματα και τους κινδύνους.
- 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 εφίσταται η προσοχή του θεραπευτή.
- Τοποθέτηση ασθενούς σε άνετη θέση, με προσβασιμότητα στους μύες που λαμβάνουν μέρος και μακριά από εμπόδια αν αναμένεται κίνηση.
- Τοποθέτηση ηλεκτροδίων μετά από έλεγχο του δέρματος και εφαρμογή του ρεύματος. Πληροφόρηση από τον ασθενή για την ανοχή του σε αυτό και καθορισμός έντασης.
- Κανονισμός της αγωγής που θα ακολουθηθεί και 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, καταγραφή παραμέτρων και αντιδράσεων του ασθενούς. (Joničić, 2012; Venugopalan, 2015)

2.3 Διέγερση

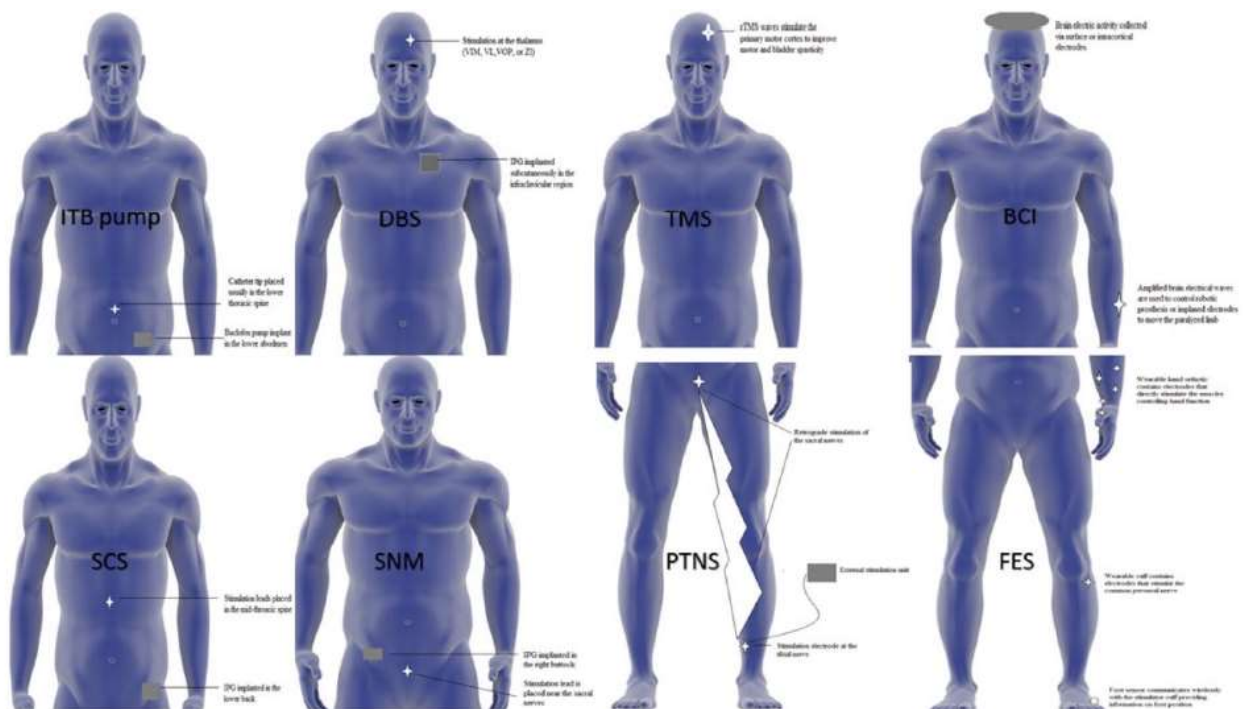
Η δοσολογία είναι διαφορετική ανάλογα με τους σκοπούς της θεραπείας. Για ενδυνάμωση, γίνεται αύξηση της έντασης μέχρι τη δημιουργία αρκετής ροπής. Αντίθετα, για κινητοποίηση χρειάζεται χαμηλή ροπή και μέτρια ένταση. Περιοριστικός παράγοντας είναι ο πόνος για αυτό πραγματοποιούνται πολλές επαναλήψεις με μέτρια ένταση. (Watson, 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 διακλαδούμενων ηλεκτροδίων, όπως στην περίπτωση ρεύματος υψηλής τάσης. (Doucet, 2012; Alon, 2018)

Ωστόσο η δοσολογία των πρωτοκόλλων 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. (Joničić, 2012)

2.4 Εφαρμογές FES

Η χρήση του FES φαίνεται να χορηγείται ιδίως για την αποκατάσταση του άνω άκρου σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο για τον πόνο, την λειτουργικότητα, την μυϊκή δύναμη και την άμεση αποκατάσταση τόσο στα περιστατικά με υπεξάρθρημα ώμου όσο και σε εκείνα με πρόβλημα στην άκρα χείρα. Επίσης χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση των μυών του άνω και κάτω άκρου, στην αύξηση της β-ενδορφίνης και η μείωση του παράγοντα νέκρωσης όγκου (TNF-alpha) σε παθήσεις όπως η Πολλαπλή Σκλήρυνση, το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, η εγκεφαλική παράλυση. Για την επίτευξη της ορθοστάτησης σε άτομα με κάκωση νωτιαίου μυελού η χρήση επιφανειακών, ενδοδερμικών και εμφυτεύσιμων ηλεκτροδίων απέδειξαν θετικά ευρήματα.



Εικόνα 7: Εφαρμογές FES. (Πηγή Abboud, 2017)

Εναλλακτική λύση στην ιδιοπαθή σκολίωση θεωρείται ο FES σε περίπτωση που ο ασθενείς δεν δέχεται τον κηδεμόνα. Εφαρμόζεται στην κυρτή πλευρά κατά τη διάρκεια της νύχτας περιορίζοντας την διεύρυνση του προβλήματος. Συμπληρωματικά εφαρμόζεται στην αντιμετώπιση της συγγενούς ραιβοϊποποδίας για την μυϊκή ατροφία και την ενδυνάμωση των ραχιαίων καμπτήρων και των πρηνιστών του άκρου πόδα. Άλλες εφαρμογές αναφέρουν διατήρηση και βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής μέσω ποδηλασίας και κωπηλασίας ερεθίζοντας μεγάλες μυϊκές ομάδες. Αναπνευστικά, αντιμετωπίζει την αποφρακτική άπνοια στον ύπνο, την δυσφαγία, την παράλυση φωνητικών χορδών, την λαρυγγική δυστονία, καθώς

και διευκολύνει τον βήχα με ερεθισμό των κοιλιακών μυών. Όταν τα προβλήματα κύστεως-εντέρου δεν αντιμετωπίζονται με βιοανατροφοδότηση, τότε εφαρμόζεται ερεθισμός νωτιαίων ριζών ή αιδοϊκού νεύρου όπου γίνεται πλήρης εκκένωση με εφαρμογή του ερεθισμού 8,6 ωρών ημερησίως. Πλεονέκτημα στον ηλεκτρικό ερεθισμό του αιδοϊκού νεύρου είναι η εύκολη τοποθέτηση του διεγέρτη κοντά στο νεύρο, σε άντρες και γυναίκες. (Jonidić, 2012; Abboud, 2017; Alon, 2018)

2.5 Οφέλη

Ο FES μπορεί να συνδυαστεί με τη βάρδια, το ποδήλατο και τις ορθώσεις με σκοπό την αποκατάσταση. 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 εφαρμόζεται περιφερειακά, πολλοί έχουν προτείνει πως μέσω τροποποίησης της διέγερσης, κεντρικοί μηχανισμοί είναι δυνατόν να ενεργοποιηθούν. Επιπλέον, οι δέκτες πιθανόν να ενθαρρυνθούν ψυχολογικά βιώνοντας την αίσθηση της ενεργού κίνησης των μυών μέσω διέγερσης με τα συστήματα FES. (Doucet, 2012)



Εικόνα 8: Συσκευή Ηλεκτρικής Λειτουργικής Διέγερσης. (Πηγή: <https://www.l300go.com/>)

2.6 Σημεία Προσοχής

Όπως προαναφέρθηκε ο FES είναι μια ηλεκτρική συσκευή οπότε χρήζει τακτικού ελέγχου και συνεχούς συντήρησης από τον φυσικοθεραπευτή πριν από κάθε χρήση σε ασθενή. Χρειάζεται προσοχή για την σύνδεση των καλωδίων, την κατάσταση του δέρματος και την ένταση η οποία αυξάνεται μόνο στη διάρκεια μυϊκής απάντησης, συνεννόησης με τον ασθενή ή ένδειξης από τη συσκευή. Έπειτα αποσυνδέεται ο ασθενής και απενεργοποιείται η συσκευή.

Αντενδείξεις :

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

Τα εμφυτευμένα μέταλλα λόγω της υψηλής αγωγιμότητας από τον υποδόριο ιστό δεν αποτελούν αντένδειξη όπως και έως πρότινος η διέλευση ρεύματος στην περιοχή της πυέλου. (Robertson, 2011; Jovičić, 2012)

2.7 Συσκευές

Υπάρχουν φορητές, που λειτουργούν με μπαταρίες, και σταθερές, που συνδέονται με το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Υπάρχει αντιπαράθεση μεταξύ των θεραπειών για το αν τα δύο αυτά διαφορετικά είδη είναι εξίσου αποτελεσματικά ή αν οι σταθερές συσκευές υπερτερούν των φορητών, βέβαια χρειάζονται περισσότερες έρευνες. Το σημαντικότερο για την αγορά μίας συσκευής FES είναι η επιβεβαίωση πως πληροί 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 εναλλασσόμενο, συνεχές και παλμικό ή διακοπτόμενο. (Watson, 2011; Alon, 2018; Rajavenkatanarayanan, 2019)



Εικόνα 9: Συσκευές FES με ασύρματη και ενσύρματη λειτουργία. (Πηγή : Venugopalan, 2015)

Κεφάλαιο 3^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ FES ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται έρευνες που διενεργήθηκαν σε ανθρώπους ώστε να εντοπιστούν οι εφαρμογές του FES στα άτομα με Πολλαπλή Σκλήρυνση. Η αναζήτηση των σχετικών άρθρων πραγματοποιήθηκε μέσω έγκυρων ηλεκτρονικών βάσεων δεδομένων όπως PubMed, MEDLINE, HSPC και μηχανών αναζήτησης όπως Google Scholar.

Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση ήταν : λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός (Functional Electrical Stimulation-FES), σκλήρυνση κατά πλάκας (multiple sclerosis), κόπωση (fatigue), κύκλος βάδισης (gait), κινητικότητα (mobility), ποιότητα ζωής (quality of life).

3.1 Αποτελεσματικότητα FES στο νευρογενές έντερο

Το 2016 έρευνα υπέδειξε ότι η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) των κοιλιακών μυών μπορεί να είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της δυσκοιλιότητας σε ασθενείς με Π.Σ. οι Singleton et al. (2016) σε μια μελέτη χορήγησαν FES για 30 λεπτά δύο φορές την ημέρα για μια περίοδο έξι εβδομάδων ημερησίως.

