



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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ
ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΚΩΣΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ
ΜΥΕΛΟΥ**

Σπουδαστές

**ΜΟΥΤΣΑΙ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Α.Μ. 1778
ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ ΣΑΒΒΑΣ Α.Μ. 1763**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ - 2017

Functional electrical stimulation on Spinal Cord Injury

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η κάκωση νωτιαίου μυελού (KNM) επηρεάζει εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως και συμβαίνει συνηθέστερα λόγω τραύματος. Σχετίζεται κυρίως με την απώλεια αισθητικότητας και κινητικότητας στα άκρα και τον κορμό, αλλά μπορεί να είναι υπεύθυνη και για άλλα συμπτώματα, όπως π.χ. ακράτεια.

Πιο συχνόι ασθενείς με KNM είναι οι άντρες ηλικίας 15 έως 29 ετών, ενώ ως κύρια αιτία τραυματισμού αναφέρονται τα τροχαία ατυχήματα.

Αυτή η εργασία καταπιάνεται με την επίδραση της εφαρμογής λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού (FES) σε ασθενείς που υπέστησαν KNM. Το FES είναι η εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης με σκοπό την προαγωγή λειτουργικής κίνησης και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος, καθώς είναι απαραίτητο για τη χρήση FES τα περιφερικά νεύρα να μην έχουν υποστεί βλάβη.

Το συγκεκριμένο θέμα επιλέχθηκε, διότι η KNM επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τόσο την υγεία, όσο και την ποιότητα ζωής και γίνονται πολλές προσπάθειες για την ενθάρρυνση των ασθενών προς μια πιο ενεργή στάση απέναντι στην δυσλειτουργία αυτή.

Αυξάνεται σταδιακά, αλλά σταθερά, το ερευνητικό ενδιαφέρον για την δημιουργία ορθών πρωτοκόλλων για τη χρήση του FES στην κλινική πράξη και για το εύρος των δυνατοτήτων του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός

Ο κύριος σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση της κλινικής αποτελεσματικότητας του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού (FES) στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων που επιφέρει μια Κάκωση Νωτιαίου Μυελού.

Μεθοδολογία

Οι πληροφορίες για την ανασκόπηση συλλέχθηκαν προσεκτικά από έγκυρες επιστημονικές πηγές, είτε ιατρικά συγγράματα, είτε επιστημονικά άρθρα από ιστοσελίδες (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed ή www.scholar.google.gr).

Αρχικά, έγινε ξεχωριστή ανάλυση της Κάκωσης Νωτιαίου Μυελού και του FES. Έπειτα, μελετήθηκαν οι χρήσεις του FES για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της KNM.

Αποτελέσματα

Η χρήση του FES για την επίτευξη άσκησης σε ασθενείς με KNM, ακόμα και σε μακροχρόνιες περιπτώσεις, μπορεί να βελτιώσει την μυϊκή λειτουργία και την βάδιση, την ιδιοδεκτικότητα, την μείωση της μυϊκής ατροφίας και οστεοπόρωσης που συνοδεύουν την ασθένεια, καθώς και να μειώσει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών και μεταβολικών παθήσεων.

Συμπεράσματα

Ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός είναι αποτελεσματικός στην αντιμετώπιση συμπτωμάτων μιας KNM και οι ασθενείς επωφελούνται στο μέγιστο όταν χρησιμοποιούνται τα σωστά πρωτόκολλα. Παρόλα αυτά, περαιτέρω μελέτες με μεγάλο μέγεθος δείγματα χρειάζονται, ώστε να επαληθευθούν ή να απορριφθούν τα ευρήματα των έως τώρα μελετών.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ACE: Arm Crank Exercise

ASIA: American Spinal Injury Association

MAS scale: Modified Ashworth scale

NMES: Neuromuscular Electrical Stimulation

NSCISC: National Spinal Cord Injury Statistical Center

FES: Functional electrical stimulation

FES-C: FES-Cycling

FES-R: FES-Rowing

FIM score: Functional Independence Measure score

POaverage: Average Power Output

POpeak: Peak Power Output

SCIM: Spinal Cord Independence Measurement

TUG test: Timed Up & Go test

WISCI II: Walking Index for Spinal Cord Injury II

ΑΕΕ: Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

ΑΔ: Αυτονομική Δυσρεφλεξία

ΚΝΜ: Κάκωση Νωτιαίου Μυελού

ΚΠΚ: Κνημοποδικός Κηδεμόνας

NM: Νωτιαίος Μυελός

ΟΜ: Οστική Μάζα

ΣΣ: Σπονδυλική Στήλη

Φ.Ι.Απ.: Φυσική Ιατρική κι Αποκατάσταση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΚΑΚΩΣΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ	7
1.1 ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ.....	9
1.2 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ.....	10
1.3 ΠΡΟΓΝΩΣΗ.....	12
1.4 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ.....	15
1.5 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ.....	17
1.6 ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ.....	19
1.7 ΑΤΕΛΗ ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΥΝΔΡΟΜΑ.....	22
1.8 ΑΥΤΟΝΟΜΙΚΗ ΔΥΣΡΕΦΛΕΞΙΑ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (FES)	25
2.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ.....	26
2.2 ΤΥΠΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	28
2.3 ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.....	28
2.4 ΣΤΑΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	29
2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ FES.....	30
2.6 ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ FES.....	34
2.7 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ.....	34
2.8 ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ FES ΣΤΗΝ ΚΝΜ.....	37
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	37
3.2 FES ΚΑΙ ΒΑΔΙΣΗ.....	38
3.3 FES ΚΑΙ ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ.....	46
3.4 FES-ROWING ΚΑΙ FES-CYCLING.....	51
3.5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΜΕ FES.....	59
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Κάκωση Νωτιαίου Μυελού

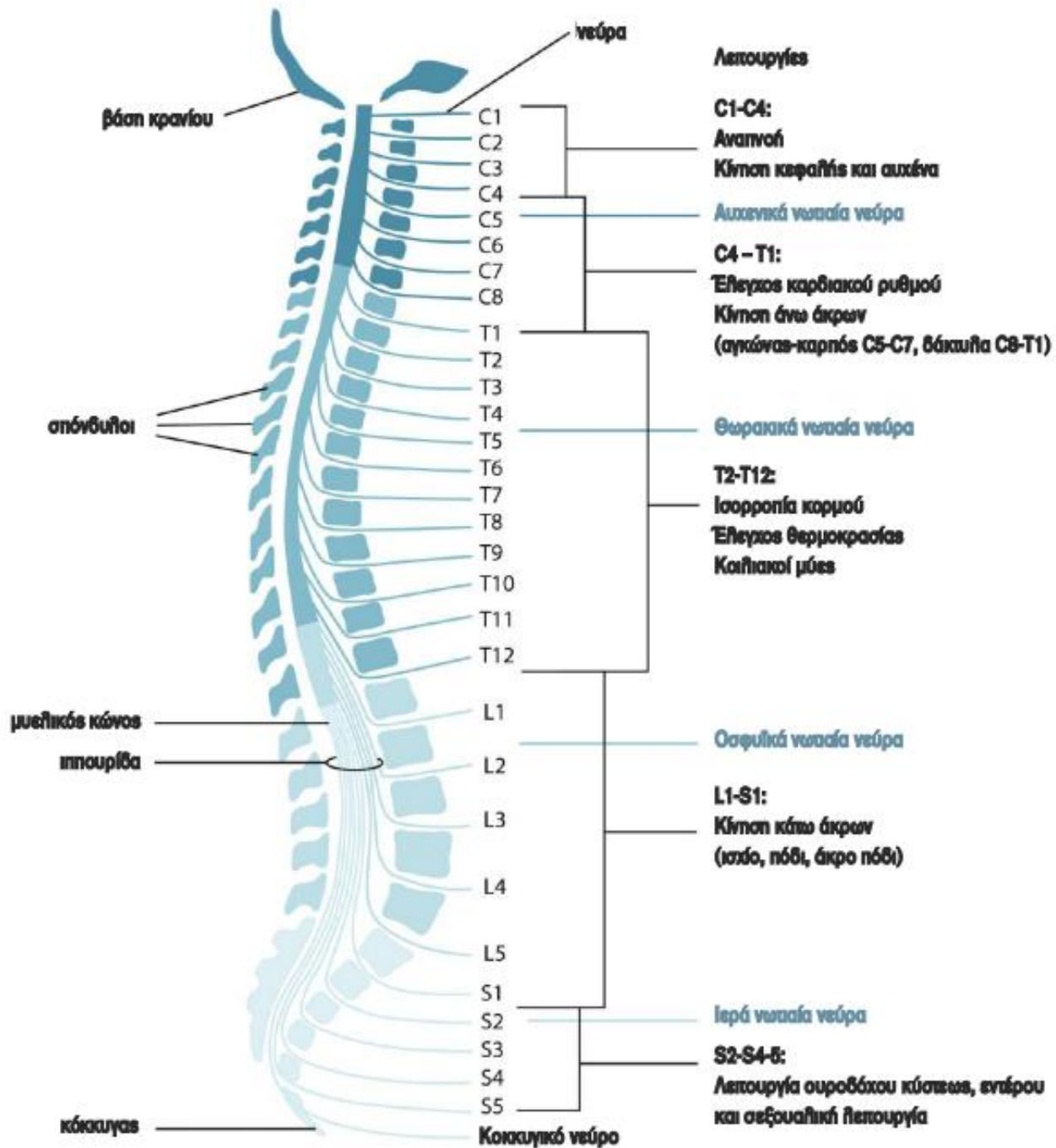
Ο Νωτιαίος Μυελός (NM) αποτελεί το σημαντικότερο όργανο για την διατήρηση της αίσθησης και της κίνησης στο σώμα. Έχει δύο βασικές λειτουργίες:

- 1) μεταφέρει πληροφορίες για την κίνηση και τον τόνο από το ανώτερο νευρικό σύστημα μέσω των προσθίων κατιόντων οδών
- 2) δέχεται αισθητικά ερεθίσματα και τα μεταφέρει στο ανώτερο νευρικό σύστημα μέσω των οπισθίων ανιόντων οδών

Ο NM προστατεύεται από την σπονδυλική στήλη, όντας στο κέντρο του σπονδυλικού σωλήνα, και περιβάλλεται από τη σκληρά, την αραχνοειδή και τη χοριοειδή μήνιγγα.

Από τα μεσοσπονδύλια τρήματα των σπονδύλων εξέρχονται 31 ζευγάρια νωτιαίων νεύρων, οπότε και ο NM χωρίζεται σε 31 μυελοτόμια. Αυτά υπάγονται σε 8 αυχενικά, 12 θωρακικά, 5 οσφυικά, 5 ιερά και 1 κοκκυγικό. (Σχήμα 1.1)

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)



Σχήμα 1.1 Νωτιαίος Μυελός

(Σχήμα από Ελληνική Εταιρεία Φυσικής Ιατρικής & Αποκατάστασης, Ελληνικό Τμήμα Μελέτης & Αποκατάστασης Βλαβών Νωτιαίου Μυελού 2015 «Διεθνείς προοπτικές για την ΚΝΜ»)

1.1 Παθοφυσιολογία

Είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι περιλαμβάνονται 2 μηχανισμοί στην οξεία Κάκωση Νωτιαίου Μυελού (KNM), πρωτογενής και δευτερογενής. Ο μηχανικός τραυματισμός λόγω τοπικής παραμόρφωσης και ενεργειακής μεταφοράς ανήκει στον πρωτογενή μηχανισμό, ενώ ο δευτερογενής περιλαμβάνει μια σειρά βιοχημικών και κυτταρικών διεργασιών που πυροδοτούνται από την πρωτογενή διαδικασία και μπορεί να προκαλέσουν συνεχόμενο κυτταρικό εκφυλισμό, ακόμα και κυτταρικό θάνατο. (Sekhon, Lali H.S, Fehlings, Michael G. 2001).

Πρωτογενείς μηχανισμοί: Συνήθως πρόκειται για συνδυασμό της αρχικής πρόσκρουσης και της συνεχούς συμπίεσης που επέρχεται και προκαλεί εξάρθρηματα, εκρηκτικά κατάγματα, υψηλής ταχύτητας τραυματισμούς ή ακόμα και ρήξη δίσκων. Σε περιπτώσεις που η αρχική πρόσκρουση δεν ακολουθείται από συνεχή συμπίεση, τα συμπτώματα περιλαμβάνουν σοβαρούς συνδεσμικούς τραυματισμούς, με αποτέλεσμα η Σπονδυλική Στήλη (ΣΣ) να μετατοπίζεται και ξαφνικά να μειώνεται σε μέγεθος.

Δευτερογενείς μηχανισμοί: Υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν ότι οι πρωτογενείς μηχανισμοί KNM προκαλούν τις εξείς δευτερογενείς μεταβολές:

1. φλεβικές αλλαγές, όπως ισχαιμία και ανεπαρκή αυτορύθμιση
2. ιονικές διαταραχές
3. συσσώρευση νευροδιαβιβαστών
4. απελευθέρωση αραχιδονικού οξέος, παραγωγή ελεύθερων ριζών, παραγωγή εικοσανοειδών και υπεροξειδωση λιπιδίων
5. ενδογενή οπιοειδή
6. οίδημα
7. φλεγμονή
8. απώλεια κυτταρικών διεργασιών εξαρτώμενες από την τριφωσφορική αδενοσίνη
9. κυτταρικός θάνατος και απόπτωση

(Sekhon; Lali H.S; Fehlings; Michael G. 2001).

1.2 Επιδημιολογία

Στην χώρα μας δεν καταγράφονται επαρκώς τα περιστατικά κακώσεων του ΝΜ, το οποίο δυσκολεύει την ορθή εξαγωγή επιδημιολογικών συμπερασμάτων για την ΚΝΜ στην Ελλάδα.

Ηλικία

Σε παγκόσμιο επίπεδο, σύμφωνα με μία έρευνα από την Οκλαχόμα των ΗΠΑ, νέες ΚΝΜ εμφανίζονται σε ποσοστό 3% σε άτομα ηλικίας μικρότερης των 15 ετών, το 47% σε ηλικίες από 15 έως 29 ετών, το 27% σε ηλικίες από 30 έως 44 έτη, το 12% σε ηλικίες από 45 έως 59 έτη και το 11% σε ηλικίες μεγαλύτερες των 60 ετών. Η κάκωση είναι συχνότερη σε άτομα 19 ετών. Σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην ηλικιακή κατανομή τη στιγμή του ατυχήματος και την τρέχουσα ηλικιακή κατανομή ανθρώπων που πάσχουν από ΚΝΜ, λόγω του ποσοστού επιβίωσης.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

Φύλο

Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCISC), η σχέση στη συχνότητα εμφάνισης νέων ΚΝΜ είναι 4 άντρες προς 1 γυναίκα. Μια καταγραφή από το τμήμα Φυσικής Ιατρικής Αποκατάστασης του ΚΑΤ δείχνει ότι από τους 316 ασθενείς, οι 249 ήταν άντρες και 67 γυναίκες. Η σαφής και χρονικά αμετάβλητη υπερίσχιση των αντρών στις ΚΝΜ, παρά τις κοινωνικές αλλαγές, συχνά αποδίδεται στην παρορμητική και βίαιη συμπεριφορά των αντρών.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

Αιτιολογία της κάκωσης

Για τη χώρα μας, από τα στοιχεία της Φυσικής Ιατρικής κι Αποκατάστασης (Φ.Ι.Απ) του νοσοκομείου ΚΑΤ και από συνολικά 316 περιστατικά, συχνότερη αιτία της ΚΝΜ είναι τα τροχαία ατυχήματα με 174 περιστατικά (55,2%). Ακολουθούν τα γενικότερα

ατυχήματα με 83 περιστατικά (26,1%), τα νευρολογικής αιτιολογίας με 45 (14,2%) και τα παθολογικής φύσης με 14 (4,5%). Όπως δείχνει και ο παρακάτω πίνακας (1.1), με εξαίρεση τα τροχαία, υπάρχουν διαφορές στην κατανομή παραπληγίας και τετραπληγίας ανάλογα με την αιτιολογία της κάκωσης.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

«Πίνακας 1.1. Συχνότερα αίτια ΚΝΜ των ασθενών στη Φ.Ι.Απ του ΚΑΤ»

Τροποποιημένος πίνακας από Μπάκας Ε. «Αποκατάσταση ασθενή με βλάβη ή κάκωση νωτιαίου μυελού»

	Παραπληγία	Τετραπληγία
Τροχαίο	135	39
Ατύχημα	47	34
Νευρολογικό	42	4
Παθολογικό	13	2

Νευρολογικό επίπεδο και έκταση της βλάβης

“Ός νευρολογικό επίπεδο της βλάβης ορίζεται το χαμηλότερο επίπεδο του νωτιαίου μυελού, στο οποίο μετά την κάκωση διατηρείται άθικτη η αισθητική και η κινητική του λειτουργία.” (Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

Με βάση τα δεδομένα του NSCISC, το νευρολογικό επίπεδο της βλάβης, κατά την έξοδο από τη μονάδα αποκατάστασης, εμφανίζεται στο 50,7% στην αυχενική μοίρα, στο 35,1% στη θωρακική και στο 11% στην οσφυοϊερά. Δεδομένου ότι είναι πλέον διαδεδομένη η χρήση της κλίμακας American Spinal Injury Association (ASIA) για την εκτίμηση της βαρύτητας της κάκωσης, το ποσοστό που υπέστη πλήρη βλάβη (ASIA-A) ήταν 48.6%, ενώ το 10,3% υπέστη ατελή κάκωση και είχε αισθητικότητα (ASIA-B), το 11,2% υπέστη ατελή βλάβη κατέχοντας μη λειτουργική κινητική ικανότητα κάτω από το νευρολογικό επίπεδο της βλάβης (ASIA-C), το 29,1% εμφάνισε βλάβη με επαρκή λειτουργική κινητική ικανότητα κάτω από το επίπεδο της βλάβης (ASIA-D) και το 0,8% ανάρρωσε πλήρως με κάποια νευρολογικά ελλείμματα (ASIA-E). (Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

1.3 Πρόγνωση

Για να περιγραφεί και να κατανοηθεί ευκολότερα το θέμα του προγνωστικού προσδόκιμου των ασθενών με ΚΝΜ, θα ήταν σωστό να ομαδοποιηθούν οι ΚΝΜ, με βάση την βαρύτητα της κάκωσης και του νευρολογικού επιπέδου, σε 4 κατηγορίες:

- Πλήρης τετραπληγία (από Α1 μέχρι Α8 ASIA Α)
- Ατελής τετραπληγία (από Α1 μέχρι Α8 ASIA Β έως D)
- Πλήρης παραπληγία (από Θ1 μέχρι Ι5 ASIA Α)
- Ατελής παραπληγία (από Θ1 μέχρι Ι5 ASIA Β έως D)

Με αυτού του τύπου την ομαδοποίηση αποκτάται ένα επιπλέον πλεονέκτημα στην περιγραφή του προγνωστικού προσδόκιμου λόγω της ομαδοποίησης των προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο ασθενής. (Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

Πλήρεις βλάβες νωτιαίου μυελού:

Στις πλήρεις KNM, υπάρχει από 70% έως 85% πιθανότητα απόκτησης τουλάχιστον ενός κινητικού επιπέδου επιπλέον.

Σε πλήρη τετραπληγία υπάρχει μικρή πιθανότητα ανάκτησης λειτουργικότητας στα κάτω άκρα. Η λειτουργικότητα στα άνω άκρα παραμένει σημαντική γιατί αυτή προσδιορίζει τη λειτουργική ανεξαρτησία του ασθενούς στο μέλλον.

Για την πρόβλεψη της ανάκτησης χρειάζεται να προσδιοριστεί η πιθανότητα καθόδου του αρχικού επιπέδου βλάβης. Υπάρχει συσχετισμός μεταξύ της αρχικής δύναμης ενός συγκεκριμένου κινητικού επιπέδου και των πιθανοτήτων για απόκτηση κινητικής λειτουργίας στο επόμενο επίπεδο. Επίσης, η αρχική δύναμη ενός κινητικού επιπέδου συνδέεται με το μέγεθος της περαιτέρω αποκατάστασής του. Στους ασθενείς με πλήρη βλάβη η μέγιστη επαναφορά του νευρικού ιστού στο φυσιολογικό λαμβάνει χώρα κυρίως στους πρώτους 6 με 9 μήνες μετά τον τραυματισμό. Μετέπειτα, ο ρυθμός βελτίωσης πέφτει κατακόρυφα φτάνοντας σε τέλμα στους 12-18 μήνες μετά τον τραυματισμό.

Σε μια μελέτη, αναφέρεται ότι το 73% των ασθενών με πλήρη παραπληγία το νευρολογικό επίπεδο της βλάβης δεν άλλαξε μέσα στον πρώτο χρόνο. Κανένας από τους ασθενείς δεν κέρδισε κινητική ικανότητα στα κάτω άκρα όταν η κάκωση ήταν από το επίπεδο Θ9 και πάνω.

Ατελείς βλάβες νωτιαίου μυελού:

Στις ατελείς KNM υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό απόκτησης ενός επιπλέον κινητικού επιπέδου από ό,τι στις πλήρεις, και συγκεκριμένα εκτιμάται μεγαλύτερο του 90%.

Στην περίπτωση που σε κάποιο δερμοτόμιο διατηρείται η αίσθηση του νυγμού ακέραιη, υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα (92%) ανάκτησης της δύναμης σε βαθμό από 3-5/5 (εξαβάθμια κλίμακα των Daniels και Worthingham) ακόμα και σε μύες που βαθμολογήθηκαν με 0/5 στα αρχικά στάδια της κάκωσης. Σύμφωνα με μια μελέτη, το μέγεθος και ο ρυθμός της ανάκαμψης παραμένουν σχετικά σταθερά, ανεξάρτητα από το αρχικό επίπεδο της κάκωσης. Όπως και στις πλήρεις βλάβες, η μέγιστη επαναφορά

του νευρικού ιστού στο φυσιολογικό λαμβάνει χώρα κυρίως στους πρώτους 6 με 9 μήνες μετά τον τραυματισμό με ελάχιστη βελτίωση από τους 12 μήνες κι έπειτα.

Στην ατελή παραπληγία, το 85% των μυών με βαθμό 1/5 ή 2/5, έναν μήνα μετά την κάκωση, ανέκαμψαν σε βαθμό μεγαλύτερο ή ίσο του 3/5 στον πρώτο χρόνο.

Συγκριτικά, μόνο το 26% των μυών με 0/5 κατάφεραν να ανακτήσουν “χρήσιμη” δύναμη (δηλαδή από 3/5 κι έπειτα), ενώ το 55% έφτασαν μόνο σε σημείο μερικού εκούσιου ελέγχου.

Βάδιση:

Είναι ευρέως γνωστό ότι ασθενείς με πλήρεις βλάβες νωτιαίου μυελού σπανίως καταφέρνουν να περπατήσουν. Σε μια μελέτη που διεξήχθη σε άτομα με πλήρη παραπληγία, από ένα δείγμα 148 ασθενών, μόνο το 5% (7) έφτασε σε σημείο να βαδίζει χρησιμοποιώντας, βέβαια, ορθωτικά μέσα και βακτηρίες. Σε μια παρόμοια έρευνα σε 61 πλήρως τετραπληγικούς, η συντριπτική πλειοψηφία (90%) δεν ανέκτησε εκούσια κίνηση στα κάτω άκρα και το 100% δεν περπάτησε.

Σε ένα άρθρο που αφορούσε την ατελή παραπληγία, αναφέρεται ότι το 76% (41) από 54 ασθενείς κατάφεραν να βαδίσουν. Από αυτούς, οι 38 στον πρώτο χρόνο, ενώ οι 3 στα δύο χρόνια μετά την κάκωση. Συγκριτικά, μόνο το 46% των ατελώς τετραπληγικών βάδισαν στον έναν χρόνο. Η διαφορά αυτή αποδόθηκε στο γεγονός ότι οι ατελώς παραπληγικοί κατέχουν σημαντικά μεγαλύτερη δύναμη άνω άκρων από τους ατελώς παραπληγικούς, δηλαδή είχαν πλεονέκτημα στη χρήση βακτηρίων.

(Burns et al. 2001)

Προσδόκιμο επιβίωσης

Στους ασθενείς που δόθηκε νοσηλευτική φροντίδα μέσα στην πρώτη μέρα από την κάκωση, η θνησιμότητα τον πρώτο χρόνο έφτανε το 6,3%, μετά από 2 χρόνια στο 1,7% και το ποσοστό ελαττώνεται 1,2% ανά έτος.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

1.4 Κλινική Εικόνα

Καθίσταται σαφές ότι μετά από μία ΚΝΜ προβλέπονται πολύ συγκεκριμένα αποτελέσματα: Στην περίπτωση που έχουμε μια τέλεια ΚΝΜ αναμένεται να μην υπάρχει αισθητικότητα και κίνηση κάτω από το επίπεδο της βλάβης. Αν υπάρχει ατελής βλάβη υπάρχει διαφύλαξη της αισθητικότητας και της κίνησης, στα πλαίσια όμως των σταθερών που έχει καθιερώσει η ASIA.

Διαφύλαξη ιερών μυελοτομιών (sacral sparing)

Ο προσδιορισμός της βαρύτητας της βλάβης στα ιερά μυελοτόμια είναι κριτικής σημασίας για την κατάταξη της βλάβης του ΝΜ σύμφωνα με τις σταθερές της ASIA . Ουσιαστικά, γίνεται ο έλεγχος των κατώτερων ιερών μυελοτομιών I4-I5 και για την ακεραιότητα τους εξετάζονται τέσσερα (4) βασικά σημεία:

- Η αίσθηση νυγμού (pinprick) στην περιοχή γύρω από των πρωκτό (I4-I5 μυελοτόμια)
- Η αίσθηση της ελαφράς αφής (light touch) στην ίδια περιοχή
- Η βαθύτερη αίσθηση του πρωκτού (deep anal sensation), στο τμήμα εσωτερικά του πρωκτικού δακτυλίου
- Η ενεργητική σύσπαση του σφιγκτήρα του δακτυλίου του πρωκτού

Για να θεωρηθεί, λοιπόν, ότι το άτομο έχει Sacral Sparing, δηλαδή διατήρηση των κατώτερων ιερών μυελοτομιών, θα πρέπει έστω και ένα από τα προαναφερθέντα σημεία να είναι άθικτο ή έστω περιορισμένο. Έτσι, σύμφωνα με τις σταθερές της ASIA, αν υπάρχει Sacral Sparing τότε είναι ένδειξη ατελούς βλάβης και κατά αυτό τον τρόπο διαχωρίζεται μια ατελής από μια τέλεια βλάβη. Ταυτόχρονα μπορεί να διακριθεί η πιθανότητα νευρολογικής ανάρρωσης κάτω από το επίπεδο της βλάβης, με πιθανότητα πλήρους ή μερικής επιστροφής της κινητικής λειτουργίας, καθώς και πιθανότητα επιστροφής λειτουργικότητας ουροδόχου κύστης και ορθού.

Συμπερασματικά, λοιπόν, ορίζεται ως ατελής η βλάβη του ΝΜ όταν υπάρχει μερική διαφύλαξη κίνησης και αίσθησης κάτω από το επίπεδο της νευρολογικής βλάβης με απαραίτητη προϋπόθεση όμως να υπάρχει Sacral Sparing, εν αντιθέσει με την τέλεια

βλάβη του NM που χαρακτηρίζεται από πλήρη απουσία κινητικότητας και αισθητικότητας στα κατώτερα ιερά μυελοτόμια.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με KNM»)

Διάσειση του NM

Ως διάσειση του NM ορίζεται η απότομη ,προσωρινή ή παρατεταμένη απώλεια της λειτουργικότητας του NM, λόγω μηχανικού κυρίως τραυματισμού. Η ΔNM είναι μία παροδική διαταραχή της λειτουργίας του NM χωρίς αλλοιώσεις με πιθανότητα όμως οστικών κακώσεων.

Νωτιαίο Shock

Ως νωτιαίο shock γενικώς ορίζεται η μείωση των νωτιαίων αντανακλαστικών κάτω από το επίπεδο της KNM αμέσως μετά από την εμφάνισή της.

Σύμφωνα με μια έρευνα, μελετήθηκε αναδρομικά η αποκατάσταση των αντανακλαστικών σε 50 άτομα με KNM τα οποία εισήχθησαν έως 24 ώρες μετά από την κάκωση. Αναλύοντας τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, η έρευνα καταλήγει στο να δώσει έναν ορισμό για το Νωτιαίο Shock. Αναφέρεται ως μια κατάσταση διαταραγμένης απόκρισης τενόντιων και δερματικών αντανακλαστικών ή κατάργησης ανά διαστήματα των παθολογικών αντανακλαστικών. Αυτά τα διαστήματα κυμαίνονται από μέρες έως και εβδομάδες.

Διαφορά μεταξύ ΔNM και Νωτιαίου Shock

Η ΔNM και το Νωτιαίο Shock είναι δύο διαφορετικές καταστάσεις. Στο Νωτιαίο Shock υπάρχει μηχανική καταπόνηση του NM λόγω της απότομης αλλαγής επιτάχυνσης εξαιτίας της αδράνειας και είναι ικανό να προκαλέσει προβλήματα δυσλειτουργίας του σε προσωρινό επίπεδο με καταστολή των αντανακλαστικών αλλά χωρίς να εμφανιστεί κάποια παθολογοανατομική ή και νευροφυσιολογική αλλαγή. Σε κάκωση μεγαλύτερης βαρύτητας του NM δεν επέρχεται ευρύτερου τύπου

διάσειση αλλά πλέον κατατάσσεται ως μία ΚΝΜ με την πορεία του τραυματισμού αυτού να είναι γνωστή όσον αφορά της παθολογοανατομικές ,αιμοδυναμικές και νευροφυσιολογικές αλλαγές που επιφέρει στον ΝΜ.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

1.5 Κλινική Εξέταση

Αρχική κλινική εξέταση

Όταν ο γιατρός έρχεται σε επαφή με τον προς εξέταση ασθενή θα πρέπει κατά την κλινική εξέταση να επικεντρωθεί σε ορισμένα σημεία τα οποία θεωρούνται βασικά. Αυτά τα σημεία είναι: Τα ζωτικά σημεία και η εξωτερική εμφάνιση, το δέρμα και οι λεμφαδένες, το κεφάλι και τα μάτια, τα αυτιά, η μύτη, το στόμα, ο λαιμός, ο αυχέννας , ο θώρακας και η καρδιά, το περιφερικό αγγειακό σύστημα και η κοιλιά. Τέλος, πρέπει να γίνει ο έλεγχος των ιερών μυελοτομιών , δηλαδή αν υπάρχει ενεργητική σύσπαση του πρωκτού καθώς και αν υπάρχει αισθητικότητα σε αυτό το κομμάτι.

Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει η μυοσκελετική εξέταση και κατόπιν αυτού έρχεται η νευρολογική εξέταση. Ως εξέταση του μυοσκελετικού συστήματος πρακτικά σημαίνει: 1) Η εκτίμηση του εύρους τροχιάς της άρθρωσης υπό εξέταση , 2) η εκτίμηση της σταθερότητας της άρθρωσης και 3) ο έλεγχος της μυϊκής δύναμης.

1. Η εκτίμηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους αλλά προτιμάται εκείνη η μέθοδος όπου η ανατομική θέση λαμβάνεται ως το μηδενικό σημείο εκκίνησης. Όταν ο ασθενής δεν δύναται να κινήσει το μέλος τότε από τον εξεταστή ορίζεται το παθητικό εύρος κίνησης ως το εύρος κίνησης της άρθρωσης.
2. Η σταθερότητα μιας άρθρωσης ορίζεται ως η ικανότητα των κατασκευαστικών και στηρικτικών στοιχείων της άρθρωσης να αντιτίθενται σε δυνάμεις που είναι μεγάλης έντασης και μη κατάλληλου διανύσματος. Οι παράγοντες παίζουν ρόλο για την σταθερότητα είναι : α) η οστική , η θυλακική και η συνδεσμική ακεραιότητα της άρθρωσης, β) η ισχύς των συνδέσμων και των μυών και το κυριότερο είναι οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στην άρθρωση

3) Όσον αφορά τον έλεγχο της δύναμης σε μια KNM , με βάση τις συστάσεις της ASIA, ελέγχονται ορισμένοι μύες – κλειδιά. Έχουν επιλεχθεί καθώς ο τρόπος νεύρωσής τους αντανακλά σε ακριβώς ένα μυελοτόμιο. Είναι, λοιπόν, επόμενο να απλοποιείται η διαδικασία ελέγχου των μυελοτομίων, καθώς αν υπάρχει βλάβη στο μυελοτόμιο οδηγεί μαθηματικά σε αδυναμία του μυός – κλειδί. Οι μύες αξιολογούνται ποσοτικά με βάση την εξαβάθμια κλίμακα των Daniels και Worthingham από 0 έως 5.

Με βάση λοιπόν την κλίμακα της ASIA (Σχήμα 1.3) , για να μπορέσει να προσδιοριστεί το κινητικό επίπεδο της κάκωσης θα πρέπει ο τελευταίος μυς (κεφαλικά) που ελέγχεται να αξιολογείται με 3/5 με την προϋπόθεση ότι ο αμέσως επόμενος είναι τουλάχιστον 4/5 ή 5/5.

Όσον αφορά τον έλεγχο των αντανακλαστικών, η εξέταση περιλαμβάνει τα τενόντια ή αλλιώς μυοτατικά αντανακλαστικά. Τα βασικά αντανακλαστικά που εξετάζονται είναι του δικεφάλου (A5-A6), του βραχιονοκερκιδικού (A5-A6), του τρικέφαλου βραχιονίου (A6-A8), του τετρακεφάλου (O2-O4), του αχίλλειου (I1-I2). Κάποιες φορές ελέγχονται τα αντανακλαστικά του μασητήρος (V κρανιακό νεύρο) , των προσαγωγών (O4-O5 , I1-I2) και των οπίσθιων μηριαίων (O5, I1-I2). Συνεκτιμάται επίσης και η παρουσία κλώνου.

Σημαντικές πληροφορίες για την διαγνωστική διαδικασία προσφέρουν και τα δερματικά αντανακλαστικά ,όπως για παράδειγμα του κερατοειδούς (V και VII κρανιακά νεύρα) ή του φάρυγγα ή αλλιώς του εμετού (IX και X κρανιακά νεύρα). Για επιπλέον βοήθεια χρησιμοποιούμε τα δερματικά αντανακλαστικά του επιγαστρίου (Θ6-Θ9), τα μέσα κοιλιακά (Θ9-Θ11), του υπογαστρίου (Θ11-O1) και του κρεμαστήρος (O1-O2). Τέλος, ελέγχεται και η παρουσία παθολογικών αντανακλαστικών, όπως το Babinski ή το Oppenheim.

Η νευρολογική εξέταση ολοκληρώνεται με την εκτίμηση του κινητικού ελέγχου, δηλαδή την αξιολόγηση του μυϊκού τόνου, την αξιολόγηση της συνεργασίας και του συντονισμού των άνω και κάτω άκρων με τις γνωστές ειδικές δοκιμασίες, τις εναλλασσόμενες κινήσεις με σταθερό ρυθμό και, τέλος, την παρουσία μη εκούσιων κινήσεων και απρακτικών φαινομένων.

(Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με KNM»)

περιλαμβάνει απεικονιστική και ηλεκτροδιαγνωστική μελέτη και μπορεί να συνεισφέρει στην γρήγορη εκτίμηση, στην απόφαση της θεραπευτικής οδού που θα ακολουθηθεί, στην σύγκριση της πορείας του ασθενή με την αναμενόμενη πορεία της κάκωσής του και φυσικά στην πρόβλεψη της νευρολογικής του ανάκαμψης.