Ασθενείς με ιστορικό συνδρόμου ευερέθιστου εντέρου, οργανική απόφραξη του εντέρου ή άλλη ασθένεια του εντέρου ή αντενδείξεις για FES (επιληψία, καρδιακό βηματοδότη ή άλλες εμφυτευμένες ηλεκτρικές συσκευές) αποκλείστηκαν.

Η παρέμβαση αφορούσε λειτουργική ηλεκτρική διέγερση του έξω πλάγιου και εγκάρσιου κοιλιακού όπου τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν πάνω από το μυ με την ισχυρότερη ορατή σύσπαση των μυών. Η θεραπεία χορηγήθηκε από τους φροντιστές ή από τους ίδιους τους ασθενείς μετά την εκπαίδευση τους από τους κλινικούς ιατρούς για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων και τη χρήση της συσκευής. Η θεραπεία δόθηκε αρχικά για 15 λεπτά δύο φορές την ημέρα για τις πρώτες 2 ημέρες. Στη συνέχεια, η συνεδρία αυξήθηκε στα 30 λεπτά δύο φορές την ημέρα. Η ώρα της ημέρας για τη θεραπεία με χρήση FES αποφασίστηκε από τους ασθενείς για να συμπίπτει με την συνηθισμένη ρουτίνα του εντέρου τους. Επετράπη πόσιμο νερό, απλό τσάι ή καφές χωρίς γλυκαντικό ή κρέμα έως και 8 ώρες πριν από την παρέμβαση.

Οι ασθενείς είχαν επίσης τη δυνατότητα να προβούν σε οποιαδήποτε φαρμακευτική αγωγή, εκτός από τα φάρμακα που επηρεάζουν την κινητικότητα του γαστρεντερικού σωλήνα. Από το πρωί της δοκιμής οι ασθενείς είχαν ένα τυποποιημένο γεύμα Smartbar στη συνέχεια ήπιαν το SmartPill και έπειτα για 6 ώρες έμειναν νηστικοί. Ζητήθηκε από τους ασθενείς να

κρατήσουν ένα ημερολόγιο λειτουργίας του εντέρου τους στο οποίο θα αναγραφόταν καθημερινά η συχνότητα της αφόδευσης, η συνέπεια και το μέγεθος των κοπράνων (μικρή ή μεγάλη), η παρουσία ή απουσία ανάγκης να αφοδεύουν και η αίσθηση ατελούς εκκένωσης του εντέρου.

Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι βελτιώθηκε η κινητικότητα του εντέρου εξαιτίας της ενίσχυσης στους κοιλιακούς μυς και της αύξησης της ενδοκοιλιακής πίεσης που επιτρέπει ευκολότερη ώθηση των περιεχομένων του εντέρου καθώς φάνηκε η αφόδευση να πλησιάζει το μέσο όρο των 73 και 59 ωρών.

Πιο πρόσφατη μελέτη από τους Street et al. (2018) που βασίστηκε σε παρόμοια μέτρα έκβασης απέδειξε πως η χρήση FES 2 φορές την ημέρα από 30 λεπτά για το διάστημα 6 εβδομάδων βελτιώνει τον έλεγχο του νευρογενούς εντέρου και της νευρογενής κύστης επιτρέποντας συχνότερη αφόδευση δηλαδή 2-3 μέρες αντί 10-14 (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Μελέτες για την επίδραση του FES σε νευρογενές έντερο.

Συμμετέχοντες/ Αναφορές	Παρέμβαση/ Σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα
4 γυναίκες (Singleton, 2016)	Σε εγκάρσιο και έξω πλάγιο κοιλιακό με Microstim 2 για 6 εβδομάδες ώστε να αντιμετωπιστεί η δυσκοιλιότητα.	Ορθογώνια ασημένια ηλεκτρόδια επιφάνειας άνθρακα (50 × 90 mm), 40 Hz, 330μ πλάτος παλμού, 40-50 mA.	Βελτίωση της κινητικότητας του εντέρου.
20 άτομα (Street, 2018)	Σε εγκάρσιο και έξω πλάγιο κοιλιακό με Microstim 2 για 6 εβδομάδες ώστε να αντιμετωπιστεί η δυσκοιλιότητα.	Υποαλλεργικά ηλεκτρόδια, 40 Hz, 300μ πλάτος παλμού, 40-50 mA (συστολή 8s με ενδιάμεση παύση 2s και διάρκεια παύσης 3s).	Βελτίωση στον έλεγχο της κινητικότητας του εντέρου και της κύστης.

3.2 Ποιότητα ζωής με τη χρήση FES

Έρευνες έχουν αποδείξει πως η χρήση φορητού FES συνδυαστικά με την άσκηση βελτιώνουν σημαντικά την ποιότητα ζωής των ανθρώπων που πάσχουν από οποιοδήποτε τύπο Σ.Κ.Π. (Πίνακας 2).

Συστηματική έρευνα που διεξήγαγαν οι Scally et al. (2020) σε 4 βάσεις δεδομένων αποδεικνύει ότι με τις απαραίτητες κλίμακες αξιολόγησης και τις κατάλληλες παραμέτρους στη συσκευή λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα. Αποτελέσματα φαίνονται στην λειτουργικότητα καθώς βελτιώνονται οι αποδόσεις του δείγματος σε κλίμακες όπως η 12-item MS Walking Scale, στην μυϊκή δύναμη σχετιζόμενη με την σπαστικότητα του κορμού και των κάτω άκρων με βάση το μυϊκό τεστ και την Lower Limb Spasticity Measurement System. Επιπλέον, τόσο στην βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής λειτουργίας για την πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων όσο και στον ψυχολογικό τομέα για την καλύτερη ποιότητα ζωής τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά όμως χρήζουν περισσότερων ερευνών.

Το 2015 οι Sampson et al. επιχείρησαν έρευνα με 5 συμμετέχοντες από κέντρα Πολλαπλής Σκλήρυνσης του Σαουθάμπτον. Για 10 εβδομάδες οργανώθηκαν 18 συνεδρίες 1 ώρας προκειμένου να ερευνηθεί η επίδραση του FES μαζί με ρομποτική υποστήριξη στην βελτίωση λειτουργικότητας και ελέγχου του άνω άκρου. Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκε παθητική ρομποτική υποστήριξη με όργανα που συνδέθηκε με FES, μια οθόνη εικονικής πραγματικότητας για το χρήστη και οθόνη υπολογιστή προσαρμογής των παραμέτρων.

Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σε τρικέφαλο και πρόσθιο δελτοειδή μυ με την συχνότητα διέγερσης σταθερή στα 40 Hz, το πλάτος παλμού σε μέγιστη τιμή, ο συμμετέχων αύξανε προοδευτικά το πλάτος διέγερσης μέχρι να παραχθεί κίνηση σε ανεκτό επίπεδο. Το δείγμα ασκούσε τουλάχιστον έξι τροχιές, κάθε μία επαναλαμβανόμενη έξι φορές, με περίοδο ανάπαυσης 2-10 δευτερολέπτων μεταξύ κάθε προσπάθειας για διάστημα 18-33 λεπτών. Στην περίοδο παρέμβασης οι επαναλήψεις αυξήθηκαν μεταξύ οκτώ και έντεκα σύμφωνα με την πρόοδο, την κούραση και το κίνητρο των συμμετεχόντων. Καθώς το δείγμα ανταποκρινόταν στους σκοπούς της μελέτης η παθητική ρομποτική υποστήριξη μειώθηκε αναλόγως την ανοχή στην άσκηση.

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με SPSS v19 με δείκτη σημαντικότητας $p < 0,05$ βασισμένα στα μέτρα έκβασης των Action Research Arm Test, Nine Hole Peg Test, Manual Ability Measure-36 και Fugl-Meyer Assessment. Παρουσιάστηκαν βελτιώσεις στην ακρίβεια της απόδοσης του αγκώνα και του ώμου με τη χρήση FES (0,71 και 1,31) και χωρίς (2,21 και

3,75) υποδηλώνοντας ότι χρειάζεται μικρότερη χορήγηση FES για την ακριβέστερη κίνηση. Χωρίς την ρομποτική υποστήριξη το δείγμα κατέγραψε ενισχυμένη επίδοση μεταξύ 34, 38% και 113,58%. Αύξηση στην κινητικότητα φάνηκε από την Fugl-Meyer Assessment κατά 6 βαθμούς (48,5-50,8), στην αντιληπτική ικανότητα από 46,8 σε 50,4 όπως φάνηκε στην Manual Ability Measure-36, στην λειτουργικότητα του άνω άκρου υπήρξε βελτίωση στη βαθμολογία από 45,6 σε 50,8, ο χρόνος στο Nine Hole Peg Test μειώθηκε από 145,3 σε 116,3. Ο εγγύς βραχίονας, βελτιώθηκε γεγονός που υποδηλώνει πως απαιτείται εξειδίκευση στην εκπαίδευση του άνω άκρου (22,4 σε 28 από πιθανά 36 σημεία στην Fugl-Meyer Assessment). Οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν μέσω ερωτηματολογίου για τα αποτελέσματα τις έρευνας δείχνοντας ικανοποιημένοι και δίχως να αναφέρουν παρενέργειες, ωστόσο λόγω του μικρού δείγματος χρήζει περαιτέρω έρευνας. (Sampson, 2015)

Πίνακας 2: Μελέτες για την επίδραση του FES στην ποιότητα ζωής.

Παράμετροι	Αποτελέσματα
<p>Η έρευνα έγινε για 6 μήνες με συνεδρίες 3 την εβδομάδα από 1 ώρα την φορά. Με διάρκεια φάσης 250 msec και συχνότητα παλμού 33-45 το δευτερόλεπτο. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σε εκκίνησης και καμπήρες των κάτω άκρων.</p>	<p>Βελτίωση φάνηκε στην βάρδια με βελτιωμένα σκορ σε 2 Walk Test, Timed 25-foot Walk, Timed Up and Go. Παρατηρήθηκε αύξηση της μυϊκής δύναμης των μυών που έλαβαν διέγερση. Στην κλίμακα EDSS δεν φάνηκε αλλαγές ενώ στην Short Form-36 φάνηκε βελτίωση στην ψυχική υγεία με 13% αύξηση στο σκορ.</p>
<p>Πραγματοποιήθηκαν 18 εκπαιδευτικές συνεδρίες μιας ώρας σε διάστημα 10 εβδομάδων. Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στο άνω άκρο με την μικρότερη λειτουργικότητα. Συχνότητα διέγερσης ορίστηκε σε 40Hz ενώ το πλάτος παλμού την πρώτη φορά ορίστηκε σε μια μέγιστη τιμή και ο συμμετέχων αυξάνει προοδευτικά σε κάθε μη υπό την επίβλεψη θεραπευτή. Στις επόμενες συνεδρίες οι τιμές σταθεροποιήθηκαν μέχρι το τέλος της έρευνας. Ο συμμετέχων ασκούσε τουλάχιστον έξι εύρη, με επανόληνη έξι φορές, περίοδο ανάπαυσης 2-10 δευτερόλεπτων μεταξύ κάθε προσπάθειας συνολικά για 18-33 λεπτά.</p>	<p>Αύξηση της λειτουργικότητας στο άνω άκρο με βελτίωση στην κίνηση του αγκώνα και του ώμου σε ποσοστό 12,8 % και 23,6 % αντίστοιχα. Επίσης πρόδος καταγράφηκε στα σκορ από τις κλίμακες Fugl-Meyer, Nine Hole Peg Test, Manual Ability Measure-36 και Action Research arm Test.</p>
<p>Συνδυαστικά με την φυσιοθεραπευτική παρέμβαση που αναλογούσε στο δείγμα με βάση τον τύπο της ΣΚΠ που ανήκει. Η έρευνα διήρκεσε 15 εβδομάδες με ελάχιστη διέγερση τα 60 λεπτά ανά συνεδρία. Χρησιμοποιήθηκαν εργομετρικά ποδήλατα με φορητές συσκευές FES.</p>	<p>Βελτίωση παρατηρήθηκε στην κινητικότητα και την αισθητικότητα των κάτω άκρων ενώ στην κλίμακα EDSS δεν φάνηκε πρόδος αναστηρίας.</p>
<p>Στο γκρουπ που χορηγήθηκε FES με επιφανειακά ηλεκτρόδια για 20 λεπτά και τέθηκαν οι παράμετροι της διάρκειας φάσης 200 ms, συχνότητας 30 Hz, πλάτος παλμού 3ms και έντασης μέγιστης ανοχής 20 έως 60 mA.</p>	<p>Σημαντική αύξηση της ταχύτητας βάρδιας ειδικά στην ομάδα Α επίσης αύξηση της ταχύτητας βάρδιας που οφείλεται σε αυξημένο μήκος βήματος και ρυθμό. Η αισθητικότητα στα σημεία της διέγερσης, η ανάρσταση έξω χερίλους και η ραχιαία κάμψη του άκρου ποδός βελτιώθηκαν.</p>