Ο εγκυρότερος τρόπος εκτίμησης του ασθενή με ΚΝΜ, είναι η χρήση μια τυποποιημένης κλινικής εξέτασης όπως αυτή που προτείνεται από την ASIA (Σχήμα 1.2). Η χρήση μιας σταθερής κλινικής εξέτασης έχει αρκετά οφέλη, όπως η σαφήνεια με την οποία περιγράφονται οι βασικοί όροι που χρησιμοποιούνται κατά την κλινική εξέταση και εκτίμηση μιας ΚΝΜ (Πίνακας 1.2). Οι μύες-κλειδιά που χρησιμοποιούνται στην εξέταση μίας τραυματικής ΚΝΜ φαίνονται στον πίνακα 1.3.

«Πίνακας 1.2 Βασικοί όροι κλειδιά για την ΚΝΜ»

Τροποποιημένος πίνακας από Μπάκας Ε. «Αποκατάσταση ασθενή με βλάβη ή κάκωση νωτιαίου μυελού»

Κινητικό επίπεδο	Η πλέον ουραία μυϊκή ομάδα με αξιολόγηση 3/5, της οποίας τα κεφαλικά τμήματα είναι φυσιολογικά (5/5)
Αισθητικό επίπεδο	Το πλέον ουραίο δερμοτόμιο με φυσιολογική αισθητικότητα αμφοτερόπλευρα και στη βελόνα (pinprick) και στην ελαφρά αφή
Νευρολογικό επίπεδο της κάκωσης	Το πλέον ουραίο επίπεδο στο οποίο η κινητικότητα και η αισθητικότητα είναι άθικτες
Πλήρης βλάβη	Απουσία κινητικής και αισθητικής λειτουργίας στα κατώτερα ιερά τμήματα
Ατελής βλάβη	Διατήρηση της κινητικής ή/και της αισθητικής λειτουργίας κάτω από το νευρολογικό επίπεδο και στα κατώτερα ιερά τμήματα
Ζώνη μερικής διατήρησης	Τα δερμοτόμια και μυοτόμια ουραία από το νευρολογικό επίπεδο της βλάβης με μερική διατήρηση νεύρωσης. Ισχύει μόνο για πλήρεις βλάβες και η έκτασή της καθορίζεται από το πλέον ουραίο τμήμα με μερική αισθητική ή κινητική λειτουργία

«Πίνακας 1.3 Μύες-κλειδιά για την εξέταση μιας ΚΝΜ »

Τροποποιημένος πίνακας από Μπάκας Ε. «Αποκατάσταση ασθενή με βλάβη ή κάκωση νωτιαίου μυελού»

Επίπεδο	Μυϊκή ομάδα
A5	Καμπτήρες του αγκώνα
A6	Εκτείνοντες του καρπού
A7	Εκτείνοντες του αγκώνα
A8	Καμπτήρες των δακτύλων
Θ1	Απαγωγός του μικρού δακτύλου
O2	Καμπτήρες του ισχίου
O3	Εκτείνοντες του γόνατος
O4	Ραχιαίοι καμπτήρες της ποδοκνημικής
O5	Εκτείνοντες των δακτύλων
I1	Πελματιαίοι καμπτήρες της ποδοκνημικής

Η νευρολογική εξέταση του ασθενή με ΚΝΜ επικεντρώνεται σε δύο βασικά κομμάτια: Στην αξιολόγηση της κινητικότητας και της αισθητικότητας. Το κομμάτι της κλινικής εξέτασης συμπληρώνεται από βασικά και δευτερεύοντα κλινικά στοιχεία. Τα βασικά στοιχεία δίνουν την δυνατότητα να καθοριστεί με σιγουριά το επίπεδο της κινητικότητας και της αισθητικότητας του ασθενή όπως επίσης να οριστεί και το νευρολογικό επίπεδο της βλάβης, να κατασκευαστεί ένας αριθμητικός δείκτης για την αξιολόγηση κινητικότητας και αισθητικότητας, να καθοριστεί η βαρύτητα της βλάβης (πλήρης ή ατελής) και τέλος να ταξινομηθεί η βλάβη .

Σε μια ΚΝΜ είναι βασικό να προσδιοριστεί η λειτουργικότητα που αναμένεται να έχει ο ασθενής και να σχεδιαστεί άμεσα το πλάνο αποκατάστασής του. Σε αυτό συμβάλει η σαφής και ακριβής αρχική κλινική εξέταση, επειδή μέσω αυτής μπορεί να προσδιοριστεί η σαφέστερη κλινική εικόνα του ασθενή και να κάνει την συνεννόηση ανάμεσα στους ειδικούς για το συγκεκριμένο περιστατικό ευκολότερη. Με βάση αυτά διατυπώνονται με ευκολία οι βασικές κατευθυντήριες γραμμές που έχουν τοποθετηθεί από την ASIA:

- Η εξέταση αισθητικότητας λαμβάνει χώρα σε 28 δερμοτόμια αμφοτερόπλευρα. Ελέγχεται η αντίληψη σε οξέα ερεθίσματα (αίσθηση της βελόνας) και στην ελαφριά

αφή ,συμπεριλαμβανομένου του I4-I5 δερμοτομίου καθώς και τον έλεγχο αισθητικότητας του προκτού κατά την δακτυλική εξέταση.

- Καθορίζεται το αισθητικό επίπεδο της βλάβης (αμφοτερόπλευρα) και ορίζεται ο συνολικός αισθητικός δείκτης (56 σε κάθε πλευρά και 112 στο σύνολο)
- Γίνεται καθορισμός του κινητικού επιπέδου της βλάβης (και εδώ αμφοτερόπλευρα) και γίνεται ο υπολογισμός του κινητικού δείκτη (25 ανά άκρο ,50 ανά τμήμα ,100 συνολικά)
- Λεπτομερής καθορισμός νευρολογικού επιπέδου βλάβης
- Καθορισμός της βαρύτητας της κάκωσης του NM σε πλήρη ή ατελή βλάβη
- Ακριβής καθορισμός της κατάστασης του ασθενή σύμφωνα με την ASIA
- Προσδιορισμός ζώνης μερικής διαφύλαξης ,αν η κατάσταση του ασθενούς καθορίζεται ως ASIA A

Σε αυτό το σημείο αξίζει να τονιστεί ότι αυτές οι κλινικές εκτιμήσεις αναφέρονται μόνο σε κακώσεις νωτιαίου μυελού. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση ακόμα και αν υπάρχει τραυματισμός στον σπόνδυλο τα παραπάνω δεν έχουν ισχύ και δεν μπορούν να συμπεριληφθούν τέτοιου τύπου δυσλειτουργίες στην κατάταξη της ASIA. Είναι ,επίσης, δύσκολο να αξιολογηθούν και να συμπεριληφθούν στην κλίμακα της ASIA καταστάσεις στις οποίες παρόλο που υπάρχει KNM συνοδεύονται από προβλήματα όπως έντονη σπαστικότητα ή παχυσαρκία τα οποία δυσκολεύουν αρκετά την κλινική εξέταση. Τέλος, άλλη μία περίπτωση βλάβης που δύσκολα συμπεριλαμβάνεται στην ASIA είναι τα ατελή κλινικά σύνδρομα.

Έτσι λοιπόν ο καθορισμός της κλινικής βαρύτητας της βλάβης αλλά και η όσο το δυνατόν καλύτερη κατάταξη της KNM με βάση την ASIA ,δίνει στο γιατρό την δυνατότητα να κάνει πρόβλεψη για την εξέλιξη της βλάβης του ασθενή και βέβαια να μπορεί να παρακολουθεί και να επιτηρεί την πρόοδο του ασθενή και ουσιαστικά να αξιολογεί την αποτελεσματικότητα της θεραπείας του με αντικειμενικά κριτήρια. (Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με KNM»)

1.7 Ατελή Κλινικά Σύνδρομα

Υπάρχουν ορισμένα ατελή κλινικά σύνδρομα τα οποία εμφανίζονται ως ξεχωριστές κλινικές οντότητες. Παρουσιάζονται μετά από τραυματική, αγγειακή ή άλλη βλάβη

του ΝΜ, κάποια στην περιοχή του αυχένα ή και σε οποιοδήποτε σημείο του ΝΜ. Συνεπώς, η ΚΝΜ δύναται να κατηγοριοποιηθεί περαιτέρω με βάση την περιοχή του ΝΜ που επηρεάζει. Γενικώς, τα σύνδρομα αυτά δεν αποτυπώνουν πλήρως το νευρολογικό έλλειμμα που εκδηλώνεται, αλλά είναι σημαντικό να προσδιοριστούν κλινικά (Πίνακας 1.4). (Μπάκας Ε. 2012 «Αποκατάσταση ασθενή με ΚΝΜ»)

«Πίνακας 1.4 Ατελή κλινικά σύνδρομα »

Τροποποιημένος πίνακας από Μπάκας Ε. «Αποκατάσταση ασθενή με βλάβη ή κάκωση νωτιαίου μυελού»

Σύνδρομο	Κύρια συμπτώματα
Κεντρικού μυελού	Αδυναμία των άνω άκρων μεγαλύτερη από των κάτω Παρουσιάζεται σχεδόν αποκλειστικά στον αυχένα
Χιαστή παράλυση	Βλάβη στα ψηλότερα αυχενικά μυελοτόμια με προσβολή των άνω άκρων και ελάχιστη ή καθόλου των κάτω
Ημιδιατομής (Brown Sequard)	Μεγαλύτερη απώλεια κινητικότητας και ιδιοδεκτικότητας ομόπλευρα, ενώ απώλεια αίσθησης πόνου και θερμοκρασίας ετερόπλευρα
Οπίσθιου μυελού	Απώλεια ιδιοδεκτικότητας, ενώ διατηρείται η κινητικότητα και η αίσθηση πόνου και θερμοκρασίας
Πρόσθιου μυελού	Ποικίλου βαθμού απώλεια κινητικής λειτουργίας, αίσθησης πόνου και θερμοκρασίας, ενώ διατηρείται η ιδιοδεκτικότητα

1.8 Αυτονομική Δυσρεφλεξία

Η Αυτονομική Δυσρεφλεξία (ΑΔ) είναι μια γνωστή επείγουσα κατάσταση σε ασθενείς με ΚΝΜ. Συμβαίνει κατά κόρον σε άτομα που υπέστησαν ΚΝΜ στο επίπεδο Θ6 ή άνω. Κατά το οξύ επεισόδιο ΑΔ, συνήθως αυξάνεται η αρτηριακή πίεση και εμφανίζεται βραδυκαρδία, ενώ δεν είναι απίθανη η ταχυκαρδία. Η αρτηριακή πίεση σε ανάπαυση σε άτομα με αυχενική ή ανώτερη θωρακική ΚΝΜ

είναι 15-20mmHg μικρότερη από το φυσιολογικό, το οποίο σημαίνει ότι αν εμφανισθεί φυσιολογική ή μεγαλύτερη πίεση στη συγκεκριμένη ομάδα ασθενών, είναι πιθανή ένδειξη για ΑΔ.

Τα συμπτώματα ποικίλλουν σε ένταση από μια απλή δυσφορία και πονοκέφαλο μέχρι και σε επικίνδυνες για τη ζωή καταστάσεις, όπως αν η συστολική πίεση φτάσει τα 300mmHg. Αν μείνει ένας ασθενής που εμφάνισε ΑΔ χωρίς αγωγή, μπορεί να εμφανίσει ενδοκρανιακή αιμορραγία, αποκόλληση αμφιβληστροειδούς, κρίσεις ή ακόμα και θάνατο.

Ανάλογα το σημείο της ΚΝΜ, αλλά και τον τύπο της, διαφέρει η πιθανότητα να εμφανίσει ένας ασθενής ΑΔ ή άλλες καρδιαγγειακές δυσλειτουργίες και η ένταση των παθήσεων αυτών. Δηλαδή, όσο πιο ψηλά έχει γίνει η κάκωση στον ΝΜ, τόσο πιο πιθανή είναι μια καρδιαγγειακή δυσλειτουργία, ενώ ταυτόχρονα αναφέρεται πως μόνο το 27% των τετραπληγικών με ατελή ΚΝΜ εμφανίζουν σημάδια ΑΔ, ενώ για αυτούς με πλήρη ΚΝΜ το ποσοστό αγγίζει το 91%.

Παρόλα αυτά, η κύρια αιτία της ΑΔ είναι ο ερεθισμός και η απόφραξη της ουροδόχου κύστης ή του παχέως εντέρου. (Krassioukov et al 2011)

Αν εμφανίσει σημάδια ΑΔ ένας ασθενής με ΚΝΜ, σαν πρώτη ενέργεια πρέπει να βάλουμε τον ασθενή σε καθιστή θέση, ώστε να επιβάλλουμε την αντίδραση ορθοστατικής υπότασης. Έπειτα, χαλρώνουμε ή αφαιρούμε τυχόν ενδύματα που μπορεί να περιορίζουν την αιματική ροή και παρακολουθούμε την καρδιακή συχνότητα και την πίεση του ασθενούς κάθε 5 λεπτά. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ερευνήσουμε την αιτία του επεισοδίου, ελέγχοντας πρωτίστως για διόγκωση της κύστης, λόγω απόφραξης ή ελαττωματικής τοποθέτησης καθετήρα. Ως τελευταία λύση, δηλαδή αν δεν ανταποκριθεί ο ασθενής στις προηγούμενες ενέργειές μας και έχει σταθερή πίεση άνω των 150mmHg, συστήνεται η χορήγηση αντιυπερτασικού παράγοντα, όπως η νιφεδιπίνη ή η καπτοπρίλη. (Cragg et al 2014)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός- Functional electrical stimulation (FES)

Η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (Functional electrical stimulation ή FES) είναι η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για την παραγωγή λειτουργικής κίνησης ή σειράς κινήσεων, η οποία δεν θα μπορούσε να συμβεί διαφορετικά.

Προτάθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 ως θεραπεία για εγκεφαλικό επεισόδιο. (Doucet et al. 2012)

Η νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση (Neuromuscular Electrical Stimulation ή NMES) που εφαρμόζεται στο νευρομυϊκό σύστημα προκαλεί μυϊκές συστολές με αποπόλωση των κινητήριων αξόνων κάτω από τα διεγερτικά ηλεκτρόδια. Οι δημιουργούμενες μυϊκές συστολές έχουν ως αποτέλεσμα θεραπευτικά ή/και λειτουργικά οφέλη εκμεταλλευόμενα το προσαρμοστικό δυναμικό των σκελετικών μυών ινών για να αυξήσουν την επίδραση της φόρτισης στις αρθρώσεις. Όταν επέρχονται λειτουργικά κέρδη ή κέρδη απόδοσης, η NMES χαρακτηρίζεται συχνά ως "λειτουργική ηλεκτρική διέγερση" (FES). (Ibitoye et al. 2016)

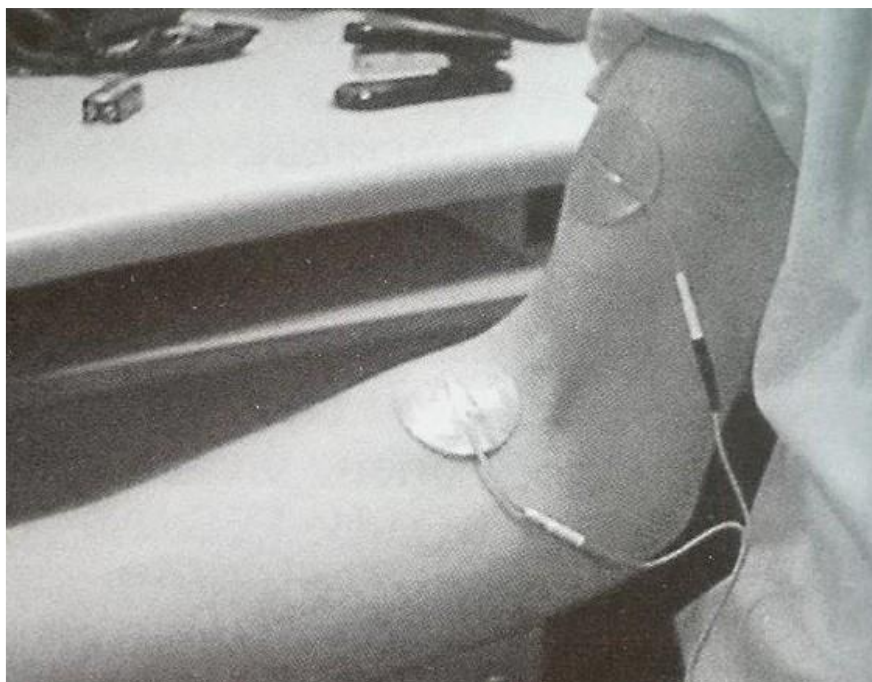
Ως επί το πλείστον, το FES χρησιμοποιείται για προβλήματα που προκύπτουν από βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος. Εφόσον το περιφερικό νευρικό σύστημα είναι άθικτο, ο ερεθισμός μπορεί να εφαρμοστεί κανονικά. Το εύρος χρήσης είναι μεγάλο και αυξάνεται συνεχώς, γιατί μιλάμε για μια σχετικά νέα τεχνική.

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

Υπάρχει μια διαφωνία μεταξύ των θεραπευτών για το αν τα αποτελέσματα του FES θα πρέπει να είναι άμεσα ή έμμεσα, δηλαδή μακροπρόθεσμα. Χαρακτηριστική πρώτη περίπτωση είναι το drop foot, όπου η διέγερση προκαλεί άμεσα την κινητική

απάντηση. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται όροι όπως ηλεκτρικές ορθώσεις ή νευρικές προθέσεις. Έμμεσο αποτέλεσμα είναι η ενδυνάμωση μυών.