Παράμετροι	Αποτελέσματα	Συμμετέχοντες/ Αναφορές	Παρέμβαση/σκοπός
<p>30 λεπτά ποδήλατο/3 φορές την εβδομάδα/ 1 μήνα. Η ηλεκτρική διέγερση εκτελούνταν όταν γινόταν πετάλι με πλάτος παλμού 200 μs και συχνότητα 50 Hz. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στους εκτινόντες και τους καμπτήρες των κάτω άκρων. Ο ρυθμός ποδηλασίας ορίστηκε 35 έως 50 rpm.</p>	<p>Δεν παρατηρήθηκε αύξηση της σπαστικότητας ούτε της μυϊκής δόνησης των εκτινόντων ή των καμπτηρών του κάτω άκρου, εμφάνισαν μείωση του πόνου με βάση την Κλίμακα πόνου (MOS Pain Effects Scale) από 14,62 \pm 5,56 σε 11,54 \pm 4,63 όπως και μείωση στο σκορ της κλίμακας της κόπωσης Modified Fatigue Impact Scale από 30,79 \pm 12,97 σε 25,43 \pm 14,11.</p>	<p>5 άτομα Ratchford, 2010</p>	<p>Ηλεκτρική λειτουργική διέγερση σε δείγμα με επιθετική μορφή Π.Σ. ώστε να φανούν αλλαγές σε ψυχική υγεία, βλάβη και ποιότητα ζωής.</p>
<p>Η διάρκεια και ο ρυθμός ποδηλασίας ορίστηκε 50 rpm, το δείγμα δέχταν ηλεκτρική διέγερση όταν εκτελούσε πετάλι. Στις δύο ομάδες η αντίσταση του ποδηλάτου ήταν $\Delta = 1,08$ Nm, ισχύς $\Delta = 5,3$ W, η μία ομάδα διένυσε $\Delta = 8,7$ km ενώ η άλλη 9,8 km, οι παλμοί (60-110) καταγράφονταν από έξυπνο ρολόι.</p>	<p>Η ταχύτητα βάρδιας εμφάνισε μέτρια βελτίωση το ίδιο και η φυσική κατάσταση, στις δύο ομάδες η δύναμη των εκτινόντων και των καμπτηρών αυξήθηκε. Αύξηση φαίνεται να υπάρχει και στην VO2peak κατά 2,20 ml/kg/min.</p>	<p>5 άτομα Sampson, 2015</p>	<p>Εξετάστηκε η εφαρμογή FES και παθητικής ρομποτικής υποστήριξης μέσω του επαναληπτικού ελέγχου μάθησης.</p>
<p>Η ομάδα εκπαίδευσης πραγματοποιήσε ποδηλασία FES για 30 λεπτά, δύο έως τρεις φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στον μείζον γλουτιαίο, τον τετρακέφαλο και τους οπίσθιους μηριαίους με συσκευή RT300 στόχος ήταν ο ρυθμός ποδηλασίας 35-50 rpm, η ένταση ήταν ανάλογη του ασθενούς, διάρκεια παλμού 200 μs, συχνότητα 50 Hz και η αντίσταση του πεταλιού ήταν 0,14 Nm με προσαύξηση.</p>	<p>Συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε μείωση του πόνου αλλά βελτιώθηκε η σπαστικότητα με βάση την κλίμακα Ashworth επίσης σημαντική βελτίωση φάνηκε στην ψυχολογική υγεία και την φυσική κατάσταση των ασθενών καθώς αξιολογήθηκαν με τις Patient Health Questionnaire-9 και MS Quality of Life measure</p>	<p>40 άτομα Hammond, 2015</p>	<p>Η επίδραση του FES συνδυαστικά με την φυσικοθεραπεία σε δείγμα διαφορετικών τύπων Π.Σ.</p>
		<p>30 άτομα Salem, 2017</p>	<p>Η επίδραση της λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης σε συνδυασμό με την εκπαίδευση του διαδρόμου έναντι της χρήσης του διαδρόμου μόνο στη βάρδια.</p>

Συμμετέχοντες/ Αναφορές	Παρέμβαση/σκοπός
14 άτομα Backus, 2017	Ποδηλασία συνδυαστικά με FES σε μη περιπατητικό δείγμα για να ερευνηθεί η επίδραση της άσκησης στα άτομα αυτά.
11 άτομα Pilutti, 2019	Ποδηλασία συνδυαστικά με λειτουργική ηλεκτρική διέγερση ώστε να αυξηθεί η VO2peak και η ταχύτητα βάδισης.
21 άτομα Backus, 2020	Παρέμβαση με RT300 FES ποδηλασίας προκειμένου να διερευνηθούν αποτελέσματα σε ποιότητα ζωής.

3.3 Βάδιση και FES

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2015 από τους Street et al. με 117 γυναίκες και 70 άντρες πάσχοντες από Π.Σ. διερεύνησε την εκτέλεση βάδισης 10 μέτρων με FES. Το δείγμα ελέγχθηκε στις επιληπτικές κρίσεις και τις σκελετικές παραμορφώσεις. Σε διάστημα 5 μηνών έγιναν 2 δοκιμαστικές συνεδρίες ώστε να δοθούν οι απαραίτητες οδηγίες της συσκευής, να τοποθετηθούν τα ηλεκτρόδια πάνω στο κοινό περονιαίο νεύρο ή στην κεφαλή της περόνης, να χρησιμοποιήσουν 1 από τις 4 εκδοχές του Odstock Dropped foot Stimulator επίσης να καθοριστούν οι παράμετροι της έντασης, το μήκος παλμού και η κυματομορφή. Οι μετρήσεις έγιναν στη πρώτη συνεδρία και έπειτα από διάστημα 20 εβδομάδων.

Η διέγερση χορηγήθηκε κατά την φάση αιώρησης με διακόπτη πίεσης κάτω από την πτέρνα ώστε να προκαλείται ραχιαία κάμψη και μικρού βαθμού ανάσπαση έσω χείλους. Τέθηκαν οι κατηγορίες βάδισης με τις εξής ταχύτητες <0,4 m/s βάδιση στο σπίτι, 0,4-0,58 m/s, το πιο περιορισμένο περπάτημα, 0,59-0,79 m/s λιγότερο περιορισμένο περπάτημα, 0,8 m/s φυσιολογική βάδιση. Κλινικά σημαντικές αλλαγές στην ταχύτητα βάδισης ορίστηκαν ως σημαντική αλλαγή ($\geq 0,10$ m/s) και λιγότερο σημαντική ($\geq 0,05-0,10$ m/s). Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε T test και δείκτη σημαντικότητας $P < 0,001$. (Street, 2015)

Τα αποτελέσματα φανέρωσαν ότι 166 συνέχισαν να χρησιμοποιούν λειτουργικό ηλεκτρικό ηλεκτρισμό μετά από 20 εβδομάδες όμως 8 άτομα έδειξαν χειροτέρευση της κινητικότητας εξαιτίας της πάθησης, 8 εμφάνισαν ερεθισμό του δέρματος από τα ηλεκτρόδια εκ των οποίων οι 5 συνέχισαν τη χρήση. Η ταχύτητα βάδισης εμφάνισε σημαντική βελτίωση στο διάστημα των 20 εβδομάδων εξετάζοντας τα αποτελέσματα με βάδιση 10 μέτρων υπό διέγερση και χωρίς όπου το 71% παρουσίασε βελτιωμένη ταχύτητα από 0,1-0,5 m/s. Το 95% του δείγματος βελτίωσε ή διατήρησε την κατηγορία βάδισης, με βάση εκείνες που ορίστηκαν για την έρευνα, με την κατηγορία βάδισης στο σπίτι και φυσιολογικής βάδισης να εμφανίζουν σημαντικές αλλαγές. Επομένως ο FES μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την βελτίωση του κύκλου βάδισης χωρίς να επιβαρύνει τους χρήστες. (Street, 2015)

Το 2014 υλοποιήθηκε μελέτη των Marietta L van der Linden et al. με δείγμα 22 νοσούντων από Π.Σ. και 11 υγιών ατόμων επιλεγμένων μέσω κοινοτικής υπηρεσίας φυσικοθεραπείας. Οι συμμετέχοντες είχαν διαγνωστεί με Π.Σ. σε ηλικία 18 έως 75 και δεν είχαν χρησιμοποιήσει το FES για περισσότερο από τρεις εβδομάδες. Διαμορφώθηκαν δύο ομάδες οι οποίες εξετάστηκαν σε διαφορετικές συνθήκες βάδισης χωρίς υποδήματα. Στην

ομάδα με τα 22 άτομα τοποθετήθηκε ποδοδιακόπτης ODFS στην πτέρνα με ταινία για τον υπολογισμό της κινηματικής του αστραγάλου. Κλήθηκαν να βαδίσουν 6-7 μέτρα για την καταγραφή του βαδίσματος (Vicon Nexus 100 Hz οκτώ καμερών), έπειτα έξι φορές με τη συσκευή απενεργοποιημένη και έξι με ενεργοποιημένο εξοπλισμό. Τοποθετήθηκαν επιφανειακά ηλεκτρόδια στο πρόσθιο κνημιαίο και στο κοινό περνιαίο νεύρο επίσης βασισμένοι στο εγχειρίδιο της συσκευής (Vicon Plug-In-Gait) τοποθετήθηκαν ανακλαστήρες 14 mm σε πύελο και κάτω άκρο καθώς και με εργαλείο ευθυγράμμισης αντλήθηκαν οι ακριβείς πληροφορίες του άξονα κάμψης-έκτασης του γόνατος. Ως ταχύτητα στόχος ορίστηκε η μέση ταχύτητα βάδισης των ατόμων με Π.Σ. στα 0,74 m/s. Για την ηλεκτρική διέγερση χρησιμοποιήθηκε το ODFS III με παραμέτρους την ένταση 20 έως 70 mA, την συχνότητα στα 40 Hz αλλά ο χρόνος εξόδου, ο χρόνος επέκτασης και η ράμπα ρυθμίστηκαν εξατομικευμένα.

Η βαθμολογία προφίλ βάδισης καθόρισε την απόκλιση από την φυσιολογική βάδιση καθώς υψηλότερη βαθμολογία υποδείκνυε μεγαλύτερη διαφορά. Τέθηκαν οι παρακάτω γωνίες: ραχιαία κάμψη κατά την αρχική επαφή, μέγιστη πελματιαία κάμψη στην τελική φάση στήριξης, μέγιστη ραχιαία κάμψη και μέγιστη κάμψη γόνατος στην φάση αιώρησης, εύρος κίνησης ισχίου και μέγιστη κλίση της πύελου στην αιώρηση. Στα αποτελέσματα αποδείχτηκε ότι μεταξύ των δυο ομάδων δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην διάρκεια της διπλής φάσης στήριξης ούτε στις κινήσεις της πυελικής ζώνης ($p = 0,671$). Ωστόσο, το εύρος των ταχυτήτων παρουσίασε διαφορά με μεγαλύτερο εκείνο της ομάδας Π.Σ. επιπλέον εμφάνισαν μικρότερο μήκος βήματος και ταυτόχρονα μεγαλύτερο ρυθμό συγκριτικά με τα υγιή που βάδιζαν με χαμηλότερη ταχύτητα. Στην ομάδα Π.Σ. έδειξαν σημαντικά μειωμένη γωνία ραχιαίας κάμψης (αυξημένη πελματιαία κάμψη) αντίθετα με την ομάδα υγιών ατόμων ($p = 0,002$). Χαμηλή καταγράφηκε η γωνία του γόνατος στη μέγιστη κάμψη κατά τη φάση αιώρησης των ατόμων με Π.Σ. ($p = 0,002$). Η ταχύτητα βάδισης βελτιώθηκε με τη χρήση FES ($p = 0,039$) και το μήκος βηματισμού αυξήθηκε ($p = 0,02$) ενώ η μικρή βαθμολογία προφίλ βάδισης στο περισσότερο επηρεασμένο κάτω άκρο υποδεικνύει ένα μοτίβο βάδισης κοντά σε αυτό των ατόμων χωρίς Π.Σ. Η καταγραφή των μοιρών κατά την ραχιαία κάμψη στη φάση αιώρησης έδειξε μεταβολή από $2,4^\circ$ σε $5,7^\circ$ χωρίς να δείξει κάποιο σημαντικό στατιστικό δείκτη στις δύο ομάδες λόγω του μικρού δείγματος ατόμων που δεν νοσούν. (Marietta L van der Linden et al., 2014)

Στον Πίνακα 3 παρατίθενται έρευνες που αποδεικνύουν την επίδραση του FES στον κύκλο βάδισης βοηθώντας τον χρήστη να βαδίσει με ένα πιο φυσιολογικό πρότυπο βάδισης.

Πίνακας 3: Μελέτες FES και κύκλος βάρδισης.

Συμμετέχοντες /Αναφορές	Παρέμβαση/σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα
187 άτομα Street, 2015	Η αποσκοπούσε στην εξέταση της βιωσιμότητας της χρήσης του FES και της επίδρασης του στη βάρδιση.	Μελέτη διάρκειας 5 μηνών. Ο FES εφαρμόστηκε χρησιμοποιώντας 2 ηλεκτρόδια τοποθετημένα πάνω από το κοινό περονιαίο νεύρο είτε στην κεφαλή της περόνης είτε στον ιννακό βόθρο και πάνω από τον πρόσθιο κνημιαίο. Η διεγερση χρονομετρήθηκε στη φάση ταλάντευσης της βάρδισης χρησιμοποιώντας έναν διακόπτη ODFS κάτω από τη φτέρνα, προκαλώντας ραχιαία κάμψη με μικρή αντάσταση έσο χεύλους. Τέθηκαν το πλάτος παλμού έως 360 ms, ιδραστική κυματομορφή συχνότητας 40 Hz και ένταση μέχρι 100 mA.	Τα αποτελέσματα αποκόλυσαν αύξηση της ταχύτητας βάρδισης στο 71% εξαιτίας της διεγερσης και σημαντική πρόοδο με την πάροδο του χρόνου χρήσης. Το 4,3% εμφάνισε δερματικό πρόβλημα κατά την χρήση το οποίο δεν κρίθηκε σημαντικό για την βιωσιμότητα της συσκευής. Το 95% του δείγματος βελτίωσε και διατήρησε αισθητά τον κύκλο βάρδισης. Η βελτίωση της ταχύτητας βάρδισης κυμάνθηκε από 0,1-0,5m/s.
30 άτομα Spraich, 2014	Λειτουργική ηλεκτρική διεγερση με στόχο την διευκόλυνση του κύκλου βάρδισης.	Η παρέμβαση έγινε για 20 φορές από 40 λεπτά τη συνεδρία, 5 μέρες την εβδομάδα με διάλειμμα μεταξύ συνεδριών τις 2 ημέρες. Ένα ηλεκτρόδιο τοποθετήθηκε στην πελματιαία επιφάνεια του άκρου ποδός (επιφάνεια επαφής 7 εκ) και ένα στην ραχιαία επιφάνεια (επιφάνεια επαφής 2,63 cm ²). Η διεγερση έγινε με 5 παλμούς του 1 ms και συχνότητα 200Hz επαναλήφθηκε για 4 φορές με 15Hz, ένταση διεγερσης ρυθμίστηκε σε βήματα με 1 μΑ. Οι ασθενείς αξιολογήθηκαν για την ισορροπία τους με την Functional Ambulation Category (FAC).	Διαφορά παρατηρήθηκε στη ταχύτητα βάρδισης (0,04 m/s) μεταξύ των δύο ομάδων με την ομάδα που χρησιμοποιήθηκε FES να παρουσιάζει γρηγορότερη ταχύτητα βάρδιση. Η φάση στήριξης δεν εμφάνισε σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων παραμόνο μετά τη διάρκεια των θεραπειών η ομάδα που χρησιμοποιήθηκε FES έδειξε μικρότερη διάρκεια φάσης στήριξης. Το δείγμα έφτασε σε διασκελισμού περίπου 40% μικρότερο από αυτόν που είχε κατά την έναρξη και μεγαλύτερη φάση στήριξης στην πάσχουσα πλευρά περίπου 80% του κύκλου βάρδισης υποδεικνύοντας ένα πιο φυσιολογικό πρότυπο βάρδισης με καλύτερη βάση στήριξης.
2 άτομα Hausmann, 2015	Σκοπός της έρευνας ήταν καταγραφή του κοινού περονιαίου νεύρου στο πάσχον κάτω άκρο κατά την βάρδιση σε δείγμα που πάσχει από Π.Σ. προοδευτικού τύπου.	Η χρήση FES επιτεύχθηκε με το μηχανήμα ActiGait το οποίο εμφυτεύεται στο πάσχον κάτω άκρο και προσαρμόζεται στο κύκλο βάρδισης και την ταχύτητα του χρήστη καταγράφοντας το αναπήκωμα της πτέρνας μέσω εξωτερικού διακόπτη που έχει τοποθετηθεί εκεί (η μονάδα ελέγχου τοποθετείται γύρω από τη μέση του ασθενή και παράγει ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στην σπειροειδή κεραία επομένως τα σήματα μεταφέρονται στον εμφυτευμένο διεγέρτη για να παράγει διεγερση στα 4 ανεξάρτητα κανάλια). Έγινε χρήση 3D Kinematicsystem μετρώντας την ταχύτητα βάρδισης και τον υπολογισμό του κέντρου μάζας του δείγματος για την ποσοτικοποίηση της συμμετρίας βάρδισης καθώς ζητήθηκε στα άτομα να βαδίσουν σε ευθεία 8 μέτρων με το δικό τους ρυθμό, μόλις αισθανόντουσαν κόπωση έκαναν διάλειμμα 30 λεπτών, η διαδικασία έγινε τρεις φορές με ή χωρίς FES σε διαφορετικές μέρες και έπειτα από 3 μήνες.	Στα αποτελέσματα αναφέρθηκαν η βελτίωση της ποιότητας ζωής, μείωση της κόπωσης, αύξηση της απόστασης στην βάρδιση (δείγμα1 1884 μέτρα από 517 με χρήση FES ενώ χωρίς χρήση 1075 μέτρα, δείγμα2 506 μέτρα από 52 με AFO και διεγερση ενώ χωρίς ορθωτικό μέσο και διεγερση 176 μέτρα), αύξηση στην ταχύτητα βάρδισης (δείγμα1 δεν έδειξε σημαντική διαφορά όμως το δείγμα2 από 0,6 m/s έφτασε 0,8), το κέντρο μάζας εμφανίστηκε κεντρικότερα, τα άτομα ένιωθαν ευξία, δεν παραπονέθηκαν για αίσθημα πόνου και βελτιώθηκε σημαντικά η συμμετρία του κύκλου βάρδισης.
20 άτομα Mayer, 2015	Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να διερευνήσει την επίδραση του FES στην ταχύτητα βάρδισης, την αντοχή και την ποιότητα σε άτομο με Σ.Κ.Π. που έχουν footdrop και που λαμβάνουν σταθερή δόση δαλφαμπαρίδης. Ένας δεύτερος σκοπός ήταν να προσδιοριστεί ο αντίκτυπος της Σ.Κ.Π. στο περπάτημα και στην ποιότητα ζωής των ασθενών.	Η έρευνα διήρκεσε 3 μήνες με καθημερινή χρήση της συσκευής WalkAide στο εργαστήριο και για οικιακή χρήση. Η συσκευή απο τελείται από μπαταρία και μονάδα που φοριέται γύρω από το εγγύς τμήμα του κάτω άκρου, το οποίο συγκαταεί τη μονάδα ελέγχου και τα επιφανειακά ηλεκτρόδια. Χρησιμοποιεί αισθητήρα κλίσης και επιταχυνσιόμετρο για να ενεργοποιήσει την ραχιαία κάμψη, να ελέγξει το χρονισμό και τη διάρκεια της διεγερσης του περονιαίου νεύρου κατά τη φάση ταλάντευσης του κύκλου βάρδισης.	Παρατηρήθηκε αύξηση στην εκτέλεση του Timed 25-Foot Walk από 13,5 δευτερολεπτα σε 11,3, αύξηση στην κάλυψη περισσότερων μέτρων κατά τη βάρδιση 10%. Η ταχύτητα της βάρδισης αυξήθηκε από 0,35 σε 0,37 ft/s. Η ποιότητα ζωής των συμμετεχόντων άλλαξε από τον πρώτο καιρό όπου στο σκορ 12-item Multiple Sclerosis Walking εμφανίστηκε μείωση 6,4% και στους 3 μήνες 18,5%. το δείγμα ανέφερε βελτίωση στην κοινωνικότητα και αύξηση των δραστηριοτήτων.