2.1 Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων



Εικόνα 2.1. Τυπική τοποθέτηση για διέγερση δικεφάλου

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

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

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

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

Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια μπορεί να είναι:

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

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

Το FES μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την επιστράτευση αντανακλαστικού, όπως το αντανακλαστικό απόσυρσης, όπου διεγείρεται το κοινό περνιαίο νεύρο και προκαλείται συνδυαστική κάμψη ισχίου, γόνατος και ραχιαία ποδοκνημικής. (Robertson et al, 2011)

2.2 Τυπικοί παράμετροι

Οι τυπικοί παράμετροι του FES είναι:

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

(Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»)

2.3 Δοσολογία διέγερσης

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

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

Η δοσολογία είναι διαφορετική ανάλογα με τους σκοπούς της θεραπείας. Για ενδυνάμωση, γίνεται αύξηση της έντασης μέχρι δημιουργία αρκετής ροπής. Για κινητοποίηση, χρειάζεται χαμηλή ροπή, μέτρια ένταση και περιοριστικός παράγοντας

είναι ο πόνος. Για βελτίωση της αντοχής, γίνονται πολλές επαναλήψεις με μέτρια ένταση. (Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»)

2.4 Στάδια αγωγής

- Επεξήγηση στον ασθενή, για αποτελέσματα και κινδύνους, και συγκατάθεση του
- Έλεγχος της συσκευής. Η συσκευή ενεργοποιείται και ρυθμίζονται οι παράμετροι της, ο θεραπευτής την ελέγχει πάνω του και αν όλα είναι εντάξει, μηδενίζεται η ένταση και η συσκευή παραμένει ανοιχτή.
- Έλεγχος της διακριτικής ικανότητας αντικειμένων του δέρματος, για παράδειγμα με καρφίτσα. Δεν θεωρείται αντένδειξη η μειωμένη αισθητικότητα, αλλά χρειάζεται προσοχή.
- Τοποθέτηση ασθενούς σε άνετη θέση, με προσβασιμότητα στους μύες που παίρνουν μέρος και μακριά από εμπόδια αν αναμένεται κίνηση.
- Τοποθέτηση ηλεκτροδίων μετά από έλεγχο του δέρματος
- Εφαρμογή του ρεύματος, πληροφόρηση από τον ασθενή για την ανοχή του σε αυτό και καθορισμός της έντασης.
- Κανονισμός της αγωγής που θα ακολουθηθεί
- Τερματισμός της διαδικασίας. Μηδενισμός της έντασης, αποσύνδεση των καλωδίων, απενεργοποίηση ηλεκτροδίων και προσεκτική αφαίρεση από το δέρμα, έλεγχος του δέρματος, καθαρισμός ηλεκτροδίων ή απόρριψη αν είναι μίας χρήσεως και καταγραφή των παραμέτρων και των αντιδράσεων του ασθενούς.

(Robertson et al. 2011)

2.5 Εφαρμογές του FES

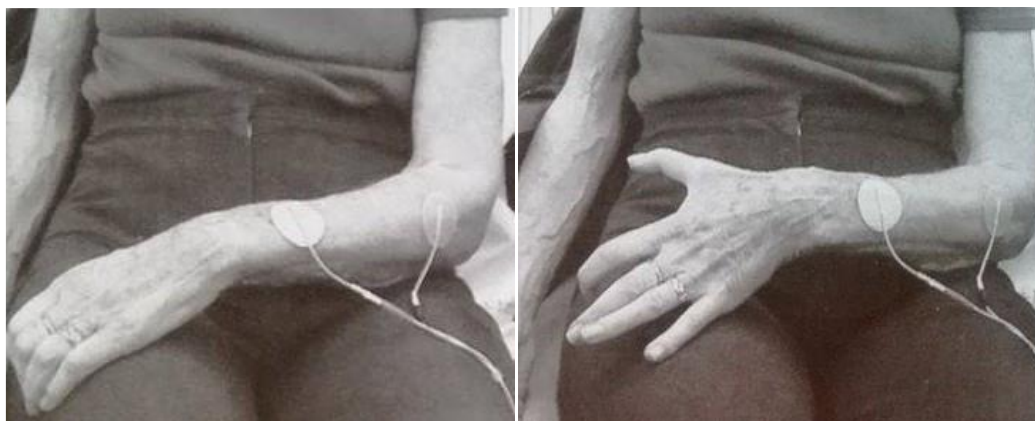
Στην εφαρμογή του FES, περιλαμβάνονται καρδιακοί και σπλαχνικοί βηματοδότες, που είναι εμφυτευμένες μορφές, εμφυτευμένοι και διαδερμικοί διεγέρτες για την κίνηση σε ΚΝΜ ή σε αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ).

Χρησιμοποιείται κυρίως σε:

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

Οι πιθανοί ρόλοι του FES σε ΑΕΕ ερευνούνται συνεχώς και πιο εντατικά.

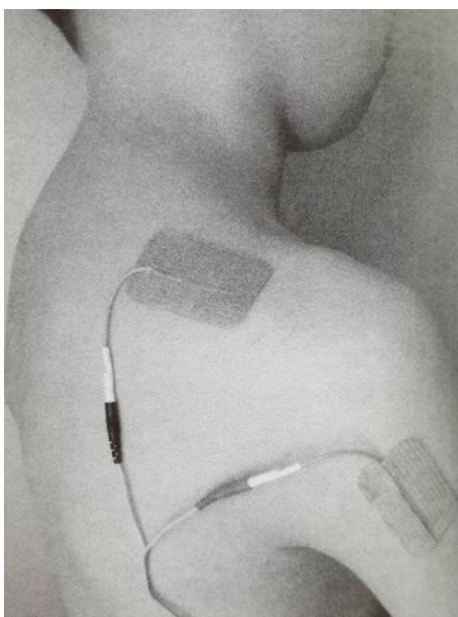
Χρησιμοποιείται για πρόληψη του πόνου, λειτουργικότητα και αποφυγή υπεξαρθρήματος στον ώμο και λειτουργικότητα της άκρας χείρας. Τυπικά χρησιμοποιείται παλμικό ρεύμα, οπότε είναι εφικτή και η χρήση φορητής συσκευής. Οι παλμοί είναι διφασικοί και μπορεί σε μικρή διάρκεια, μονοφασικοί. Ο ερεθισμός γίνεται επιφανειακά ή ενδομυϊκά.



Εικόνα 2.2. Έκταση πηγεοκαρπικής άκρας χείρας με χρήση FES.

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

Σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση, η χρήση αφορά τη βελτίωση του προτύπου βάδισης και τη λειτουργικότητα του άνω άκρου. Υπάρχουν μελέτες που υποδεικνύουν οφέλη στη χρήση FES, ωστόσο χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση καθώς δεν θεωρείται ότι θα έχει σίγουρα οφέλη. Όσον αφορά τη βάδιση, το ενδιαφέρον των ερευνητών έχει στραφεί στο τι θα πρέπει να ερεθιστεί, οι καμπτήρες, για την ομαλοποίηση του τόνου, ή οι ανταγωνιστές. Στο χέρι, ο ερεθισμός των εκτεινόντων του καρπού φαίνεται να βελτιώνει τη λειτουργικότητα. Για τον ίδιο σκοπό έχει εφαρμοστεί και αισθητικός αντί για κινητικός ερεθισμός, με καλά αποτελέσματα.



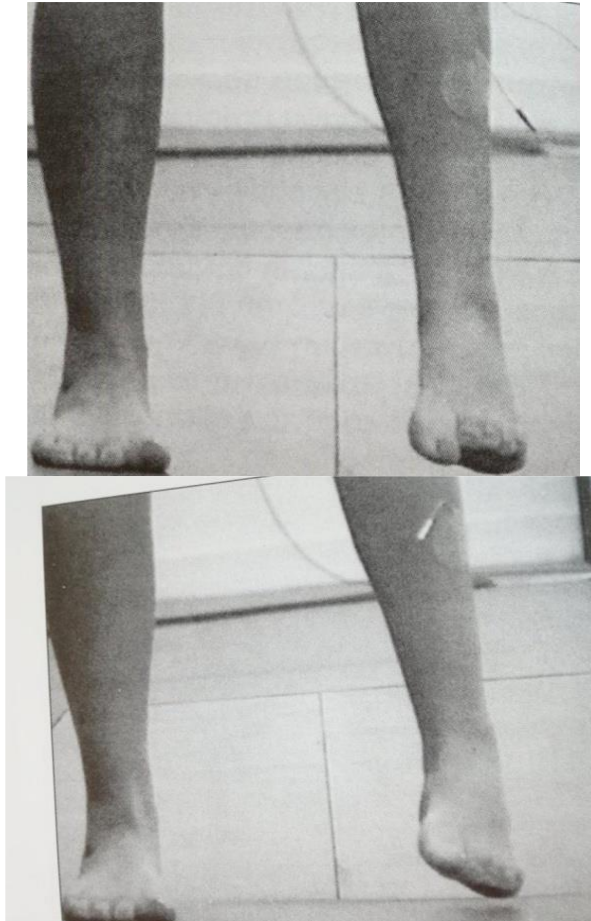
Εικόνα 2.3. FES για μείωση εξάρθρωσης του ώμου.

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

Στην υποποδία από βλάβη του ΚΝΣ, γίνεται ερεθισμός στους ραχιαίους καμπτήρες της ποδοκνημικής και ενεργοποιείται από διακόπτη στο εσωτερικό του παπουτσιού ή από τη μεταβολή της κλίσης του σκέλους. Χρησιμοποιείται επιφανειακά αλλά και ενδομυικά.

Προτιμάται το δεύτερο γιατί έχει εμφανίσει καλύτερα αποτελέσματα, αυξάνοντας την απόσταση βάρδισης σε χρονικό διάστημα 6 λεπτών.

Η έκλυση βάρδισης σε άτομα με ΚΝΜ έχει και αυτή σαν δυνητικό όφελος την βελτίωση της καρδιαγγειακής φυσικής κατάστασης, ενώ δεν έχει τα μειονεκτήματα της μετακίνησης με αμαξίδιο, δηλαδή πόνο και τραυματισμούς του άνω άκρου. Επίσης προτιμάται και στην περίπτωση που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμαξίδιο για μεταφορές και γενικά για την κινητικότητα. Μπορεί να υπάρξει βελτίωση στο επίπεδο ελέγχου και την ταχύτητα βάρδισης. Υπάρχουν θετικά αποτελέσματα και στον συντονισμό μεταξύ κάτω άκρων και ισχίων κατά τη διαδικασία της βάρδισης.



Εικόνα 2.4. Βήμα με διέγερση του κοινού περνιαίου(αριστερά) και χωρίς(δεξιά).

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

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

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

Όσον αφορά τη σκολίωση, θεωρείται εναλλακτική λύση σε περίπτωση που ο ασθενείς δεν δέχεται τον κηδεμόνα. Εφαρμόζεται στην κυρτή πλευρά κατά τη

διάρκεια της νύχτας και περιορίζει την επέκταση του προβλήματος, όπως και ο κηδεμόνας. (Robertson et al. 2011)

2.6 Οφέλη του FES

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

(Doucet, 2012)

2.7 Κίνδυνοι και αντενδείξεις

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

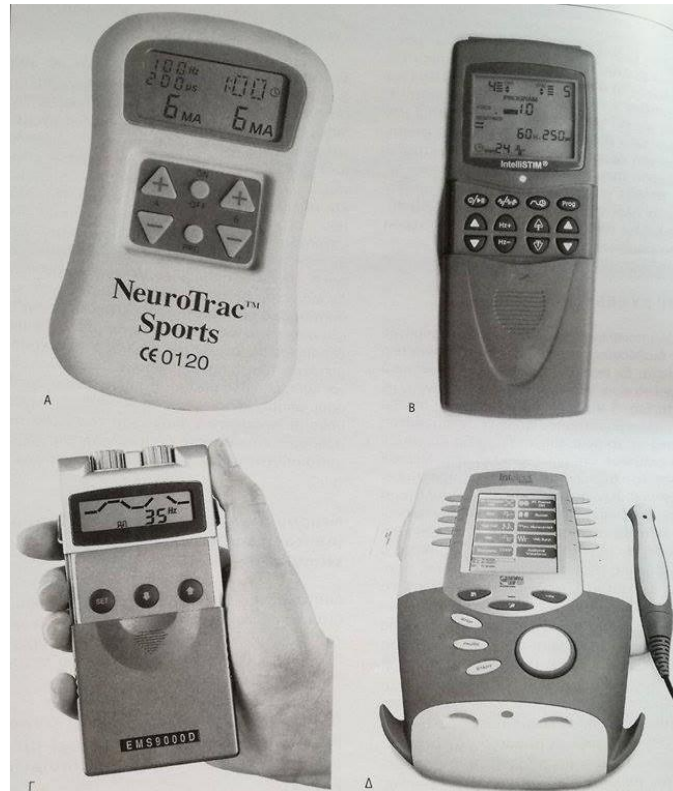
Αντενδείξεις:

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

Δεν αποτελούν αντένδειξη τα εμφυτευμένα μέταλλα, αφού έχουν υψηλότερη αγωγιμότητα από τον υποδόριο ιστό και άρα δεν επηρεάζουν την πορεία του ρεύματος. Επίσης, δεν υπάρχει γνωστός κίνδυνος για την διέλευση ρεύματος στην λεκάνη. (Robertson et al.2011)

2.8 Συσκευές

Υπάρχουν πολλές συσκευές στο εμπόριο, είτε φορητές, που λειτουργούν με μπαταρίες, είτε σταθερές, που συνδέονται με το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Υπάρχει αντιπαράθεση μεταξύ των θεραπειών για το αν τα δύο αυτά διαφορετικά είδη έχουν εξίσου καλά αποτελέσματα ή αν οι σταθερές συσκευές υπερτερούν των φορητών. Για την απάντηση χρειάζονται περαιτέρω έρευνες. Το σημαντικότερο για την αγορά μίας συσκευής FES είναι η επιβεβαίωση ότι έχει όλες τις παραμέτρους και μπορεί να λάβει τις κατάλληλες τιμές. Τα είδη του ηλεκτρικού ρεύματος, που χρησιμοποιούνται θεραπευτικά, έχουν καθοριστεί ονομαστικά από το τμήμα κλινικής ηλεκτροφυσιολογίας της Αμερικάνικης Εταιρίας και είναι εναλλασόμενο, συνεχές και παλμικό ή διακοπτόμενο. Ωστόσο, στο εμπόριο δεν ακολουθούνται αυτοί οι όροι, τείνουν να αναφέρονται όλα το ίδιο και έτσι χρειάζεται καλή μελέτη πριν την αγορά. (Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»).



Εικόνα 2.5. Συσκευές FES
A. NeuroTrac Sports (SKF)
B. IntelliSTIM
Γ. DigiSTIM
Δ. CMS

Εικόνα από Watson T. 2011 «Ηλεκτροθεραπεία»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Η χρήση του FES στην ΚΝΜ

3.1 Εισαγωγή

Η ΚΝΜ επηρεάζει άμεσα την κινητική και αισθητική λειτουργία του ασθενούς. Η βλάβη εξαρτάται, κυρίως, από το επίπεδο του ΝΜ που προσβλήθηκε και τον τύπο της κάκωσης (ατελής ή πλήρης). Δευτερογενώς, η ΚΝΜ επιφέρει μυϊκή ατροφία, καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές δυσλειτουργίες, δυσκολία στον έλεγχο των κινήσεων, οστεοπόρωση κ.ά.

Επίσης, σημαντικό αποτρεπτικό παράγοντα από την άσκηση με FES για τους ασθενείς, αποτελεί η γρήγορη κόπωση που επέρχεται από την ΚΝΜ. Η καθυστέρησή της θεωρείται μείζωνος κλινικής σημασίας. (Ibitoye et al. 2016)

Η άσκηση με FES έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τη σπαστικότητα και τη συχνότητα των μυϊκών σπασμών, καθυστερεί τη μείωση του μεγέθους των μυϊκών ινών και την αλλαγή τους σε ίνες ταχείας κόπωσης. (Kuhn et al. 2014)

Οι μεταβολικές ανάγκες των ασθενών αυξάνονται με άσκηση συνδυασμένη με FES και, συνεπώς, αποκτούν καλύτερη καρδιοαναπνευστική λειτουργία και μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακής ασθένειας. (Gibbons et al. 2014)

Να σημειωθεί εδώ ότι μέχρι πρόσφατα δεν αναμενόταν περαιτέρω βελτίωση στην υγεία των ασθενών με ΚΝΜ μετά τους 12-18 μήνες. Πολλές μελέτες αμφισβητούν αυτήν την άποψη, ενώ συγκεκριμένα η έρευνα από τους Karadia et al (2014) απέδειξε το αντίθετο.

Οι έρευνες και τα στοιχεία που ακολουθούν θα βοηθήσουν στην κατανόηση των τρόπων, με τους οποίους μπορεί η χρήση του ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού, σε συνδυασμό με άσκηση, να επωφελήσει τους ασθενείς που υπέστησαν ΚΝΜ.

3.2 FES και βάδιση

Άτομα με ατελή ΚΝΜ συχνά διατηρούν ή επανακτούν την δυνατότητα βάδισης. Μια συνηθισμένη αιτία παθολογικής βάδισης μετά από ατελή ΚΝΜ είναι το ανεπαρκές ύψος του άκρου κατά τη φάση αιώρησης λόγω μειωμένου εύρους κίνησης ισχίου, γόνατος και αστραγαλοποδικής άρθρωσης.