Το 2016 οι Taylor et al. στο Ηνωμένο Βασίλειο μελέτησαν την επίδραση του STIMuSTEP για την διόρθωση της πτώσης του άκρου ποδός σε 23 άτομα με Πολλαπλή Σκλήρυνση. Δύο κανάλια διέγερσης χρησιμοποιήθηκαν για τους δύο κλάδους του κοινού περνιαίου νεύρου. Ο εν τω βάθει κλάδος παράγει ραχιαία κάμψη και ανάσπαση έσω χείλους και ο επιφανειακός κλάδος ανάσπαση έξω χείλους και πελματιαία κάμψη. Η συσκευή χρησιμοποιεί επινευρικά ηλεκτρόδια ($9 \times 2,75 \times 0,8$ mm με διάμετρο 1 mm διαχωρισμένο σε 5 mm). Ο έλεγχος προέρχεται από έναν ευαίσθητο στην πίεση ποδοδιακόπτη τοποθετημένο στο παπούτσι του δέκτη. Η διέγερση λαμβάνεται από έναν εξωτερικό ελεγκτή τοποθετημένο στο πόδι πάνω από τον δέκτη, μέσω ραδιοσυχνότητας με τις ανάλογες παραμέτρους. Το δείγμα χρησιμοποίησε εξωτερικό FES για 6 μήνες πριν την εγχείρηση ώστε να αναλυθούν τα δεδομένα συγκριτικά με τα εμφυτεύσιμα αποτελέσματα. Ως κλινικά σημαντική αλλαγή στη βάδιση θεωρήθηκε η $0,05 \text{ ms}^{-1}$ και μια ουσιαστική αλλαγή ήταν $0,1 \text{ ms}^{-1}$ ή μεγαλύτερη. Στα αποτελέσματα αποδείχθηκε ότι δεν υπήρξε σημαντική βελτίωση στην ταχύτητα βάδισης 3 μέτρων με την χρήση εξωτερικού FES ή μη καθώς καταγράφηκε $0,125 \text{ ms}^{-1}$ και $0,130 \text{ ms}^{-1}$ αντίστοιχα. Η απόσταση βάδισης αυξήθηκε με διέγερση από την εξωτερική συσκευή στα 27 m, $P < 0,001$ και με εμφυτευμένη 28 m, $P < 0,001$. Ο δείκτης φυσιολογικού κόστους έδειξε τάση προς μείωση της προσπάθειας βάδισης πριν ($P = 0,070$) και μετά ($P = 0,069$) την χειρουργική επέμβαση όταν μετρήθηκε πάνω από 10 m. Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο 36-στοιχείων δεν απέδειξαν σημαντικά στατιστικές διαφορές με το δείγμα να εμφανίζει μικρή βελτίωση στον αριθμό των πτώσεων (16/17) και στην εμπιστοσύνη κατά την βάδιση (14/14). Έπειτα από 40 εβδομάδες τα δεδομένα έδειξαν κλινικά σημαντική αύξηση της ταχύτητας βάδισης από οποιαδήποτε συσκευή ($0,11 \text{ ms}^{-1}$, $P = 0,003$ και $0,10 \text{ ms}^{-1}$, $P = 0,004$). Ωστόσο, υπήρξε σημαντική μείωση της ταχύτητας βάδισης από προσπάθεια κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, σύμφωνα με την εξέλιξη της Π.Σ. ($-0,232 \text{ ms}^{-1}$, $P = 0,014$).

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση από τους Smith et al. το 2020 αναζήτησε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του FES σχετικά με την χρονιότητα της συσκευής σε άτομα με Σ.Κ.Π. με κύριο σύμπτωμα την πτώση του άκρου ποδός. Στις μελέτες χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικά μέτρα έκβασης όπως ταχύτητα βάδισης ή απόσταση περπατήματος (δοκιμές βάδισης 2, 5 ή 6 λεπτών, δοκιμές βάδισης 10 m ή 25 m). Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια όπως Multiple Sclerosis Walking Scale (MSWS-12), Multiple Sclerosis Impact Scale (MSIS-29) και Modified Fatigue Impact Scale (MFIS). Μελετήθηκαν 21 έρευνες όπου αποκαλύφθηκε το θετικό όφελος συνδυασμού όρθωσης με FES έναντι τη χρήση όρθωσης χωρίς διέγερση με άμεση αλλαγή στη βάδιση η οποία πιθανόν οφείλεται στην νευροπλαστικότητα. Στους ασθενείς με αυτοελεγχόμενες ταχύτητες βάδισης $< 0,8$

m/s παρουσιάστηκε σταθερή βελτίωση αντίθετα με εκείνους που ήταν $> 0,8$ m/s. Ωστόσο, οι γρήγοροι και αργοί περιπατητές αναφέρουν ποιοτικές βελτιώσεις, όπως καλύτερο βάδισμα και μειωμένο κίνδυνο ολίσθησης και πτώσης. Θετικές επιδράσεις φάνηκαν στη στάση του σώματος, το μοτίβο βάδισης και τον μειωμένο αριθμό πτώσεων, επομένως δείχνουν ασφαλέστερο περπάτημα. Οι βελτιώσεις στη λειτουργική αξιολόγηση βάδισης, η αξιολόγηση της κόπωσης και του φυσιολογικού κόστους του βάδισης φανέρωσαν μειωμένη κόπωση. Σε μακροχρόνια μελέτη παρακολούθησης καταγράφηκε μειωμένος μυοσκελετικός πόνος με τη χρήση FES άρα η ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία επηρεάζεται θετικά από το FES. Σε άλλες μελέτες αναζητήθηκε η επίδραση του FES σε συνδυασμό με την φυσικοθεραπεία και αποδείχθηκε ότι ενισχύθηκε η επίδραση του FES στην ισορροπία (αριθμοί πτώσεων) και στο βάδισμα (Berg Balance Scale, The Activities-Specific Balance Confidence Scale, Timed Up and Go Test, 2-minute walk test, timed 25-foot walk test, Multiple Sclerosis Walking Scale-12) αλλά όχι περισσότερο από φυσιοθεραπεία με τεχνικές διευκόλυνσης. Παρά τα οφέλη που έχουν αποδειχθεί με τη χρήση του FES φαίνεται πως για την σπαστικότητα μπορεί να προκαλέσει ορατή αρνητική επίδραση. Η τακτική άσκηση είναι πλέον γνωστό ότι είναι νεύρο-προστατευτική και προάγει την καρδιαγγειακή υγεία σε αυτή την ομάδα ασθενών οπότε αν συνδυαστεί με FES δίνεται η δυνατότητα να επηρεαστούν θετικά οι ασθενείς. Περισσότερες μελέτες θα πρέπει να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητα της φυσικοθεραπείας με τη χρήση FES στο χρόνο για την βελτιστοποίηση των δεδομένων. (Smith, 2020)

Υπάρχουν περισσότερες μελέτες, που δίνουν μια εικόνα για την αποτελεσματικότητα του FES στην πτώση του άκρου ποδός στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Κύκλος βάρδισης & FES

Συμμετέχοντες/ Αναφορές	Παράμβαση/σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα
28 άτομα Taylor, 2014	Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της φυσικοθεραπείας με FES για τη βελτίωση της σταθερότητας και τη διέγερση του περονιαίου νεύρου ώστε να διορθωθεί η πτώση του άκρου ποδός.	Η έρευνα έγινε για 24 εβδομάδες στην πρώτη φάση μοιράστηκαν σε δύο ομάδες χρησιμοποιώντας είτε φυσικοθεραπεία είτε FES. Στη δεύτερη φάση οι δύο μέθοδοι συνδυάστηκαν προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα και να αναλυθεί η σειρά με την οποία έγιναν οι παρεμβάσεις. Η ηλεκτρική διέγερση δόθηκε μέσω αυτοκόλλητων ηλεκτροδίων δέκατος με την συσκευή O2CHSII. Στον άκρο πόδα τα ηλεκτρόδια (50 mm x 50mm) τοποθετήθηκαν πάνω από το κοινό περονιαίο νεύρο, είτε στην κεφαλή της περόνης είτε πάνω από τον πρόσθιο κνημιαίο μν. Για την έκταση του ισχίου (70 mm) η τοποθέτηση έγινε στα κινητήρια σημεία του μέγα γλουτιαίου και του μέσου γλουτιαίου εάν δεν απαιτείται η απαγωγή τότε η τοποθέτηση έγινε μόνο πάνω από τον μέγα γλουτιαίο. Ένταση 20 και 100 mA, πλάτος παλμού περίπου 200 ms και συχνότητα 40 Hz.	Τα αποτελέσματα ερευνηθηκαν βασισμένα στις αλλαγές που εμφανίστηκαν σε ROGA(κλινικό εργαλείο για την βάρδιση), 10 μέτρα βάρδισης, ημερολόγιο πτώσεων και την αυτοσυμπληρωμένη κλίμακα 29 στοιχείων (MSIS-29). Στις βαθμολογίες της ROGA δεν έδειξαν σημαντικές αλλαγές με την διέγερση μόνο στο περονιαίο νεύρο και την παρέμβαση φυσικοθεραπείας όμως αν ο FES διεγείρει μείζων γλουτιαίο και κοινό περονιαίο και έχουν προηγηθεί ασκήσεις ενεργοποίησης του πυρήνα τότε υπάρχει βελτίωση στις βαθμολογίες. Στην MSIS-29 παρατηρήθηκε μείωση στην βαθμολογία των ψυχολογικών ερωτήσεων με μέσο όρο 14,0-16,1. Στην βάρδιση 10 m πραγματοποιήθηκε αύξηση της ταχύτητας βάρδισης κατά 0,24 m/sec με χρήση FES συνδυαστικά με φυσικοθεραπεία. Στο ημερολόγιο πτώσεων είχε καταγραφεί αριθμός πτώσεων 83% χωρίς FES, ενώ με FES 61%.
23 άτομα Taylor, 2016	Η αποδοτικότητα μίας εμφυτεύσιμης συσκευής FES για τον έλεγχο της πτώσης του άκρου ποδός.	Το STIMuSTEP χρησιμοποιήθηκε στην επταετή μελέτη. Ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σε θήκη πολυπροπυλενίου με ράμματα νούμερο 6. Οι παράμετροι διέγερσης στους δύο νευρικούς κλάδους ρυθμίστηκαν μέχρις ότου παρήχθη ραχιαία κάμψη με μέτρια ανάρταση έσω χεϊλούς. 3 εβδομάδες δόθηκαν για την επύλυση έπειτα ελέγχθηκε 4 εβδομάδες μετά την εγκατάσταση / 3 μήνες αργότερα /6 μήνες και επήρσε μέχρι το τέλος της έρευνας. Ερωτηματολόγιο 36- στοιχείων για την ποιότητα ζωής, ταχύτητα βάρδισης 10-μέτρων, δείκτη φυσιολογικού κόστους (ο καρδιακός ρυθμός καταγράφηκε στο τέλος της προστάθειας με πολικό όργανο παρακολούθησης), απόσταση βάρδισης 3 λεπτών. Δύο βόλτες χωρίς FES ακολούθησαν από μια βόλτα με FES. Η 1 ^η προστάθεια έγινε για προθέρμανση, η 2 ^η και η 3 ^η για την ανάλυση δεδομένων.	Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκε στατιστικό λογισμικό Minitab 14 με δείκτη σημαντικότητας P=0,05. Στις 18 εβδομάδες φάνηκε ότι δεν υπήρξε αλλαγή στη βάρδιση 3 μέτρων με τη χρήση εξωτερικής ή εσωτερικής διέγερσης (0,125 ms ⁻¹ , P<0,001 και 0,130 ms ⁻¹ , P<0,001). Αύξηση στην απόσταση βάρδισης μετρήθηκε χρησιμοποιώντας και τις δύο συσκευές αλλά και μείωση της προστάθειας βάρδισης συγκριτικά με τα δεδομένα πριν την εγχείρηση. Στο ερωτηματολόγιο 36-στοιχείων τα άτομα δεν έδειξαν σημαντική διαφορά στις καθημερινές του δραστηριότητες σε σχέση με τους δύο τρόπους διέγερσης. Αλλαγές φάνηκαν στις 40 εβδομάδες τόσο στην ταχύτητα βάρδισης όσο και στην ταχύτητα βάρδισης από προστάθεια με σημαντική μείωση -0,232 ms ⁻¹ .
44 άτομα Prokopiouva, 2020	Αξιολόγηση των επιδράσεων του FES σε συνδυασμό με τον ορθοστατικό μηχανισμό των ασθενών στις κλινικές λειτουργίες και σύγκριση με την φυσικοθεραπεία στοχεύοντας στην διόρθωση της πτώσης του άκρου ποδός.	Μελέτη 2 μηνών → ομάδα1 → χορήγηση FES με διόρθωση από ορθοστατικό μηχανισμό (παραγωγή ηλεκτρικών ερεθισμάτων στο κοινό περονιαίο νεύρο και στους πρόσθιους μύες της κνήμης μέσω επιφανειακών ηλεκτροδίων, οι παράμετροι του WalkAide προσαρμόστηκαν ατομικά) στη 1η συνεδρία (1 h) με έμφαση στον ορθοστατικό μηχανισμό υπό τη δοκιμασία καθίσματος και όρθιας ενώ στη 2η (2 h) δόθηκε η συσκευή για το σπίτι. Αντίθετα, ομάδα2 → 16 συνεδρίες (1 h, 2 φορές/εβδομάδα) για φυσικοθεραπεία με ενεργοποίηση του πυρήνα όπου η θεραπεία σχεδιάστηκε ξεχωριστά σύμφωνα με την κατάσταση του ασθενούς, την αντίδραση στη θεραπεία, το καθορισμένο κύριο πρόβλημα. Επίσης, δόθηκε φυλλάδιο και βίντεο με οδηγίες. Μέτρα έκφρασης για τον κύκλο βάρδισης χρησιμοποιήθηκαν τα 2 min βάρδισης, 25 m βάρδισης, ερωτηματολόγιο βάρδισης (MSWS-12), δυναμικός δείκτης βάρδισης, για την ισορροπία η κλίμακα Berg, δοκιμασία Timed Up-and-Go, κλίμακα Activities-Specific Balance Confidence, δοκιμή Timed up and Go με μια γνωστική εργασία, για την κινητικότητα η κλίμακα απόδοσης, ο δείκτης κινητικότητας Rinetmead, δοκιμή τεσσάρων τετραγωνικών βημάτων, δοκιμασία sit-to-stand επί 5 επαναλήψεις, για την κόπωση χρησιμοποιήθηκε κλίμακα για κινητικές και γνωστικές λειτουργίες (FSMC), για τη γνωστική λειτουργία το Symbol Digit Modalities, για την καθημερινότητα συμπληρώθηκε ερωτηματολόγιο Euroqol-5 και για τις επιπτώσεις της Π.Σ. η κλίμακα MSIS-29.	Για τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικό T-test και Wilcox. Οι μετρήσεις έγιναν στη αρχή και μετά από 2 μήνες για να συγκριθούν τα δεδομένα. Στην ομάδα1 βελτιώθηκε η ισορροπία (δείκτης σημαντικότητας P=0,073), η κινητικότητα (P=0,005) και η καθημερινή ζωή (P=0,029). Μερικές παράμετροι, όπως η γνωστική λειτουργία (P=0,074), βελτιώθηκαν έπειτα από 2 μήνες. Στην ομάδα2 φάνηκε σημαντική βελτίωση στην κλίμακα Berg με P=0,025 και στην MSWS-12 P=0,078 η οποία συνεχίστηκε δύο μήνες μετά την ολοκλήρωση της μελέτης. Παρατηρήθηκε θετική αλλαγή στο Euroqol-5 η οποία διατηρήθηκε (P=0,057). Συγκριτικά στην ομάδα1 η επίδραση φάνηκε να επιμένει περισσότερο. Μετά την έρευνα η ομάδα2 αποδείχθηκε ότι είχε μεγαλύτερη βελτίωση στη γνωστική λειτουργία (P= 0,545). Τα άτομα που παλαιότερα έλαβαν φυσικοθεραπεία έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά στην κινητικότητα, τη γνωστική λειτουργία και το συνολικό σκορ (P=0,001, 0,023, 0,004).

3.5 Όρθωση και FES

Έρευνα που διεξήχθη στο πανεπιστήμιο ιατρικών επιστημών του Ιράν από τους Aslani et al. το 2021, μελέτησε σε 30 πάσχοντες με Σ.Κ.Π. την ισορροπία και την βάρδιση υπό συνθήκες FES ή όρθωσης αστραγάλου συνδυαστικά με λειτουργική ηλεκτρική διέγερση. Το δείγμα αποτελούνταν από 17 γυναίκες και 13 άνδρες, ηλικίας 20-50 ετών, με πτώση του άκρου ποδός τουλάχιστον 3 μηνών. Αξιολογήθηκαν η κλίμακα EDSS, η ισορροπία, η ικανότητα βάρδισης, η αισθητικότητα επίσης χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία Balance Evaluation Systems Test (BESTest).

Η όρθωση από πολυπροπυλένιο είχε πάχος 3 mm, γωνία κλίσης προς τα εμπρός 10° και μέσω Bluetooth συνδέθηκε στο βαθμονομητή T109. Η συσκευή FES (T102 της Taiwan) με δύο επιφανειακά ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο κοινό περνιαίο νεύρο και την ιγνυακή κοιλότητα (επί τα εκτός), με συχνότητα μεταξύ 10-50 Hz με σύντομους παλμούς. Σε πρώτη φάση ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να εκτελέσουν τις δοκιμασίες του BESTest με το FES για 20 λεπτά καταγράφοντας τα σκορ και έπειτα με την όρθωση βαδίζοντας για 5 λεπτά.

Σε βάρδιση με πρόσθιο και οπίσθιο βηματισμό φάνηκε πως η όρθωση συνδυαστικά με FES παρείχε μεγαλύτερη στήριξη ($P < 0,05$) αντίθετα η βάρδιση σε επίπεδο έδαφος περιστρέφοντας το κεφάλι και η χρονομετρημένη διαδικασία «Get UP & GO» απέδειξε σημαντική διαφορά με την μέθοδο FES να είναι αποτελεσματικότερη ($P = 0,035$). Στις δύο μεθόδους δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην αισθητηριακή ανταπόκριση και στην αντίδραση θέσεων με το σύστημα Wilcoxon. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση όρθωσης με FES βοήθησε περισσότερο στην σταθερότητα αντιθέτως ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός εμφάνισε βελτίωση στην βάρδιση των συμμετεχόντων. (Aslani, 2021)

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται μερικές μελέτες αποδεικνύοντας την επίδραση του FES και των ορθώσεων στην Πολλαπλή Σκλήρυνση.

Πίνακας 5: Μελέτες ορθώσεων και FES.

Συμμετέχοντες/ Αναφορές	Παρέμβαση/σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα
11 άτομα Barl, 2016	Αξιολόγηση των ορθωτικών και θεραπευτικών επιδράσεων της παρατεταμένης χρήσης FES στη βάρδια που προκαλούνται από κόπωση σε άτομα με Π.Σ.	Καταγραφή κλίμακας EDSS, 6 minute walk test με ή χωρίς βοήθημα βάρδιας (AFO), τριδιάστατη ανάλυση βάρδιας, κόπωση και ποιότητα δέρματος. Η συσκευή NESS L300 τοποθετήθηκε για διέγερση του κοινού περονιαίου νεύρου με ενσωματωμένα ηλεκτρόδια. Πραγματοποιήθηκαν 3 συνεδρίες. Στην 1η δόθηκαν οδηγίες της συσκευής, μετά από 3-7 μέρες και στο τέλος των 8 εβδομάδων με τη χρήση FES για καταγραφή αποτελεσμάτων. Οι παράμετροι διέγερσης ρυθμίστηκαν ξεχωριστά για κάθε συμμετέχοντα. Μια συμμετρική κυματομορφή 30 Hz, με διάρκεια παλμού διέγερσης 200 s, με την ένταση της διέγερσης ρυθμισμένη 1 mA/βήμα. Η ένταση της διέγερσης που χρησιμοποιήθηκε 19- 42 mA..	Ως δείκτης σημαντικότητας ορίστηκε το $P < 0,05$. Μια ορθωτική επίδραση στο βάδισμα δεν ήταν εμφανής κατά την πρώτη χρήση του FES. Ωστόσο, οι θεραπευτικές επιδράσεις στο βάδισμα μετά από χρήση 8 εβδομάδων ήταν γενικά θετικές, συμπεριλαμβανομένων των αυξήσεων στην ταχύτητα βάρδιας (0,05 m/s) λόγω του βελτιωμένου νευρομυϊκού ελέγχου και της ισχύος που παράγεται στο ισχίο ($p=0,032$) και τον αστράγαλο του ποδιού προσβεβλημένου άκρου ($p=0,046$). Η δράση του FES από μόνη της δεν ήταν επαρκής για να ξεπεράσει όλα τα ελλείμματα που σχετίζονται με την κόπωση στο βάδισμα, αλλά υπήρχαν ενδείξεις ότι η χρήση 8 εβδομάδων του FES μπορεί να βελτιώσει κάποιες επιδράσεις κόπωσης στην κινητική των κάτω άκρων, συμπεριλαμβανομένων των οφελών για τους μηχανικούς του αστραγάλου που εμπλέκονται στην παραγωγή ενέργειας γύρω από την ώθηση κατά τη διάρκεια της στάσης.
20 άτομα Khurana, 2017	Επίδραση του FES και της ορθωσης άκρου ποδός ως προς το ενεργειακό κόστος, την αποτελεσματικότητα και την επίδοση σε περιπατητικούς ασθενείς με Σ.Κ.Π.	Μελέτη 10 μηνών αξιολόγησε το δείγμα στην κλίμακα EDSS, στην κόπωση, στο σκορ πτώσεων, στην ικανότητα άσκησης και μετρήθηκε με μόνιτορ η καταναλώση οξυγόνου, ο καρδιακός ρυθμός κατά την βάρδια 3-10 λεπτών. Πραγματοποιήθηκαν 2 συναντήσεις με τις δύο μεθόδους ανά συνεδρία. Η συσκευή ρυθμίστηκε έως ότου η ραχιαία κάμψη και η ανώσπασση έξω ήταν εμφανείς, με τοποθέτηση στο κοινό περονιαίο νεύρο.	Συγκριτικά με την όρθωση η λειτουργική διέγερση αποδείχθηκε ότι είχε αυξημένη διάρκεια αποτελεσματικότητας ($P=0,14$). Η απόσπαση, η ταχύτητα και αλλαγή σε καρδιακό ρυθμό και καταναλώση οξυγόνου κατά τη διάρκεια της βάρδιας σε σύγκριση με τις τιμές διαλείμματος δεν εμφάνισαν διαφορές για τις 2 συσκευές (AFO, FES) και στις δύο επισκέψεις χρησιμοποίησης αναλύσεις χ^2 ($P > 0, 05$). Η χρήση AFO φάνηκε καλύτερη για την ικανότητα φυσικής άσκησης ($P = 0, 01$) ενώ με το FES καταγράφηκαν χαμηλότερες βαθμολογίες άσκησης από το AFO εντός των συμμετεχόντων, σε όλες τις συνεδρίες. Μεταξύ των 2 συνεδριών βελτιώθηκαν η ταχύτητα και η απόσταση βάρδιας (0,01–0,10 m/s, 9,19–75,41 m αντίστοιχα).
78 άτομα Miller, 2017	Σύγκριση όρθωσης AFO και FES σχετικά με την ταχύτητα και τη καταναλώση οξυγόνου στη βάρδια ασθενών με Σ.Κ.Π..	Τα άτομα εκχωρήθηκαν σε ομάδα FES (n=41) και ομάδα AFO (n=37). Αξιολογήθηκε η βάρδια (25 foot walk test και 5 min self-selected walk test) και η καταναλώση οξυγόνου κατά τη βάρδια (COSMED K4b2). Η συσκευή ODFS ρυθμίστηκε σύμφωνα με διέγερση 40 Hz, το πλάτος ρεύματος κυμαινόνταν από 17- 72 mA. Το δείγμα βάρδιας με τη συσκευή για 20 λεπτά με αργό ή γρήγορο βάδισμα σε επίπεδο έδαφος.	Δεν καταγράφηκαν σημαντικές αλλαγές στην ταχύτητα βάρδιας με ή χωρίς το FES. Όμως η ομάδα AFO παρουσίασε πιο αργή βάρδια συγκριτικά με την ομάδα FES στο 5-min self-selected walk test ($P=0,043$). Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές με το περπάτημα με το FES για κανένα από τα μέτρα έκβασης, αν και παρατηρήθηκε μικρή μη σημαντική αύξηση της ταχύτητας περπατήματος για το 25 foot walk test στην ομάδα AFO. Οι συμμετέχοντες στην ομάδα αργού περπατήματος περπατούσαν σημαντικά ταχύτερα με το FES για το 25ftWT ($p=0,029$) όσο και για το 5minSSWT ($p =0,037$). Οι συμμετέχοντες στην ομάδα γρήγορου περπατήματος, περπατούσαν σημαντικά πιο αργά με ένα AFO από ότι χωρίς για το 25ftWT ($p=0,011$). Δεν υπήρχαν διαφορές στο οξυγόνο σε καμία από τις υποομάδες.