Για την βελτίωση του προβλήματος αυτού αποτελεί παραδοσιακή παρέμβαση η χρήση ενός κνημοποδικού κηδεμόνα (ΚΠΚ), έτσι ώστε να διατηρείται το πόδι σε μεγαλύτερη ραχιαία έκταση κατά τον κύκλο βάδισης. Οι ΚΠΚ τοποθετούνται στα προσβεβλημένα κάτω άκρα μέσα από τα παπούτσια για να κρατήσουν το πόδι και τον αστράγαλο σε θέση 90 μοιρών, που θεωρείται ουδέτερη, και για να παρέχουν υποστήριξη στα σύνορα του ποδιού για την πρόληψη έσω και έξω ανάσπασης. (Kottink et al., 2007)

Εναλλακτικά, για την βελτίωση του ύψους του ποδιού κατά τη φάση αιώρησης, διεγείρεται ηλεκτρικά (FES) το κοινό περονιαίο νεύρο προκαλώντας ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής. Επιπλέον, μπορεί να προκληθεί αντανακλαστική σύγκαμψη γόνατος και ισχίου (αντανακλαστικό απόσυρσης). Πλεονεκτήματα του FES είναι η μείωση σπασμών και μυϊκού τόνου, μείωση κατανάλωσης ενέργειας, αύξηση ανεξαρτησίας σε καθημερινές δραστηριότητες και βελτίωση βάδισης.

Σε μια μελέτη, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων από τη χρήση FES σε συνδυασμό ή όχι με έναν ΚΠΚ σε ασθενής με ατελή ΚΝΜ. Έλαβαν μέρος εθελοντικά 19 άτομα με ατελή ΚΝΜ. Τα νευρολογικά επίπεδα και η αξιολόγηση της βλάβης έγιναν σύμφωνα με την κλίμακα ASIA. Χρησιμοποιήθηκε ένα μονοκάναλο σύστημα FES, του οποίου τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν ακριβώς κάτωθεν του γόνατος, πάνω στο κοινό περονιαίο νεύρο (Εικόνα 3.1). Το σύστημα αυτό περιλάμβανε έναν ενσωματωμένο αισθητήρα που μετρούσε την κλίση του κάτω άκρου λόγω βαρύτητας, ο οποίος πυροδοτούσε το ερέθισμα του νεύρου στη φάση αιώρησης.



Εικόνα 3.1. Τοποθέτηση FES στο κοινό περνιαίο νεύρο σε συνδυασμό με ΚΠΚ

Εικόνα από Kim et al 2014

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, και οι δύο τρόποι θεραπείας ξεχωριστά βελτίωσαν τη βάρδιση, ωστόσο ο συνδυασμός τους απέφερε μεγαλύτερα οφέλη στην συνολική ποιότητα της βάρδισης, όπως έδειξαν οι μετρήσεις ταχύτητας και η μέτρηση συνολικής απόστασης βάρδισης σε 6 λεπτά. (Kim et al, 2004)

Συνεχίζοντας, έχουν αναπτυχθεί πολύπλοκα πολυκαναλικά συστήματα για τη διευκόλυνση της μυϊκής ενεργοποίησης και τον έλεγχο της βάρδισης ενός παραπληγικού ατόμου. Σε όλες τις μορφές υποβοήθησης μέσω FES, η βάρδιση τείνει να είναι εξίσου αργή, αμήχανη και ενεργειακά απαιτητική για τον χρήστη. Το υψηλό ενεργειακό κόστος είναι ένας σημαντικός περιορισμός για τις προθέσεις που θα χρησιμοποιούνταν ως μόνιμες βοηθητικές συσκευές. Ένας σημαντικός περιορισμός των συσκευών υποβοήθησης που χρησιμοποιούν επιφανειακή διέγερση είναι ότι οι καμπήρες του ισχίου δεν μπορούν διεγερθούν άμεσα και επομένως είναι απαραίτητη η εκούσια σύσπαση αυτών, κάτι που συνήθως απουσιάζει στη παραπληγία ή στη παρουσία του αντανακλαστικού απόσυρσης (διέγερση περνιαίου νεύρου).

Όσον αφορά τους τύπους FES που εφαρμόζονται υπάρχουν τα πλήρως εμφυτευμένα συστήματα που προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα με επιφανειακή ή διαδερμική μακροχρόνια χρήση. Με αυτά υπάρχει η δυνατότητα ενεργοποίησης βαθύτερων

μυϊκών στιβάδων (καμπτήρες ισχίου και μετέπειτα προτιμότερο πρότυπο βάδισης) όπως και η βοήθεια κένωσης της ουροδόχου κύστης. Όπως αναφέρθηκε αρχικά οι συσκευές διέγερσης πτώσης του άκρου ποδός, είναι μια ειδική κλάση του FES. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως η αναγνώριση των χαρακτηριστικών της βάδισης ανάλογα με τη παθολογία είναι εξαιρετικά σημαντική για την επιτυχία οποιασδήποτε συσκευής υποβοήθησης μέσω FES. Οι ακολουθίες της διέγερσης πρέπει να συγχρονίζονται με το κινηματικό πρότυπο της βάδισης, όπως για παράδειγμα με τη φάση αιώρησης και τη φάση στήριξης. Τέλος, υπάρχουν τα υβριδικά ορθωτικά συστήματα που συνδυάζουν FES και μηχανικούς κηδεμόνες ορθοστάτισης και στόχος τους είναι ο περιορισμός των βαθμών ελευθερίας της λεκάνης και των κάτω άκρων και η αντιστάθμιση αυτών μέσω της ηλεκτρικής διέγερσης των μυών (Thrasher & Popovic 2008).

Η αποκατάσταση της λειτουργίας της βάδισης μετά από παράλυση λόγω KNM είναι μεγάλης σημασίας τόσο για τους κλινικούς όσο και για τους ασθενείς. Η αποκατάσταση της βάδισης κατατάσσεται υψηλά σε προτεραιότητα ανεξάρτητα από τη σοβαρότητα του τραυματισμού, τη στιγμή που συνέβη αυτός ή την ηλικία του ασθενούς. Στην ανασκόπηση των Ditunno και Scivoletto (2009), οι συγγραφείς αναφέρονται σε δύο τρόπους παρέμβασης που μελετήθηκαν στις έρευνες, με πρώτο τον λειτουργικό ηλεκτρικό ερεθισμό (FES) όπου γίνεται παρέμβαση στα ελλείμματα που προσδιορίστηκαν μέσω παρατήρησης και ανάλυσης της βάδισης. Και ως δεύτερη θεραπευτική παρέμβαση αναφέρεται η κινητική επανεκπαίδευση (locomotor retraining), όπου μέσω της πλαστικότητας του εγκεφάλου στόχος είναι η εκμάθηση εκ νέου των επιθυμητών δραστηριοτήτων. Και οι δύο παρεμβάσεις απαιτούν τη κατανόηση των βασικών συνιστωσών της ανθρώπινης μετακίνησης και πως αυτές μπορούν να τροποποιηθούν, σε φυσιολογικές και παθολογικές καταστάσεις. Είναι για αυτό σημαντικό να αναφέρουμε πως η κινηματική ανάλυση της βάδισης είναι απαραίτητη, τόσο για την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων όσο και για την ανάπτυξη μετρήσεων που θα τις αξιολογούν.

Κατά την αξιολόγηση της βάδισης, τα δεδομένα δείχνουν, ελλείμματα των καμπτήρων του ισχίου κατά τη φάση αιώρησης λόγω αδυναμίας του λαγόνιου μυός, του ορθού μηριαίου και του ραπτικού. Επιπλέον, κατά τη φάση αιώρησης είναι περιορισμένη η κάμψη του γόνατος λόγω της ανταγωνιστικής δράσης του ορθού μηριαίου και του έξω πλατύ μυός. Τα ελλείμματα στη βάδιση κατηγοριοποιούνται,

σύμφωνα με το Rancho Los Amigos Gait List, σε τέσσερις ομάδες και αξιολογείται η επίδοση του ασθενή σύμφωνα με τη κρίση του κλινικού. Οι τέσσερις κατηγορίες είναι: 1) η σταθερότητα κατά τη φάση στήριξης, 2) η άρση και απομάκρυνση των δακτύλων από το έδαφος στη φάση αιώρησης, 3) η τοποθέτηση του άκρου πριν τη φάση στήριξης και κατά τη διάρκεια αυτής (χωρικές και χρονικές παράμετροι) και 4) το μήκος βήματος. Έτσι, αξιολογούνται η ασφάλεια κατά τη βάδιση και οι χρόνοι των απαιτούμενων θεραπευτικών προπονήσεων. Το πρότυπο βάδισης ενός ασθενή μετά από KNM δεν οφείλεται μόνο στην αδυναμία των μυών, αλλά και στη σπαστικότητα που πιθανόν να εμφανίζουν και τα χαρακτηριστικά αυτά διαφέρουν σε βλάβες στη θωρακική μοίρα του ΝΜ σε σχέση με την οσφυϊκή μοίρα. Είναι χαρακτηριστική η μικρότερη γωνιακή ταχύτητα του γόνατος σε θωρακικές βλάβες λόγω σπαστικότητας των καμπτήρων του ισχίου και, αντίστοιχα, ελλείμματα στη ποδοκνημική λόγω οσφυϊκών βλαβών. Είναι σημαντική η μελέτη του ρυθμού, της εμπρόσθιας ταχύτητας του γόνατος και του αστραγάλου και του μήκους βήματος για την ποσοτικοποίηση των παρατηρήσεων του προτύπου βάδισης λόγω σπαστικότητας.

Η έρευνα της βάδισης παρέχει στους κλινικούς ερευνητές των κακώσεων του νωτιαίου μυελού σημαντικά δεδομένα για την κατανόηση και την ανάπτυξη μεθόδων παρέμβασης για τους τροποποιημένους μηχανισμούς της βάδισης μετά από KNM. Με βάση τέτοιες βελτιωμένες ταξινομήσεις εφαρμόζονται στρατηγικές για τη βελτίωση της βάδισης, όπως η εφαρμογή FES που παρουσιάζεται σε πάνω από 30 καλά σχεδιασμένες έρευνες. Στις μελέτες συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται εξελιγμένες μέθοδοι κινηματικής ανάλυσης της βάδισης όπου περιλαμβάνουν τη συγχρονισμένη δραστηριότητα των μυών, την αρθρική κίνηση, τις δυνάμεις, αλλά και άλλες παραμέτρους της βάδισης όπως του ρυθμού, του μήκους βήματος και της ταχύτητας. Η ανάλυση της βάδισης σε αυτούς τους πληθυσμούς παραμένει ιδιαίτερα σημαντική για την κλινική έρευνα καθώς είναι προτεραιότητα τα καλύτερα αποτελέσματα των θεραπευτικών παρεμβάσεων, όσον αφορά τη βάδιση μετά από KNM (Ditunno & Scivoletto, 2009).

Παρόλο που έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα FES για να λειτουργούν ως μόνιμες ορθώσεις, οι πρόσφατες εξελίξεις στη θεραπεία με υποβοήθηση από FES έχουν δείξει ότι τα άτομα με ατελή KNM έχουν την ικανότητα βελτίωσης της εκούσιας κίνησης με σκοπό τη βάδιση. Με άλλα λόγια είναι δυνατή η χρήση της θεραπείας μέσω FES για την αποκατάσταση της κινητικότητας και την ενίσχυση της νευροπλαστικότητας, αντί

για την αντισταθμιστική χρήση που είχε στο παρελθόν ως βοήθημα βάδισης. Η πλειοψηφία των θεραπειών εφαρμοζόταν σε περιπτώσεις πτώσης του άκρου πόδα ενώ πλέον φαίνεται πως τα πολυκαναλικά συστήματα FES που ενεργοποιούν στοχευόμενα τους μύες του κάτω άκρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε χρόνια ατελή KNM. Συγκεκριμένα, η μελέτη η οποία αναπτύχθηκε εφαρμόζει ένα πολυκαναλικό σύστημα FES που παράγει συντονισμένες μυϊκές συσπάσεις των κάτω άκρων και οι οποίες μιμούνται τον φυσιολογικό κύκλο βάδισης. Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο μία, τρις εβδομαδιαία, υποβοηθούμενη με FES εξάσκηση της βάδισης μπορεί να είναι καλύτερη από προπόνηση χωρίς FES για την ικανότητα βάδισης και της ισορροπίας σε άτομα με ατελή KNM. (Karadia et al 2014)

Κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, λόγω της φύσης της θεραπευτικής παρέμβασης, δεν ήταν δυνατόν να είναι τυφλή η μελέτη και για αυτό δεν υπάρχει ομάδα ελέγχου με εφαρμογή θεραπείας placebo. Η ομάδα ελέγχου και η ομάδα παρέμβασης έλαβε τον ίδιο όγκο θεραπείας που ήταν 45 λεπτά ανά συνεδρία, 3 ημέρες ανά εβδομάδα για 16 εβδομάδες. Επιλέχθηκε η εφαρμογή ενός ενεργού πρωτοκόλλου ελέγχου, έτσι ώστε οποιαδήποτε αποτελέσματα να αποδοθούν στην υποβοηθούμενη βάδιση μέσω FES παρά σε ένα βελτιωμένο επίπεδο φυσικής κατάστασης. Η ομάδα ελέγχου πραγματοποιούσε περίπου 20 λεπτά άσκηση αντίστασης και 20 λεπτά αερόβια άσκηση επιτηρούμενη από κάποιον εκπαιδευμένο κλινικό. Ανάλογα με την ανοχή και την αντοχή έγινε αύξηση της αντίστασης και των επαναλήψεων και η αερόβια άσκηση έγινε σε μέτριο ρυθμό. Όσον αφορά την ομάδα παρέμβασης, έγινε η χρήση δύο μη επεμβατικών τετρακάναλων ηλεκτρικών διεγερτών με επιφανειακά ηλεκτρόδια. Η ένταση των παλμών κυμαίνονταν από 8 έως 125 mA, το εύρος παλμού από 0 έως 300 μs και η συχνότητα ρυθμίστηκε στα 40 Hz. Η τιμή της έντασης επιλεγόταν, έτσι ώστε να παράγονται οι επιθυμητές μυϊκές συστολές που απαιτούνται για την κίνηση και η κάθε προσαρμογή ήταν εξατομικευμένη. Οι βασικοί μύες στους οποίους στόχευσε ο FES ήταν ο τετρακέφαλος, οι οπίσθιοι μηριαίοι, ο πρόσθιος κνημιαίος και ο γαστροκνήμιος. Οι ακολουθίες διέγερσης ενεργοποιούνταν από τον φυσικοθεραπευτή για να ξεκινήσει το κάθε βήμα και όσο προχωρούσε η θεραπεία μπορούσε ο συμμετέχων να χρησιμοποιεί μόνος του το χειριστήριο. Πρέπει να αναφερθεί πως προτάθηκε ένα πρότυπο μετακίνησης και μία πρόοδος στη βάδιση

ανεκτή από τον συμμετέχοντα, κατά την οποία οι κινήσεις ήταν όσο το δυνατόν συντονισμένες.

Περνώντας στα αποτελέσματα, μόνο η μέτρηση με τη Spinal Cord Independence Measure (SCIM) είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές μετά την παρέμβαση με υποβοηθούμενη από FES βάδιση. Η συγκεκριμένη παρέμβαση φάνηκε να μην είναι σημαντικά ανώτερη από ένα συμβατικό πρόγραμμα άσκησης σε συγκρίσεις των δύο ομάδων, παρόλα αυτά και οι δύο προσεγγίσεις ήταν αποτελεσματικές, σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (2-λεπτη, 4-λεπτη και 6-λεπτη δοκιμασία βάρδισης, Timed Up and Go Test). Ένα από τα βασικά ευρήματα της μελέτης είναι ότι τα άτομα με χρόνια τραυματική ατελή ΚΝΜ έχουν τη δυνατότητα βελτίωσης ακόμα και χρόνια μετά τον τραυματισμό. Έτσι, απαιτείται αλλαγή της πεποίθησης ότι 12-18 μήνες μετά την ΚΝΜ οι ασθενείς δεν αναμένεται να βελτιωθούν πλέον. Συμπεραίνεται ότι ακόμα και στο χρόνιο στάδιο μία δομημένη και προσανατολισμένη θεραπευτική παρέμβαση μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία της βάρδισης στους ασθενείς αυτούς (Kapadia et al 2014).

Κλείνοντας, έχει αποδειχθεί εφικτή η όρθια στάση και η διάσχιση μικρής απόστασης με την εφαρμογή πολυκαναλικού FES σε παραπληγικούς ασθενείς. Ωστόσο, είναι περιορισμένος ο χρόνος χρήσης του λόγω του κακού μυϊκού ελέγχου και της επερχόμενης κόπωσης των μυών από τον ηλεκτρικό ερεθισμό, απαιτώντας προσπάθεια από το χρήστη και υψηλή μεταβολική κατανάλωση ενέργειας. Μια προσέγγιση για τη βελτίωση της σταθερότητας κατά τη διάρκεια της ενεργητικής στάσης και της βάρδισης υπήρξε η χρήση υβριδικών ορθωτικών μέσων, ένας συνδυασμός FES και κηδεμόνα. Σκοπός της συγκεκριμένης περιπτώσιακής μελέτης ήταν η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι κηδεμόνες υποστήριξης μπορούν να βελτιώσουν τη σταθερότητα και την στάση μέσω της βάρδισης με FES. Γίνεται η εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος το οποίο διευκολύνει την κίνηση των επιλεγμένων υποστηριζόμενων αρθρώσεων, με τη δύναμη για βάρδιση να παρέχεται από τον FES (Kobetic et al 2016).

Στη μελέτη συμμετείχε ένας 55-χρονος με πλήρη ΚΝΜ στο επίπεδο του ένατου θωρακικού σπονδύλου. Διαμορφώθηκαν δύο υβριδικά συστήματα για τη βελτίωση της βάρδισής του. Το πρώτο σύστημα αποτελείται από έναν κηδεμόνα υποστήριξης του θώρακα με μιάντα στο ύψος του στήθους, ενώ τα κάτω άκρα υποστηρίζονται με

διαμορφωμένους ΚΠΚ που επεκτείνονται μέχρι κάτω από το γόνατο, και ταυτόχρονα συνδέονται κάθετα με τον κηδεμόνα στον θώρακα (Εικόνα 3.2). Αυτός ο αμοιβαίος μηχανισμός σύζευξης λειτουργεί σε αναλογία 1:1 για την κάμψη ισχίου και έκταση του αντίθετου άκρου. Το υβριδικό αυτό σύστημα μέσω 16 καναλιών FES ενεργοποιούσε αμφίπλευρα τους εκτεινόντες του κορμού, τον μεγάλο γλουτιαίο, τους οπίσθιους μηριαίους, τον τετρακέφαλο, τον τείνων τη πλατεία περιτονία, τους προσαγωγούς και τον ψοΐτη μυ.