Συμπεράσματα

Οι φυσικοθεραπευτές χρησιμοποιούν τις ευεργετικές ιδιότητες των φυσικών μέσων εδώ και πολλά χρόνια προκειμένου να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας που εφαρμόζουν στους ασθενείς. Οι νευρολογικές παθήσεις, όπως η Πολλαπλή Σκλήρυνση, είναι μία κατηγορία που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι φυσικοθεραπευτές.

Στη παρούσα πτυχιακή έγινε προσπάθεια να συλλεχθούν στοιχεία σχετικά με την επίδραση της Λειτουργικής Ηλεκτρικής Διέγερσης στις επιπτώσεις που προκαλούνται από την πάθηση. Οι μελέτες που είχαν διεξαχθεί απέδειξαν μια θετική επιρροή σε κάποιες έρευνες, όμως υπήρχε αμφισβήτηση για το πραγματικό όφελός, εξαιτίας της πολυπλοκότητας της νόσου, της έλλειψης τεχνικών δεδομένων στις κλινικές μελέτες και λόγω απουσίας ελεγχόμενων δοκιμών.

Μελέτες της τελευταίας δεκαετίας σε ανθρώπους, απέδειξαν ότι η χρήση FES παρέχει βοήθεια στην αντιμετώπιση των περισσότερων συμπτωμάτων βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των ατόμων. Η ρύθμιση συγκεκριμένων παραμέτρων όπως το πλάτος παλμού, η ένταση και η κυματομορφή είναι μερικά στοιχεία που συμβάλουν στην αποτελεσματικότητα της συσκευής για την πρόκληση λειτουργικής κίνησης. Από τις υπάρχουσες μελέτες σημειώνονται θετικές επιδράσεις στη διαδικασία βάρδισης καθώς επίσης, βελτίωση και ενθάρρυνση των ατόμων στη φυσική άσκηση. Τα αποτελέσματα κατέγραψαν αύξηση της ταχύτητας βάρδισης, μεγαλύτερο μήκος βήματος, μείωση στον αριθμό πτώσεων, ομαλοποίηση του κύκλου βάρδισης τείνοντας σε ένα πιο φυσιολογικό μοτίβο βάρδισης. Ακόμα, αναφέρεται προώθηση στη λειτουργία της κύστης και του εντέρου. Σε περιπτώσεις χρήσης ορθώσεων, κυρίως για την πτώση του άκρου πόδα, οι έρευνες φανέρωσαν υπεροχή του FES. Στην αντιμετώπιση της κόπωσης σημειώθηκαν επίσης θετικές επιδράσεις. Επιπλέον, φάνηκε καλύτερη διαχείριση της κατάθλιψης και παράλληλα της ψυχικής υγείας των ασθενών.

Υπάρχει πιθανότητα να γίνεται ομαλοποίηση του μυϊκού τόνου και της σπαστικότητας με τον ηλεκτρικό ερεθισμό, μετά από κάθε συνεδρία. Ωστόσο, τα δεδομένα που υπάρχουν δεν είναι αρκετά για να προκύψει ένα ακριβές συμπέρασμα.

Ένα ερώτημα, που απασχόλησε γενικά τους ερευνητές ήταν το κατά πόσο το κόστος για την χρήση FES ζημιώνει ή μη τον θεραπευτή. Πράγμα που μπορεί να σταθεί ως ανασταλτικός παράγοντας για τη χρήση του. Ακόμη, αμφιβολία επικρατεί σχετικά με τη διάρκεια των αποτελεσμάτων οδηγώντας τους μελετητές σε μη καθορισμένο χρόνο θεραπείας ανά συνεδρία αλλά εξατομικεύοντας το πλάνο θεραπειών και τροποποιώντας τις μεταβλητές σε κάθε συμμετέχοντα με απόρροια την παρουσία διαφορετικών αποτελεσμάτων κάθε φορά.

Στο μέλλον θα ήταν χρήσιμη η ανάπτυξη ερευνών μεμονωμένα για την επίδραση του FES στους διαφορετικούς τύπους της πάθησης. Ενδιαφέρουσα θα ήταν και η εκτενέστερη έρευνα για την επίδραση στη λειτουργικότητα των άνω άκρων, αλλά και για την επίδραση στη νευρογενή κύστη και το νευρογενές έντερο από την εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης και φαρμακευτικής αγωγής συνδυαστικά. Ακόμα θα ήταν χρήσιμη η έρευνα για την επίδρασή τους σε συγκεκριμένη πληθυσμιακή ομάδα όπως ασθενείς μετά την εγκυμοσύνη. Καθώς και μελέτες για τον βαθμό επίδρασης στην κατάποση και την ομιλία (π.χ. μυϊκή αδυναμία μυών του στόματος) έτσι ώστε ο φυσικοθεραπευτής να γνωρίζει την αποτελεσματικότητα της συσκευής και να εφαρμόζει ανάλογα το σύμπτωμα που παρουσιάζουν οι ασθενείς του. Τα συμπεράσματα αυτών των μελετών θα μπορούσαν να ορίσουν τις αποτελεσματικότερες τιμές των παραμέτρων (π.χ. ένταση, χρόνος, συχνότητα) που θα πρέπει να ορίζονται στην εφαρμογή της συσκευής από τον φυσικοθεραπευτή όπως και η έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα θα βοηθούσε στην έκβαση ασφαλέστερων αποτελεσμάτων.

Η περαιτέρω ερευνητική μελέτη, θα ενισχύσει τις θετικές απόψεις για αυτά τα συμπεράσματα ή μπορεί να θέσει νέα ερωτήματα και αμφισβητήσεις για την αποτελεσματικότητά της εφαρμογής αυτού των μέσων. Σε κάθε περίπτωση, ο φυσικοθεραπευτής θα πρέπει να ενημερώνεται για νέα δεδομένα βασισμένα σε αξιόπιστες έρευνες ώστε να μπορεί να χρησιμοποιεί όσο καλύτερα και με περισσότερη ασφάλεια μπορεί τις θετικές ιδιότητες της ηλεκτροθεραπείας στη διάρκεια της αντιμετώπισης των συμπτωμάτων της Σκλήρυνσης Κατά Πλάκας συνδυαστικά με όλο το φυσιοθεραπευτικό πρόγραμμα που εφαρμόζει.

Βιβλιογραφία

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- [1] **Abboud, H., Hill, E., Siddiqui, J., Serra, A., & Walter, B.** (2017). Neuromodulation in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 23(13), p. 1663–1676. DOI: 10.1177/1352458517736150
- [2] **Alon, G.** (2018). Functional Electrical Stimulation (FES): Clinical successes and failures to date. *Journal of Novel Physiotherapy and Rehabilitation*. 02 November, pp. 080-086. DOI: 10.29328/journal.jnpr.1001022
- [3] **Aslani, P., Khaghani, A., & Babaee, T.** (2021). Research Paper: Comparing the Effects of Functional Electrical Stimulation With and Without Ankle-foot Orthosis on the Balance and Walking Ability of Patients With Multiple Sclerosis. *Iranian Rehabilitation Journal*, September, Volume 19(Number 3), pp. 307-314. DOI:10.32598/irj.19.3.1474.1
- [4] **Backus, D., Burdett, B., Hawkins, L., Manella, C., McCully, K. K., & Sweatman, M.** (2017). Outcomes After Functional Electrical Stimulation Cycle Training in Individuals with Multiple Sclerosis Who Are Nonambulatory. *International Journal of MS Care*, May-Jun, 3(19), pp. 113-121. DOI: 10.7224/1537-2073.2015-036
- [5] **Backus, D., Moldavskiy, M., & Sweatman, W. M.** (2020). Effects of Functional Electrical Stimulation Cycling on Fatigue and Quality of Life in People with Multiple Sclerosis Who Are Nonambulatory. *International Journal of MS Care*, 1 August, 4(22), pp. 193-200. DOI: 10.7224/1537-2073.2019-101
- [6] **Barr, C. J., Patrilli, B. L., Bowes, R., Crotty, M., & McLoughlin, J. V.** (2016). Orthotic and therapeutic effect of functional electrical stimulation on fatigue induced gait patterns in people with multiple sclerosis. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 26 March, 12(6), pp. 560-572. DOI: 10.1007/s40263-017-0412-5
- [7] **Donzé, C.** (2015). Update on rehabilitation in multiple sclerosis. *La Presse Médicale*, April, 44(4), pp. 169-176. DOI: 10.1016/j.lpm.2014.10.019
- [8] **Doucet, B. M., Lam, A., & Griffin, L.** (2012). Neuromuscular Electrical Stimulation for Skeletal Muscle Function. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 25 June, 85(2), pp. 201-15.
- [9] **Edwards, T., Motl, R. W., Sebastião, E., & Pilutti, L. A.** (2018). Pilot randomized controlled trial of functional electrical stimulation cycling exercise in people with