Στο δεύτερο υβριδικό σύστημα αφαιρέθηκε η αμοιβαία σύζευξη των ισχίων και έτσι δεν υπήρχε περιορισμός στο μήκος βήματος και στην ταχύτητα βάδισης. Ο έλεγχος έγινε στις αρθρώσεις των ισχίων και των γονάτων όπου μπορούσαν να κινηθούν επιλεκτικά κατά τη δραστηριότητα έγερσης ή επαναφοράς στο κάθισμα και κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης στη βάδιση. Το σύστημα είχε 26 κανάλια FES και υποχρέωνε τους εκτεινόντες του ισχίου σε λειτουργία για τη διατήρηση της όρθιας στάσης. Υπήρχε ένα χειριστήριο με ενσωματωμένο μικροεπεξεργαστή για τη παραγωγή συγχρονισμένης κίνησης κατά τη βάδιση. Επίσης, προστέθηκαν ηλεκτρόδια στον πρόσθιο κνημιαίο για τη διέγερση της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, στον ραπτικό για την ενίσχυση της κάμψης του ισχίου και επιπλέον ηλεκτρόδια στον τετρακέφαλο και μεγάλο γλουτιαίο για παροχή περισσότερης δύναμης. Να αναφέρουμε ότι με το πρώτο σύστημα επιτεύχθηκε βάδιση με ταχύτητα περίπου 0.30 m/s, ρυθμό 45 βήματα/λεπτό και κλίση κορμού από 8 έως 18 μοίρες. Αντίθετα στο δεύτερο σύστημα η ταχύτητα φτάνει τα 0.45 m/s, ο ρυθμός είναι 54 βήματα/λεπτό και η κλίση του κορμού κυμαίνεται από 20 έως 35 μοίρες.

Τόσο το υβριδικό σύστημα όσο και το σύστημα υποβοήθησης αποκλειστικά με FES είναι αποτελεσματικά για την επίτευξη της όρθιας στάσης μετά από έγερση και τη διατήρησή της. Μέσω του δεύτερου συστήματος, μόλις σταθεί όρθιος ο συμμετέχων, κλειδώνει ο κηδεμόνας και έτσι αποτρέπεται η κατάρρευση των ισχίων και των γονάτων, ενώ μέσω του πρώτου συστήματος διατηρείται η όρθια στάση λόγω αμοιβαίας σταθεροποίησης αλλά υπάρχει περιορισμός της βάδισης και μειωμένη ταχύτητά της. Αν και η βάδιση στο πρώτο σύστημα ήταν αργή, ήταν αρκετά σταθερή, ενώ με το δεύτερο η σταθερότητα διακυβεύονταν, απαιτώντας τη χρήση ενός πιο



Εικόνα 3.2. Ασθενής εν ώρα χρήσης του συστήματος των κηδεμόνων συνδυαστικά με FES

Εικόνα από Kobetic et al 2016

σταθερού περιπατητή. Η αδυναμία διατήρησης της στάσης κατά τη βάδιση είναι πιθανόν ότι οφείλεται στη μειωμένη παραγωγή δύναμης στους εκτεινόντες του ισχίου λόγω κόπωσης και, έτσι, αδυναμία πλήρης έκτασης αυτού. Είναι δυνατόν ένα ταυτόχρονα επιλεκτικό και αντισταθμιστικό σύστημα να παρέχει τόσο σταθερό κορμό, όσο και ανεμπόδιστη κίνηση. Ένας υβριδικός μηχανισμός τέτοιου είδους θα ήταν αυτοκατευθυνόμενος, με τους καμπτήρες και εκτεινόντες του ισχίου να δρουν συγχρονισμένα για την παροχή δυνάμεων και η δημιουργία αυτού είναι υπό εξέλιξη (Kobetic et al 2016).

3.3 FES και οστική πυκνότητα

Η οστεοπόρωση είναι μια κατάσταση που είναι συνηθισμένη στα άτομα με ΚΝΜ και τα βασικά της χαρακτηριστικά είναι η δραστική μείωση της οστικής μάζας (ΟΜ) καθώς και η σταδιακή καταστροφή της αρχιτεκτονικής του οστού σε κυτταρικό επίπεδο. Είναι μια κατάσταση που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής διότι οδηγεί σε κατάγματα, τα οποία αν δεν γίνουν αντιληπτά άμεσα μπορούν, μέσω επιπλοκών, να αποβούν θανατηφόρα. Βέβαια, η απώλεια οστικής πυκνότητας στα άτομα με ΚΝΜ έχει διαφορετικό μοτίβο από ό,τι στα άτομα που έχουν οστεοπόρωση διαφορετικής αιτιολογίας, όπως από ασθένειες που σχετίζονται με το ενδοκρινικό σύστημα.

Η ΚΝΜ επιφέρει έμμεσα και απώλεια ΟΜ, συνεπώς αυξάνει τον κίνδυνο καταγμάτων. Η μείωση της ΟΜ στα οστά μπορεί να ανιχνευθεί ακτινογραφικά, ακόμα και από τον πρώτο μήνα της κάκωσης. Η οστεοπόρωση επηρεάζει κατά κύριο λόγο την περιοχή της λεκάνης και των κάτω άκρων στα άτομα με παραπληγία, ενώ στα άτομα με τετραπληγία επηρεάζονται εν μέρει και τα άνω άκρα. Δηλαδή, τα άτομα με τετραπληγία διατηρούν ακέραη ΟΜ μόνο στο κεφάλι, ενώ οι παραπληγικοί και στα άνω άκρα. Όσον αφορά τα οστά, το κομμάτι που επηρεάζεται περισσότερο από την οστεοπόρωση είναι ο σπογγώδης ιστός, ενώ τα οστά που είναι πιο επιρρεπή είναι το μηριαίο στο πέρασ του και η κνήμη στο άνω τριτημόριό της όπως αποδεικνύεται σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 31 άτομα με ΚΝΜ, άνω του ενός έτους μετά τον τραυματισμό.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ΟΜ σε άτομα με ΚΝΜ. Πρώτος και κυριότερος είναι το επίπεδο της κάκωσης. Οι τετραπληγικοί είναι πιο πιθανό να εμφανίσουν μικρότερη ΟΜ από τους παραπληγικούς. Επίσης, είναι σημαντική και η σοβαρότητα της κάκωσης, καθώς τα άτομα με ατελή κάκωση έχουν περισσότερες πιθανότητες να διατηρήσουν περισσότερη ΟΜ, εν συγκρίσει με άτομα που έχουν τέλεια κάκωση. Αυτό που φαίνεται να βοηθάει στην διατήρησή της, είναι το μυϊκό φορτίο που ασκείται πάνω στα οστά. Πιο συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι σε άτομα που είχαν σπαστικότητα, η διατήρηση της ΟΜ ήταν μεγαλύτερη από εκείνα τα άτομα που είχαν χαλαρή παράλυση.

Η ηλικία φαίνεται να είναι ένας ακόμα παράγοντας που παίζει ρόλο στη μείωση της ΟΜ. Μια έρευνα κατηγοριοποίησε 31 γυναίκες με πλήρη ΚΝΜ, 2 έως 44 χρόνια μετά την κάκωση, σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ηλικία τους: τις νεαρές, τις μεσήλικες και τις γηραιότερες. Στη συνέχεια, συγκρίθηκε η ΟΜ και των τριών κατηγοριών με τις ΟΜ γυναικών που είχαν πλήρη κινητικότητα στην αντίστοιχη ηλικιακή ομάδα. Αναλύοντας τα δεδομένα, προέκυψε ότι η μείωση είναι 38%, 41% και 47% στις τρεις κατηγορίες των ασθενών, σε σχέση με τις αντίστοιχες κατηγορίες στην ομάδα ελέγχου.

Παρότι η άσκηση βοηθάει στην παραγωγή οστικής μάζας στα άτομα με πλήρη κινητικότητα, η δυνατότητα στάσης και κίνησης ασθενών με ΚΝΜ φαίνεται να μην την επηρεάζει. Το ίδιο ισχύει και για τη μάζα του σώματός τους.

Στα άτομα με παραπληγία δεν υπάρχει μείωση ΟΜ στα άνω άκρα, λόγω του βάρους που επωμίζονται μέσα στην καθημερινότητά τους. Μάλιστα, μια έρευνα απέδειξε ότι άτομα με παραπληγία είχαν μια αύξηση 6% στην οστική πυκνότητα του βραχιονίου τους οστού, έναν χρόνο μετά την κάκωση. Αντιθέτως, στα κάτω άκρα, και πιο συγκεκριμένα στο κατώτερο τριτημόριο του μηριαίου και στο ανώτερο τριτημόριο της κνήμης, υπάρχει αισθητή μείωση οστικής μάζας που κυμαίνεται μεταξύ 25 με 70%. Η μάζα των σπονδύλων τους φαίνεται να μην επηρεάζεται από την παράλυση, λόγω του ότι η ΣΣ δέχεται συνεχώς το φορτίο του σώματος.

(Sheng-Dan et al. 2006)

Μέσω του FES, είναι δυνατό να αντιστραφεί η αδυναμία των μυών, σύμφωνα με έρευνες. Οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες, όμως, υποδεικνύουν σχεδόν μηδενικές βελτιώσεις στην οστική πυκνότητα. Τα άτομα με ΚΝΜ αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο καταγμάτων στα μακρά οστά λόγω της μειωμένης οστικής τους πυκνότητας και αυτά μπορεί να συμβούν ακόμα και κατά την πορεία από και προς το αναπηρικό αμαξίδιο. Το παράδοξο είναι ότι, ενώ υπάρχει απτός κίνδυνος να συμβεί κάταγμα, τα περισσότερα περνούν απαρατήρητα και δεν αντιμετωπίζονται στα κέντρα αποκατάστασης. Για την ακρίβεια, μόλις το 1 με 6% καταγράφεται και αντιμετωπίζεται. Η ενδυνάμωση των μυών χωρίς την ταυτόχρονη ενδυνάμωση των οστών μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο κατάγματος. Είναι γνωστό ότι για την ενδυνάμωση και την ανάπλαση του οστού χρειάζεται η μηχανική καταπόνηση του

μέσω της άσκησης. Όμως, δεν έχει αποσαφηνιστεί η ποσότητα και ο τρόπος άσκησης που θα αυξήσει την οστική πυκνότητα.

Οι Belanger et al. (2000) ασχολήθηκαν με την επίδραση που μπορεί να έχει η ηλεκτρική διέγερση στην ΟΜ. Πιο αναλυτικά, έθεσαν δύο στόχους: 1) να γίνει κατανοητό αν η άσκηση μέσω του FES που φορτίζει τα οστά και τους μύες μπορεί να σταματήσει ή ακόμα και να αναστρέψει την οστική απώλεια σε άτομα με ΚΝΜ και 2) να μελετηθεί αν, μέσω της φόρτισης σε ισοκινητικό μηχάνημα με προοδευτική φόρτιση, υπάρχει επίδραση στον ερεθιζόμενο ηλεκτρικά μυ. Οι δυνατοί μύες είναι απαραίτητοι για να αυξηθεί το φορτίο στα οστά και ταυτόχρονα είναι σημαντικό να αυξηθεί η δύναμη του τετρακεφάλου, ώστε να είναι δυνατή η όρθια θέση και η βάρδιση μέσω της βοήθειας του FES.

Οι ασθενείς που θέλησαν να συμμετέχουν έπρεπε να μην ακολουθούν φαρμακευτική αγωγή που εμποδίζει τη δημιουργία νέου οστού και να μην εμφανίζουν κάταγμα στην κνήμη ή στο μηριαίο. Έλεγξαν για κατάγματα με τη χρήση του μηχανήματος DEXA, το οποίο είναι αξιόπιστο για τη μέτρηση οστικής πυκνότητας. Επίσης, οι κινητικοί νευρώνες του τετρακεφάλου έπρεπε να μην έχουν τραυματιστεί, ώστε να αντιδρά στον ηλεκτρικό ερεθισμό. Τέλος, χρειαζόταν ανοχή στο FES και να μην εμφανίζουν άλλα προβλήματα υγείας που θα έθεταν τη ζωή τους σε κίνδυνο κατά τη διάρκεια της έρευνας, όπως καρδιαγγειακά προβλήματα.

Στην έρευνα, τελικά, συμμετείχαν 14 άτομα (11 άντρες και 3 γυναίκες), ηλικίας μεταξύ 23 και 41 ετών, 2 εκ των οποίων είχαν ατελή κάκωση. Υπήρχαν 4 άτομα με παραπληγία (Θ2-Θ6), ενώ οι υπόλοιποι 10 ήταν τετραπληγικοί (Α5-Α7). Η συντριπτική πλειοψηφία αυτών βρέθηκε στην κατάσταση αυτή μετά από αυτοκινητιστικό ατύχημα (12 άτομα), ενώ 1 από πτώση και 1 άτομο από πυροβολισμό. Τέλος, επιλέχθηκαν 14 άτομα χωρίς διεγνωσμένο νευρολογικό πρόβλημα, τα οποία αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και είχαν την ίδια αναλογία μεταξύ αντρών και γυναικών και μετρήθηκε η οστική τους πυκνότητα.

Η παρέμβαση περιελάμβανε συνεδρίες στο εργαστήριο 5 μέρες τη βδομάδα, για 24 εβδομάδες και αποτελούταν από διέγερση των τετρακεφάλων αμφοτερόπλευρα με τις ίδιες παραμέτρους. Το FES ήταν συχνότητας 25Hz, εύρους ορθογωνίου παλμού 300μs και έντασης 0 έως 150mA (ρυθμιζόμενο για την σύσπαση 5s) και εφαρμοζόταν με ηλεκτρόδια στον τετρακέφαλο, 5 και 15 εκατοστά από το άνω όριο της

επιγονατίδας. Η κάθε σύσπαση είχε διάρκεια 5 δευτερολέπτων και ακολουθούσαν από 5 δευτερόλεπτα διαλλείματος. Για να αξιολογηθεί η σημασία της αντίστασης, στο ισοκινητικό μηχάνημα το δεξί κάτω άκρο συσπώταν μόνο ενάντια στο βάρος του, ενώ αριστερά προστέθηκε επιπλέον αντίσταση. Οι ασθενείς ασκούσαν για 1 ώρα τη μέρα ή μέχρι η κόπωση να δυσκολεύει την άσκηση (πχ αν το δεξί άκρο δεν ξεπερνούσε τις 30° στην έκταση).

Στην αρχή της έρευνας και κάθε εβδομάδα μετέπειτα, μετρήθηκαν οι περιφέρειες των μηρών, καθώς και η δύναμη και η αντοχή των τετρακεφάλων των ασθενών σε κάθε μέλος. Οι περιφέρειες των μηρών μετρήθηκαν 15 εκατοστά πάνω από το άνω πέρας της επιγονατίδας, ώστε να παρατηρήσουν τυχόν αλλαγές στη μάζα τους. Επίσης, μετρήθηκε και η μυϊκή δύναμη ροπής του τετρακεφάλου, σε ισοκινητικό μηχάνημα, με ρυθμό ορισμένο στις 30°/ sec, σε εύρος κίνησης 90° (από 90° κάμψη σε πλήρη έκταση).

Η δύναμη και η αντοχή των μυών ελέγχθηκε με FES για 2s, συχνότητας 40Hz, επαναλαμβανόμενο κάθε 5s κι όλη η διαδικασία κράτησε 4 λεπτά. Ο ερεθισμός αποτελούταν από ορθογώνιους παλμούς διάρκειας 0,5ms και το εύρος του παλμού ήταν αρκετά μεγάλο, ώστε να προκληθεί η μέγιστη σύσπαση του μυ.

Βλέποντας τις αρχικές μετρήσεις, η επιστημονική ομάδα κατέληξε στο ότι η οστική πυκνότητα των ατόμων με KNM ήταν σαφώς μικρότερη από την αντίστοιχη της ομάδας ελέγχου και στα 3 σημεία που ελέγχθηκε (κάτω πέρας μηριαίου, άνω πέρας κνήμης, μεσότητα κνήμης) με τις διαφορές να κυμαίνονται από 25 μέχρι 44%. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο άκρων του κάθε ασθενή, όσον αφορά την οστική πυκνότητα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η άσκηση αύξησε αισθητά την οστική πυκνότητα, αλλά δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα των δυο άκρων του κάθε ασθενούς, δηλαδή ο διαφορετικός τύπος ενδυνάμωσης (αριστερό με αντίσταση, δεξί μόνο το βάρος του) δεν επηρέασε την αύξηση της πυκνότητας. Έτσι, η ομάδα επικεντρώθηκε στην εύρεση οστικών αλλαγών σε συγκεκριμένα σημεία.

Διαπιστώθηκε ότι υπήρξε σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα του άνω πέρατος της κνήμης (28,7%) και στο κάτω πέρας του μηριαίου (28%), αλλά η μεσότητα της κνήμης παρέμεινε πρακτικά αμετάβλητη.

Φαίνεται, επίσης, ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της αρχικής οστικής πυκνότητας και του ποσοστού αύξησής της με την άσκηση. Ένα ακόμα σημαντικό εύρημα ήταν ότι δεν υπήρξε σημαντική αύξηση στην πυκνότητα για τα άτομα που είχαν KNM για πάνω από 13,5 έτη. Τα άτομα αυτά είχαν τις χαμηλότερες οστικές πυκνότητες.

Είναι ξεκάθαρο πως το FES αύξησε σημαντικά τη δύναμη, συνεπώς και τη ροπή, ακόμα και όταν από το τελικό ποσό αφαιρέθηκε η επιπλέον ροπή που δημιουργήθηκε από περιστασιακούς σπασμούς. Επιπλέον, υπήρξε ταχύτερη αύξηση δύναμης στα άκρα που συσπώνταν με επιπλέον αντίσταση (8,1%/εβδομάδα) σε σχέση με εκείνα που δούλευαν μόνο με την αντίσταση του βάρους (4,5%/εβδομάδα). Συνολικά παρατηρήθηκε μια αύξηση στη δύναμη του μέλος που ασκούνταν μόνο με το βάρος της τάξης του 75%, ενώ στο άλλο που είχε και εξωτερική αντίσταση έφτανε στο 150%.

Οι ασθενείς ανέφεραν ορισμένες θετικές παρενέργειες όπως η βελτίωση της όψης του μέλους τους και μείωση των σπασμών, αλλά και καλύτερη όψη του δέρματος τους.

Συνοψίζοντας, η άσκηση με τη βοήθεια του FES σε αυτή την έρευνα έφερε στο προσκήνιο πολλά θετικά. Λόγω του γεγονότος ότι υπήρξε σημαντική αύξηση στη δύναμη των μυών της πλευράς δίχως επιπλέον βάρος, η άσκηση μπορεί να γίνει και στο σπίτι χωρίς κάποιον επιπλέον εξοπλισμό και χωρίς τον κίνδυνο κατάγματος, λόγω της σχετικά χαμηλής σταδιακής αύξησης της δύναμης των μυών. Για να περιοριστεί ακόμα περισσότερο ο κίνδυνος κατάγματος, προτείνεται να αρχίζει αυτού του τύπου η ενδυνάμωση από τον πρώτο κιόλας χρόνο της κάκωσης, πριν χαμηλώσουν σημαντικά τα ποσοστά της οστικής πυκνότητας και δεν είναι δυνατή η αύξησή τους.

Η χρήση της άσκησης με FES, σε συνδυασμό με τη χρήση φαρμάκων για τον έλεγχο διαταραχών συσχετιζόμενων με την οστεοπόρωση, δοκιμάστηκαν σε άτομα με KNM και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αυτός ο συνδυασμός μπορεί να ενεργοποιήσει τον μηχανισμό δημιουργίας οστού. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερη επανάκτηση οστικής πυκνότητας και συνεπάγεται μικρότερες πιθανότητες κατάγματος.

(Belanger et al. 2000)

3.4 Fes-Rowing και Fes-Cycling

Στον πληθυσμό των ατόμων με ΚΝΜ συνιστάται 30 λεπτά μέτριας έντασης αερόβια άσκηση τουλάχιστον 5 μέρες εβδομαδιαία ή 20 λεπτά έντονης άσκησης τουλάχιστον 3 μέρες εβδομαδιαία, και τα δύο σε συνδυασμό με ασκήσεις αντιστάσεως δις εβδομαδιαίως για αποφυγή καρδιαγγειακών νόσων, αλλά και τη βελτίωση της γενικότερης υγείας των ασθενών. Η αερόβια άσκηση στα άτομα με ΚΝΜ συνήθως αποτελείται αποκλειστικά από το κυκλοεργόμετρο χειρός ή arm crank exercise (ACE), το οποίο από μόνο του δεν καλύπτει τη συνιστώμενη ελάχιστη κατανάλωση οξυγόνου. Με τη χρήση του FES είναι δυνατόν να αυξηθούν οι μεταβολικές απαιτήσεις ενός ασθενούς με ΚΝΜ. Το ποδήλατο σε συνδυασμό με FES (Fes-Cycling ή FES-C), το κυκλοεργόμετρο χειρός (ACE), καθώς και ο συνδυασμός τους, αλλά και η κωπηλασία με FES (Fes-Rowing ή FES-R) είναι οι κυριότεροι τρόποι για την επίτευξη άσκησης στους ασθενείς με ΚΝΜ.(Gibbons et al 2014)

Με το Fes-Rowing επιδεικνύεται σημαντικά αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου σε σχέση με το απλό Fes-Cycling, ενώ είναι παρόμοια συγκριτικά με την συνδυασμένη άσκηση με Fes-Cycling και ACE. (Kim et al 2014)

Fes-Rowing

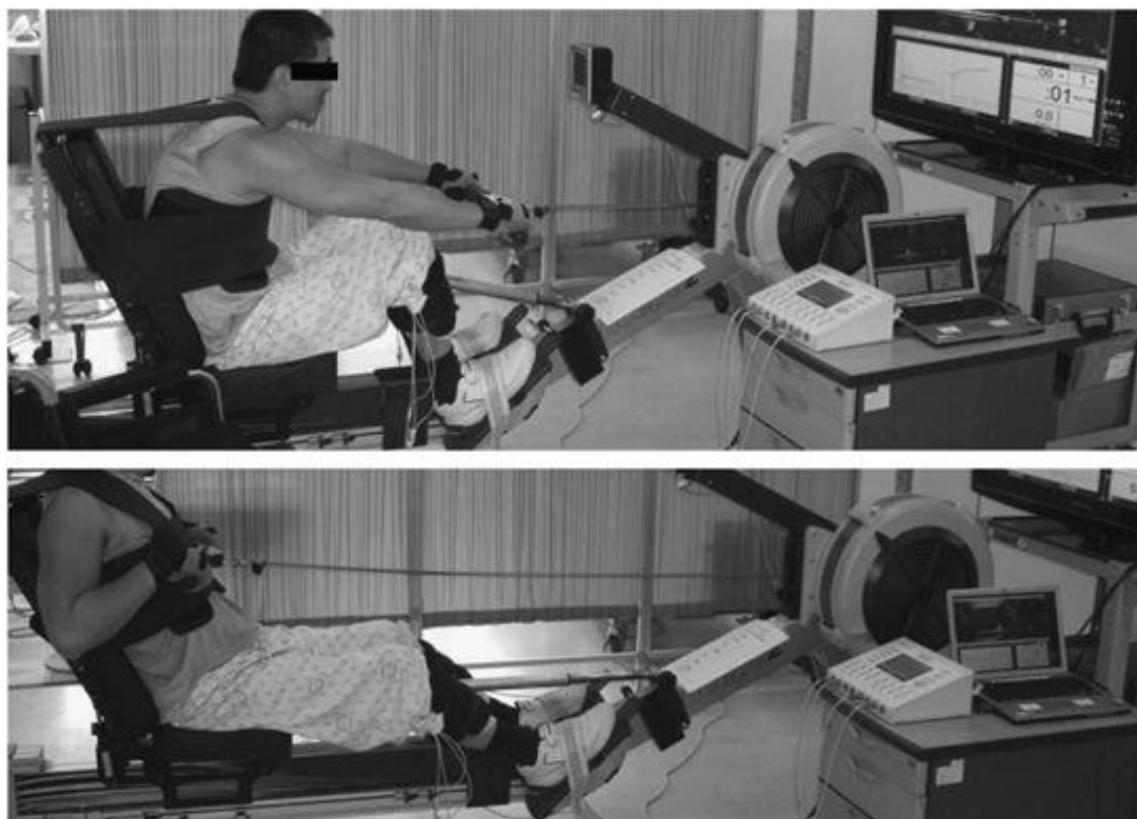
Με το Fes-R είναι πιθανή η μείωση του πόνου στο άνω άκρο, λόγω των ενεργειών έλξης που σταθεροποιούν τους μύες που περιβάλλουν οπίσθια τον ώμο, καθώς και της δυσφορίας που είναι συνηθισμένη σε άτομα με ΚΝΜ που χρησιμοποιούν χειροκίνητο αμαξίδιο. (Gibbons et al 2014)

Ωστόσο, η άσκηση με το FES-R απαιτεί αξιόλογη μυϊκή δύναμη και αντοχή στα κάτω άκρα, καθώς η κωπηλατική κίνηση περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενη έκταση του γόνατος του ασθενούς ενάντια στο σωματικό του βάρος.

Έτσι, λόγω της έλλειψης δύναμης και αντοχής σε ασθενείς με ΚΝΜ, υπάρχει δυσκολία στην μακροχρόνια άσκηση με FES-R. Ως αποτέλεσμα, η κόπωση των παράλυτων μυών είναι ο αποτρεπτικός παράγοντας για τη συνέχιση της άσκησης με

FES-R, σε ασθενείς στους οποίους δεν είχε επιτευχθεί η απαιτούμενη δύναμη και αντοχή πριν ξεκινήσουν ένα FR πρόγραμμα. (Kim et al 2014)

Για τον παραπάνω λόγο, οι Kim et al (2014) σε μία μελέτη τους ασχολήθηκαν με την πρόταση για τη χρήση ενός μηχανικά ελεγχόμενου καθίσματος, το οποίο, χρησιμοποιώντας το FES, κινείται μπρος-πίσω υποβοηθώντας την κωπηλατική κίνηση (Εικόνα 3.3). Το σύστημα FES ήταν τετρακάναλο και εφαρμόστηκε ρεύμα συχνότητας 30Hz και έντασης 10-140 mA μέσω επιφανειακών ηλεκτροδίων στους οπίσθιους μηριαίους και στον τετρακέφαλο μυ. Όταν οι ασθενείς ένιωθαν κόπωση στα κάτω άκρα, μπορούσαν να ενεργοποιήσουν το σύστημα για την επίτευξη μηχανικά υποβοηθούμενης κίνησης. Στην έρευνα αυτή, συμμετείχαν 12 άτομα με KNM χρονικής διάρκειας άνω των 6 μηνών, με φυσιολογικό εύρος παθητικής κίνησης στο κάτω άκρο και την ικανότητα σύσπασης του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων μυών με τη χρήση FES. Η θεραπεία αποτελούταν από 5 λεπτά προθέρμανση, 32.5 λεπτά άσκησης με ενδιάμεσα μικρά διαλλείματα και 5 λεπτά αποθεραπεία τη μέρα, 5 μέρες την εβδομάδα, για 6 εβδομάδες.



Εικόνα 3.3. Fes-Rowing με μηχανικά ελεγχόμενο κάθισμα (Kim et al 2014)

Εξέτασαν τις αλλαγές στην καρδιοπνευμονική υγεία, στην δύναμη των άνω άκρων και στη σωματική σύσταση σε ανθρώπους με ΚΝΜ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, έπειτα από 6 εβδομάδες FES-R με το μηχανικά ελεγχόμενο κάθισμα, υπήρξε σημαντική μείωση στο ποσοστό σωματικού λίπους. Γνωρίζουμε ότι οι ασθενείς με ΚΝΜ είναι επιρρεπείς σε μεταβολικές δυσλειτουργίες που συνδέονται με την παχυσαρκία, όπως καρδιαγγειακές παθήσεις και διαβήτη τύπου 2. Η θεραπεία, επίσης, επέφερε σημαντική αύξηση στην δύναμη των μυών που κινούν τον ώμο, επομένως και σταθερότητα στην ωμοπλάτη. (Kim et al 2014)

Οι Gibbons et al (2014) ασχολήθηκαν με το κατά πόσο είναι δυνατή η θεραπεία με FES-R σε τετραπληγικούς ασθενείς, καθώς και με τον αριθμό και τον τύπο των συνεδριών που χρειάζονται για την επίτευξη συνεχόμενης άσκησης 30 λεπτών. Επιλέχθηκαν 8 τετραπληγικοί ασθενείς (6 με πλήρη ΚΝΜ και 2 με ατελή), οι οποίοι δεν υπέφεραν από κάποιο άλλο πρόβλημα υγείας.

Προς αποφυγή τριβής των σημείων επαφής, ένας ιμάντας ασφαλείας τοποθετήθηκε στον ώμο για την μεταφορά του φορτίου στο στήθος. Όσοι ασθενείς είχαν ασθενή ή μηδαμινό έλεγχο και δύναμη λαβής, φόρεσαν ειδικά γάντια νεοπρενίου, ώστε να ασφαλιστούν τα χέρια τους στη χειρολαβή του μηχανήματος κωπηλασίας. Επιπλέον, στον εξοπλισμό προστέθηκε ένα κουμπί με στιγμιαία αντίδραση που ενάλασσε τον ερεθισμό από τους τετρακέφαλους στους οπίσθιους μηριαίους για να γίνεται η κωπηλατική κίνηση (Εικόνα 3.4). Οι θεραπευτές εκπαιδεύτηκαν, ώστε να χρησιμοποιούν το κουμπί, συγχρονισμένα με την κίνηση κάμψης των άνω άκρων των ασθενών. Το κάθισμα βρισκόταν σε κλίση 10-15 μοίρες από το κάθετο επίπεδο για να αποφευχθούν σκισμές στους γλουτούς. Χρησιμοποιήθηκε ένα τετρακάναλο σύστημα FES με επιφανειακά τοποθετημένα ηλεκτρόδια στον τετρακέφαλο και στους οπίσθιους μηριαίους, το οποίο είχε συχνότητα 50Hz, εύρος παλμού 450μs και ένταση ρεύματος 0-115mA, προσαρμοσμένη από τον εκάστοτε συμμετέχοντα. Μετά την οικειοποίηση με το μηχανήμα, οι ασθενείς ακολούθησαν ένα προοδευτικό πρόγραμμα άσκησης με Fes, το οποίο κατέληγε στην συνεχόμενη άσκηση με Fes-R για 30 λεπτά και αποτελούσαν από 3 στάδια:

Στάδιο πρώτο: Προετοιμασία κάτω άκρων με FES (Fes-Leg Conditioning ή FES-LC)

Το Fes-LC χρησιμοποιήθηκε για την προοδευτική αύξηση αντίστασης του τετρακεφάλου στην κόπωση, καθώς και για την αύξηση της ικανότητάς του να παράγει δύναμη. Ερέθισαν τον τετρακέφαλο, ώστε να γίνει έκκεντρη σύσπαση και επομένως έκταση του κάτω άκρου, ενάντια στη βαρύτητα από τις 90 μοίρες κάμψης γόνατος, ενώ ταυτόχρονα ερεθίζονταν και οι οπίσθιοι μηριαίοι του έτερου κάτω άκρου ισομετρικά κάθε 12 δευτερόλεπτα. Όσο αυξανόταν το αίσθημα της κόπωσης, τόσο αυξανόταν σταδιακά και η ένταση του ρεύματος μέχρι τα 115mA για τον τετρακέφαλο και μέχρι τα 75mA για τους οπίσθιους μηριαίους. Με την βελτίωση της αντοχής του μυός, μειωνόταν και η ένταση, ώστε να αποφευχθεί πιθανή κάκωση στις αρθρώσεις.

Στάδιο δεύτερο: Αρχική φάση Fes-R

Το στάδιο αυτό είχε απώτερο στόχο την προοδευτική αύξηση της μυϊκής ισχύος και αντοχής, ώστε να μπορεί ο ασθενής να εκτελέσει άσκηση με Fes-R για 30 λεπτά συνεχόμενα, διατηρώντας έναν ρυθμό 30 κινήσεων ανά λεπτό. Αυτό περιλάμβανε 30 δευτερόλεπτα Fes-R ακολουθούμενα από 30 δευτερόλεπτα ACE. Κατά το ACE, το κάθισμα κλείδωνε με τα γόνατα σε 10 μοίρες κάμψη και ο ερεθισμός σταματούσε. Η μέγιστη ένταση ρεύματος για τον τετρακέφαλο ήταν τα 115mA, ενώ για τους οπίσθιους μηριαίους η ένταση ήταν σταθερή στα 86mA. Αυτό το μοτίβο χρησιμοποιήθηκε και για το υπόλοιπο της έρευνας.

Στο τέλος του δευτέρου σταδίου, όταν πλέον ήταν δυνατό το Fes-R για 30 συνεχόμενα λεπτά, διεξήχθη μια εξέταση για την καταγραφή της μέγιστης δύναμης (Peak Power Output ή POpeak). Η εξέταση απαρτιζόταν από 5 λεπτά προθέρμανσης με ένταση επιλεγμένη από τον ασθενή, ακολουθούμενα από 6 σταδιακά αυξανόμενα στάδια ανά λεπτό μέχρι τον εθελούσιο τερματισμό. Επιπλέον, οι εξεταστές χρησιμοποίησαν και την κλίμακα Borg για την καταγραφή της μυϊκής κόπωσης και αναπνευστικής δυσφορίας. Η εξέταση αυτή επαναλήφθηκε 6 και 12 μήνες μετά για παρατήρηση αλλαγών στην POpeak.