- multiple sclerosis with mobility disability. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 01 November, 26(p1-266), pp. 103-111. DOI: 10.1016/j.msard.2018.08.020
- [10] **Hammond, E. R., Recio, A. C., Sadowsky, C. L., & Becker, D.**, (2015). Functional electrical stimulation as a component of activity-based restorative therapy may preserve function in persons with multiple sclerosis. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, January, 38(1), pp. 68-75. DOI: 10.1179/2045772314Y.0000000238
- [11] **Hausmann, J., Sweeney-Reed, C. M., Sobieray, U., Matzke, M., Heinze, H. J., Voges, J., & Buentjen, L.** (2015). Functional electrical stimulation through direct 4-channel nerve stimulation to improve gait in multiple sclerosis: a feasibility study. *JOURNAL OF NEUROENGINEERING AND REHABILITATION*, 14 November, 12(1), pp. 2-9. doi: 10.1186/s12984-015-0096-3
- [12] **Jovičić, N. S., Saranovac, L. V., & Popović, D. B.** (2012). Wireless distributed functional electrical stimulation system. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 09 August, 9(54), pp. 1-10. doi:10.1186/1743-0003-9-54
- [13] **Khurana, S. R., Beranger, A. G., & Felix, E. R.** (2017). Perceived Exertion Is Lower When Using a Functional Electrical Stimulation Neuroprosthesis Compared With an Ankle-Foot Orthosis in Persons With Multiple Sclerosis: A Preliminary Study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, March, 96(3), pp. 133-139. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000626
- [14] **Lassmann, H.** (2019). Pathogenic Mechanisms Associated With Different Clinical Courses of Multiple Sclerosis. *Disease Mechanisms in MS*, 10 January, 9(3116), pp. 1-14. doi: 10.3389/fimmu.2018.03116
- [15] **Marietta L van der Linden, S. M. S. ., J. E. H. ., P. C. ., T. H. M.**, 2014. Gait kinematics of people with multiple sclerosis and the acute application of functional electrical stimulation. *Gait & Posture*, 01 April, 39(4), pp. 1092-1096. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.01.016
- [16] **Mayer, L., Warring, T., Agrella, S., Rogers, H. L., & Fox, E.** (2015). Effects of Functional Electrical Stimulation on Gait Function and Quality of Life for People with Multiple Sclerosis Taking Dalfampridine. *International Journal of MS Care*, Jan-Feb, 17(1), pp. 35-41. doi: 10.7224/1537-2073.2013-033
- [17] **Miller Renfrew, L., Lord, A. C., McFadyen, A. K., Rafferty, D., Hunter, R., Bowers, R., & Paul, L.** (2017). A comparison of the initial orthotic effects of functional electrical stimulation and ankle-foot orthoses on the speed and oxygen cost of gait in multiple

- sclerosis. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering.*, Volume 5: 1–9. DOI: 10.1177/2055668318755071
- [18] **Miller Renfrew, L., Lord, A. C., Warren, J., & Hunter, R.** (2019). Evaluating the Effect of Functional Electrical Stimulation Used for Foot Drop on Aspects of Health-Related Quality of Life in People with Multiple Sclerosis. *International Journal of MS Care*, Jul-Aug, 21(4), p. 173–182.
- [19] **Pantzaris, M. C., Loukaides, G. N., Ntzani, E. E., & Patrikios, I. S.** (2013). A novel oral nutraceutical formula of omega-3 and omega-6 fatty acids with vitamins (PLP10) in relapsing remitting multiple sclerosis: a randomised, double-blind, placebo-controlled proof-of-concept clinical trial. *BMJ Open*, 17 April.3(4). DOI: 10.1136/bmjopen-2012-002170
- [20] **Pilutti, L. A., Edwards, T., Motl, R. W., & Sebastião, E.** (2019). Functional Electrical Stimulation Cycling Exercise in People with Multiple Sclerosis. *International Journal of MS Care*, Nov-Dec, 21(6), p. 258–264. doi: 10.7224/1537-2073.2018-048
- [21] **Prokopiusova, T., Pavlikova, M., Markova, M., & Rasova, K.** (2020). Randomized comparison of functional electric stimulation in posturally corrected position and motor program activating therapy: treating foot drop in people with multiple sclerosis. *European Journal of physical and rehabilitation Medicine*, August, 56(4), pp. 394-402. doi: 10.23736/s1973-9087.20.06104-3
- [22] **Rajavenkatanarayanan, A., Kanal, V., Tsiakas, K., Calderon, D., Papakostas, M., Abujelala, M., & Makedon, F.** (2019). A Survey of Assistive Technologies for Assessment and Rehabilitation of Motor Impairments in Multiple Sclerosis. *Multimodal Technologies and Interact*, 3(6), pp. 1-24.
- [23] **Ratchford, J. N., Shore, W., Hammond, E. R., Rose, J. G., Rifkin, R., Nie, P., ... & Kerr, D. A.** (2010). A pilot study of functional electrical stimulation cycling in progressive multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 27(2), pp. 121-128. DOI: 10.3233/NRE-2010-0588
- [24] **Saguil, A., Kane, S. F., & Farnell, E.** (2014). Multiple Sclerosis: A Primary Care Perspective. *American Family Physician*, 01 November, 90(6), pp. 644-652.
- [25] **Salem, N. A., Fahmy, E. M., & Mansour, W. T.** (2017). Combined Effect of Functional Electrical Stimulation with Treadmill. *Medical Journal of Cairo University*, December, 85(7), pp. 2511-2516
- [26] **Sampson, P., Freeman, C., Coote, S., Demain, S., Feys, P., Meadmore, K., & Hughes, A. M.** (2015). Using Functional Electrical Stimulation Mediated by Iterative Learning

- Control and Robotics to Improve Arm Movement for People With Multiple Sclerosis. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 24 March, 24(2), pp. 235 - 248.
- [27] **Scally, J. B., Baker, J. S., Rankin, J., Renfrew, L., & Sculthorpe, N.** (2020). Evaluating functional electrical stimulation (FES) cycling on cardiovascular, musculoskeletal and functional outcomes in adults with multiple sclerosis and mobility impairment: A systematic review. *Multiple Sclerosis and Related Disorder*, 01 January, 37(101485), pp. 1-13. DOI: 10.1016/j.msard.2019.101485
- [28] **Singleton, C., Bakheit, A. M., & Peace, C.** (2016). The Efficacy of Functional Electrical Stimulation of the Abdominal Muscles in the Treatment of Chronic Constipation in Patients with Multiple Sclerosis: A Pilot Study. *Multiple Sclerosis International*, 20 April, 2016(315), pp. 1-4. Doi: 10.1155/2016/4860315
- [29] **Smith, A. D., Prokopiousova, T., Jones, R., Burge, T., & Rasova, K.** (2020). Functional electrical stimulation for foot drop in people with multiple sclerosis: The relevance and importance of addressing quality of movement. *Multiple Sclerosis Journal*, 24 August, 27(5), pp. 653-660.
- [30] **Street, T., & Singleton, C.** (2018). Five-Year Follow-up of a Longitudinal Cohort Study of the Effectiveness of Functional Electrical Stimulation for People with Multiple Sclerosis. *International Journal of MS Care*, Sep-Oct, 20(5), pp. 224-230. doi: 10.7224/1537-2073.2016-094
- [31] **Street, T., Taylor, P., & Swain, I.** (2015). Effectiveness of Functional Electrical Stimulation on Walking Speed Functional Walking Category and Clinically Meaningful Changes for People With Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, April, 96(4), pp. 667-672. DOI: 10.1016/j.apmr.2014.11.017
- [32] **Taylor, P. N., Wilkinson Hart, I. A., Khan, M. S., & Slade-Sharman, D. E.** (2016). Correction of Footdrop Due to Multiple Sclerosis Using the STIMuSTEP Implanted Dropped Foot Stimulator. *International Journal of MS Care*, Sep-Oct, 18(5), p. 239–247. DOI: 10.7224/1537-2073.2015-038
- [33] **Taylor, P., Barrett, C., Mann, G., Wareham, W., & Swain, I.** (2014). A Feasibility Study to Investigate the Effect of Functional Electrical Stimulation and Physiotherapy Exercise on the Quality of Gait of People With Multiple Sclerosis. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, January, 17(1), pp. 75-84. DOI: 10.1111/ner.12048

- [34] **van Munster, C. E., & Uitdehaag, B. M.** (2017). Outcome Measures in Clinical Trials for Multiple Sclerosis. *CNS Drugs*, 9 February, 3(31), p. 217–236. DOI: 10.1007/s40263-017-0412-5
- [35] **Venugopalan, L., Taylor, P. N., Cobb, J. E., & Swain, I. D.** (2015). Upper limb functional electrical stimulation devices and their man–machine interfaces. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 28 October, 39(8), p. 471–479.

ΜΕΤΑΦΡΑΣΜΕΝΑ ΒΙΒΛΙΑ

- [1] **Nanda, B. K.** (2018). **Σταύρος Κοτταράς, Κωνσταντίνος Μ. Κουτσογιάννης.** ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ, ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ. Μετάφραση από Αγγλικά. 2η έκδοση. Εκδόσεις Πασχαλίδης. Σελ.: 239-241
- [2] **Larsen, D. S. N., Kegelmeyer, D. K., Buford, J. A., Kloos, A. D., Heathcock, J. C., & Basso, D. M.** (2017). ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ. «Νευροεπιστημη και Νευροπλαστικότητα στην Εφαρμοσμένη Φυσικοθεραπεία». ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΡΑΣ Ιατρικές Εκδόσεις. Σελ.: 335-366
- [3] **Watson, T.** (2011). ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ Τεκμηριωμένη Πρακτική. Μετάφραση από Αγγλικά. 12 έκδοση. Εκδόσεις Πασχαλίδη. σελ.: 403-416
- [4] **Martin, S. C., & Kessler, M.** (2015). ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ. Μετάφραση από Αγγλικά. 2^η Έκδοση. ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΡΑΣ Ιατρικές Εκδόσεις. Σελ.: 547-559.
- [5] **Mattle, H., & Marco, M.** (2019). ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑ. Μετάφραση από Αγγλικά. ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΡΑΣ Ιατρικές Εκδόσεις. Σελ 313-325.

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- [1] **Ioannis Bouzikas** (2021). Ελληνική Εταιρία για την Σκλήρυνση Κατά Πλάκας, Επικαιροποιημένος Παγκόσμιος Άτλαντας της Πολλαπλής Σκλήρυνσης. Διαθέσιμο από: <https://gmss.gr/epikairopoiimenos-pagkosmios-atlantas-tis-pollaplis-sklirynsis/> (πρόσβαση 16 Απριλίου 2021).
- [2] **Satish Mishra and Manfred Hube** (2019). World Health Organization, REHABILITATION. Διαθέσιμο από: https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0003/420168/Rehabilitation-7-SDG-factsheet.pdf (πρόσβαση 10 Μαΐου 2021)

[3] **Valencia and Calif** (2017). Bioness Inc, Improved Mobility.Made Easier. Διαθέσιμο από : <https://www.1300go.com/> (πρόσβαση 20 Αυγούστου 2021)