Στάδιο τρίτο: Χρόνια άσκηση Fes-R

Όταν έφτασαν σε αυτό το στάδιο, ζητήθηκε από τους ασθενείς να ακολουθούν καθημερινά για 12 μήνες ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα αποτελούμενο από τρεις συνεδρίες συνεχούς Fes-R για 30 λεπτά στο θεραπευτήριο, κι από 4 συνεδρίες Fes-LC στην κατοικία τους.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλοι οι συμμετέχοντες ήταν ικανοί να ανταποκριθούν στο προοδευτικά δομημένο πρόγραμμα Fes-R. Οι ασθενείς με πλήρη KNM χρειάστηκαν 19 ± 10 συνεδρίες Fes-LC και 16 ± 3 συνεδρίες διαλειματικού Fes-R (στάδιο δεύτερο) για την επίτευξη των 30 λεπτών συνεχούς Fes-R, ενώ αυτοί με ατελείς κακώσεις χρειάστηκαν μόνο 3 ± 1 συνεδρίες διαλειματικού Fes-R. Επιπρόσθετα, όλοι οι ασθενείς επέδειξαν αυξημένη μέση δύναμη (Average Power Output ή POav) και POpeak και ανέφεραν μεγαλύτερη δυσφορία λόγω μυϊκής κόπωσης, παρά λόγω αναπνευστικής δυσχέρειας, ενώ τρεις ασθενείς ανέφεραν μεγαλύτερη άνεση στα άνω άκρα στις καθημερινές τους δραστηριότητες έπειτα από τη μακροχρόνια άσκηση με Fes-R. (Gibbons et al. 2014)



(Εικόνα 3.4. Το τροποποιημένο μηχάνημα που επιτρέπει το FES-R σε τετραπληγικούς ασθενείς. (a) Ιμάντες ώμου (b) Γάντια νεοπρενίου (c) Κουμπί εναλλαγής (Gibbons et al. 2014)

Fes-Cycling

Αυτή η άσκηση χρησιμοποιεί επιφανειακά ηλεκτρόδια για τον μυϊκό ερεθισμό ώστε να είναι δυνατή μια κυκλική κίνηση 360 μοιρών (Εικόνα 3.5). Μπορούν να επωφεληθούν από το Fes-C είτε τετραπληγικοί, είτε παραπληγικοί ασθενείς, εφόσον βοηθάει στον μυϊκό έλεγχο, την αιμάτωση των ιστών, αλλά και στη μείωση της σπαστικότητας των κάτω άκρων. Είναι απαραίτητη η απουσία παθολογικού παθητικού εύρους τροχιάς στα κάτω άκρα, έντονης σπαστικότητας, οστικών καταγμάτων και μεταλλικών εμφυτευμάτων στην περιοχή. Επιπλέον, το δέρμα πρέπει να βρίσκεται σε φυσιολογική κατάσταση και οι κατώτεροι κινητικοί νευρώνες πρέπει να έχουν μείνει ανέπαφοι μετά την ΚΝΜ. (Kuhn et al. 2014)



Εικόνα 3.5. Ασθενής εν ώρα άσκησης με Fes-C

Μια μελέτη, στην οποία πήραν μέρος 30 ασθενείς (13 τετραπληγικοί και 17 παραπληγικοί), στόχευε στην καταγραφή των αποτελεσμάτων του Fes-C σε ασθενείς με ΚΝΜ, ως μέρος της οξείας αποκατάστασής τους. Εκ των 30 ασθενών, οι 10 ήταν βαθμού Α στην κλίμακα ASIA, οι 3 βαθμού Β, οι 15 βαθμού C και οι 2 βαθμού D. Οι ερευνητές μέτρησαν το μέγεθος των μυών των κάτω άκρων και του μυϊκού τόνου σε

κάθε συνεδρία, πριν και μετά το Fes-C. Επίσης, μυϊκά τεστ και τεστ βάδισης έγιναν στην αρχή και στο τέλος του προγράμματος.

Ένα σύστημα 6 καναλιών με επιφανειακά ηλεκτρόδια ενεργοποιούσε τον τετρακέφαλο, τους γλουτιαίους μύες και τους οπίσθιους μηριαίους αμφοτερόπλευρα. Το σύστημα αυτό ήταν συχνότητας 30Hz, εύρους παλμού 250μs και έντασης από 10 έως 130mA.

Το πρόγραμμα με Fes-C αποτελούταν από συνεδρίες 20 λεπτών, 2 φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Τις μέρες που δεν γίνονταν συνεδρίες με Fes, οι ασθενείς έκαναν συνεδρίες φυσικοθεραπείας και εργοθεραπείας, μέγιστου χρόνου 45 λεπτών τη μέρα σαν μέρος της αποκατάστασης, όπου εφαρμόζοντας τεχνικές νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ή PNF), καθώς και παθητικές ή ενεργητικές ασκήσεις.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ιδιαίτερη μείωση στη σπαστικότητα κατά την απαγωγή και προσαγωγή ισχίου (70% και 98,1% αντίστοιχα), κατά την κάμψη κι έκταση του γόνατος (66,8% και 76,6% αντίστοιχα), αλλά και κατά την ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής (67,8%), σύμφωνα με την κλίμακα Modified Ashworth Scale (MAS).

Οι μετρήσεις που έγιναν πριν και μετά την κάθε συνεδρία έδειξαν ότι έπειτα από 4 εβδομάδες με το Fes-C, αυξήθηκε η περιφέρεια του ορθού μηριαίου 15,3% αριστερά και 17% δεξιά στους ασθενείς κλίμακας ASIA A και B, ενώ σε αυτούς της κλίμακας ASIA C και D, παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 25% αριστερά και 21% δεξιά.

Στους ασθενείς που είχαν μυϊκή λειτουργία (ASIA C και D), αξιολογήθηκε η δύναμη των μυών που ενεργοποιούνταν με το FES, σύμφωνα με το τεστ Janda. Αναφέρεται αύξηση της τάξης του 43.5% στον τετρακέφαλο μυ, 25% στο μείζονα γλουτιαίο και 26.1% στους οπίσθιους μηριαίους.

Από τους 30 συμμετέχοντες, οι 7 ήταν ικανοί για βάρδια στο τέλος της μελέτης. Οι 5 από αυτούς έδειξαν μερική ικανότητα βάρδιας ήδη από την αρχή του προγράμματος, ενώ οι υπόλοιποι 2 κατά τη διάρκεια. Οι εξετάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της βάρδιας αυτών των ασθενών ήταν το Timed Up & Go (TUG) test, το 6 minute walking distance (6MWD) και η κλίμακα Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II). Ως αποτέλεσμα της παρέμβασης, υπήρχε αύξηση 46.5% στην

WISCI II, ο χρόνος για την ολοκλήρωση του TUG μειώθηκε κατά 13.68%, ενώ η απόσταση για το 6MWD αυξήθηκε κατά 51.36%.

Οι μελετητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν, δηλαδή Fes-C συνδυαστικά με φυσικοθεραπεία και εργοθεραπεία στοχευμένες στη λειτουργικότητα, έχουν θετικά αποτελέσματα στην σπαστικότητα, την ικανότητα βάδισης και μυϊκή επανενεργοποίηση σε παραπληγικούς ασθενείς, ακόμα και μετά από μόλις 4 εβδομάδες. (Kuhn et al 2014)

Οι Yaşar et al. (2015) καταπιάστηκαν με την επίδραση της άσκησης FES-C σε ασθενείς με χρόνια ατελή βλάβη ΚΝΜ. Στη μελέτη συμμετείχαν ασθενείς 15 έως 65 ετών που έπασχαν από τραυματικής αιτίας ΚΝΜ, τουλάχιστον 2 χρόνων, ικανοί για βάδιση 10 μέτρων ανεξάρτητοι ή με βοήθημα, αλλά χωρίς ορθώσεις και βαθμού C ή D στην κλίμακα ASIA. Εξαιρέθηκαν όσοι ήταν καρδιοπνευμονικά αστεθείς, είχαν μεταλλικό εμφύτευμα στα κάτω άκρα, σοβαρή σπαστικότητα που δεν επέτρεπε την ποδηλασία και όσοι είχαν κάποιο άλλο νευρολογικό ή μυϊκό πρόβλημα. Λόγω της αστηρότητας των κριτηρίων, από τους 143 ασθενείς με ΚΝΜ που θέλησαν να πάρουν μέρος, μόνο οι 10 κατάφεραν να συμμετέχουν στη μελέτη.

Το πρόγραμμα αποτελούταν από τρεις μονόωρες συνεδρίες με Fes-C εβδομαδιαίως, για 16 εβδομάδες. Έγιναν μετρήσεις στην αρχή των συνεδριών, στους 3 μήνες και στους 3 μήνες από το τέλος του προγράμματος. Ζητήθηκε από τους ασθενείς αποχή από οποιοδήποτε είδος άσκησης για 3 μήνες μετά τη λήξη της μελέτης.

Για την παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα FES 6 καναλιών, συχνότητας 20Hz, εύρους παλμού 250μs και έντασης 10 έως 140 mA. Τα επιφανειακά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στον τετρακέφαλο, τους οπίσθιους μηριαίους και τους γλουτιαίους μύες αμφοτερόπλευρα και ο ρυθμός πέδησης ήταν 40-50 περιστροφές. Οι ασθενείς κλήθηκαν να μην συσπούν εκκούσια τους μύες τους κατά τη διάρκεια του Fes-C, ώστε να γίνεται παθητικά η κίνηση των κάτω άκρων.

Για τις μετρήσεις ελέγχθηκε το συνολικό κινητικό σκορ στην κλίμακα ASIA, η κατανάλωση οξυγόνου κατά τη βάδιση σε διάδρομο και χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα MAS για την αξιολόγηση της σπαστικότητας του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων, η κλίμακα Functional Independence Measure (FIM) για την ανεξαρτησία και μια τρισδιάστατη ανάλυση της βάδισης.

Όσον αφορά τη σπαστικότητα των μυών στους 6 μήνες από την έναρξη του προγράμματος, στους οπίσθιους μηριαίους, όπως και στον τετρακέφαλο, υπήρξε μείωση 1 βαθμού. Οι βαθμοί ανεξαρτησίας αυξήθηκαν από 116 στους 120, ενώ υπήρχε σημαντική αύξηση της τάξης των 3 βαθμών (από 78 στους 81) και στο συνολικό κινητικό σκορ. Η κατανάλωση οξυγόνου μειώθηκε από τα 7.90ml/kg per min στα 5.70ml/kg per min.

Οι ερευνητές, δεδομένων των θετικών αποτελεσμάτων, συμπέραναν ότι το Fes-C μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργική βελτίωση των ασθενών με μακροχρόνια KNM. (Yaşar et al. 2015)

3.5 Στρατηγικές για τη μείωση της κόπωσης κατά την άσκηση με FES

Η γρήγορη μυϊκή κόπωση αποτελεί έναν συχνό και σημαντικό περιορισμό στην πλήρη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων από την άσκηση με FES σε άτομα με KNM. Η καθυστέρησή της αναφέρεται ως μείζονος κλινικής σημασίας. (Ibitoye et al. 2016)

Η ατροφία των μυών και η επακόλουθη αλλοίωση της αναλογίας των κινητικών μονάδων τύπου I σε ταχείας κόπωσης τύπου II κινητικών μονάδων (χαμηλής αερόβιας-οξειδωτικής ενζυμικής ικανότητας), είναι τα αρνητικά επακόλουθα δευτεροπαθών βλαβών του νωτιαίου μυελού. Ως συνέπεια αυτών των μορφολογικών και ιστοχημικών προσαρμογών, η αντοχή στην ταχεία κόπωση επηρεάζεται από τους σκελετικούς μύες που έχουν υποστεί βλάβη, οι οποίοι επηρεάζονται από αλλοιώσεις του ανώτερου κινητικού νευρώνα στον NM. Συνεπώς, η ισχύς εξόδου και η ικανότητα άσκησης τέτοιων μυών μειώνονται λόγω της αδράνειας και της εκφόρτωσης ταυτόχρονα με τον περιορισμό της αναπηρικής πολυθρόνας μετά την KNM. Οι τρέχουσες προσπάθειες για την αντιστάθμιση του θέματος έχουν περιορισμένο αντίκτυπο, εξαιτίας, εν μέρει, του περιορισμού της παθοφυσιολογικής κατανόησης της μυϊκής κόπωσης και των επιπλοκών της σε αυτόν τον πληθυσμό. Υπάρχει συνεχές ερευνητικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη αποτελεσματικών

στρατηγικών για την μείωση των επιπτώσεων της ταχείας μυϊκής κόπωσης, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης για θεραπευτικές και λειτουργικές παρεμβάσεις σε άτομα με νευρολογική δυσλειτουργία, συγκεκριμένα ΚΝΜ.

Έχει αποδειχθεί ερευνητικά η χρησιμότητα της θεραπείας με FES για την αποκατάσταση και την προώθηση της λειτουργικότητας. Ωστόσο, η εγγενής μη φυσιολογική απόκριση των παρετικών ή παράλυτων μυών στην ηλεκτρική διέγερση (λόγω μεταβολών στην ιστολογική τους σύνθεση) συχνά οδηγεί στη μη-βέλτιστη επιστράτευση των μυϊκών ινών δύναμης (αυτών που επέρχεται γρήγορα η κόπωση) σε σχέση με μυϊκές ίνες ανθεκτικές στη κόπωση. Ομοίως, η πλειοψηφία των ερευνητικών στοιχείων υποστηρίζει πως με τον FES γίνεται μη-επιλεκτική επιστράτευση κινητικών μονάδων, συνέπεια της οποίας είναι το υπερβολικό μεταβολικό κόστος μιας ηλεκτρικά προκληθείσας συστολής που οδηγεί σε ταχεία μυϊκή κόπωση. Αυτό περιορίζει τη διάρκεια των λειτουργικών εργασιών που μπορεί να προκαλέσει το FES. Επομένως, η ανάγκη για πρακτικές λύσεις στο «πρόβλημα ταχείας κόπωσης» είναι υψίστης σημασίας, εάν η θεραπεία FES πρόκειται να γίνει πιο διαδεδομένη για την αποκατάσταση των ασθενών.

Η τρέχουσα ανασκόπηση προσπαθεί να συνθέσει γνώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών μείωσης της κόπωσης στα άτομα με κάκωση νωτιαίου μυελού προκειμένου να διαπιστωθεί το λειτουργικό τους αντίκτυπο και η κλινική τους σημασία. Είναι σαφές ότι στο κλινικό περιβάλλον χρειάζονται περισσότερο ευρέως αποδεκτές και αποτελεσματικές στρατηγικές για να είναι αποτελεσματική η χρήση του FES και είναι απαραίτητη μια ολοκληρωμένη επίγνωση για την αντιμετώπιση της ταχείας μυϊκής κόπωσης.

Τροποποίηση των μοτίβων διέγερσης

Η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) για την πρόκληση μυϊκών συστολών συνήθως πραγματοποιείται μέσω της τροποποίησης των βασικών παραμέτρων διέγερσης (δηλ. Πλάτος παλμού, συχνότητα, πλάτος), η αποτελεσματικότητα των οποίων θα μπορούσε να αξιολογηθεί με την ικανότητά τους να αντισταθμίζουν την ταχεία μυϊκή κόπωση. Η αποτελεσματικότητα των βέλτιστων στρατηγικών

ενεργοποίησης που περιλαμβάνουν πρότυπα διέγερσης και διαμόρφωση διαφορετικών ακολουθιών διέγερσης για τη μείωση της μυϊκής κόπωσης σε άτομα με ΚΝΜ, διερευνήθηκε σε δεκαοκτώ μελέτες.

Αρχικά αναφέρεται το μοτίβο διέγερσης που επέτρεψε τη βελτιστοποίηση της παραγωγής δύναμης ανά παλμό διέγερσης και αυτό μέσω ενός συνόλου παλμών διέγερσης διπλής απόστασης δείχνοντας ένα σημαντικά μεγαλύτερο χρονικό ολοκλήρωμα ροπής σε σύγκριση με την παραδοσιακή μονοπαθητική διέγερση. Μελέτες έδειξαν ότι το πρότυπο των διπλών παλμών ήταν πιο αποτελεσματικό για παραγωγή και διατήρηση δύναμης στους μύες του θέναρος και του υποκνημηδίου, αντίστοιχα. Εξετάστηκε η επίδραση της διαμόρφωσης διαφορετικών παλμοσειρών στην αύξηση της δύναμης. Εναλλάσσοντας τη σειρά των συχνοτήτων (δηλ. από μία σταθερή συχνότητα όπου χρησιμοποιήθηκαν έξι παλμοί τετραγωνικού κύματος 200s, διαχωρισμένοι ανά 70ms, σε μια σειρά διπλής συχνότητας διαχωρισμένα με μακρύτερα διαστήματα), ήταν θετικά τα αποτελέσματα όσον αφορά τη βελτίωση της αντοχής στην κόπωση σε αντίθεση με την μονομερή εφαρμογή των τεχνικών αυτών. Επιπλέον κατά τη διάρκεια προπόνησης του παρετικού τετρακεφάλου μυός επιβεβαιώθηκε ότι η εφαρμογή μεταβλητών συχνοτήτων επέφερε λιγότερο κουραστικές για τον ασθενή συστολές. Συνολικά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η τροποποίηση της συχνότητας των ακολουθιών διέγερσης αντισταθμίζει την ταχεία μυϊκή κόπωση.

Κατά την επαναλαμβανόμενη ηλεκτρική διέγερση φάνηκε ότι οι προοδευτικές αυξήσεις της συχνότητας και της έντασης διέγερσης προκαλούν εκτεταμένες συστολές. Σε μελέτη, ήταν σε θέση να παράγουν επαναλαμβανόμενες, μη ισομετρικές συστολές σε άτομα με κάκωση νωτιαίου μυελού ελαχιστοποιώντας τον ρυθμό εμφάνισης της κόπωσης, και αυτό μέσω της εναλλαγής από χαμηλή συχνότητα σε υψηλόσυχη διέγερση.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, η αποτελεσματικότητα της τροποποίησης του προτύπου διέγερσης για την πρόληψη της ταχείας κόπωσης των μυών εκτιμάται τυπικά μέσω της σύγκρισης του δείκτη κόπωσης (δηλαδή της τελικής ροπής που ομαλοποιείται στη μέγιστη ροπή στρέψης), του χρόνου κόπωσης και το ολοκλήρωμα ροπής-χρόνου (δηλαδή, σε ολόκληρη τη δοκιμή). Η εφαρμογή των βέλτιστων παραμέτρων διέγερσης φαίνεται να είναι σημαντική για τη διατήρηση της

λειτουργικής δραστηριότητας που προκαλείται από το FES. Συνοπτικά, η δυνατότητα ελαχιστοποίησης της ταχείας μυϊκής κόπωσης κατά τις λειτουργικές δραστηριότητες που προκαλούνται από το FES μέσω της διαμόρφωσης παραμέτρων νευρομυϊκού ερεθίσματος είναι αρκετά προφανής και αυτό παραμένει ένας σημαντικός ερευνητικός τομέας για τη βελτιστοποίηση της θεραπείας FES.

Μια άλλη μελέτη σύγκρινε την αντοχή στην κόπωση των εκτεινόντων του καρπού σε συνδυασμό με FES υψηλής συχνότητας (30Hz) και χαμηλής συχνότητας (15Hz). Παρόλο που και τα δύο πρωτόκολλα μείωσαν την κόπωση, μόνο το υψηλής συχνότητας πρωτόκολλο αύξησε σημαντικά τη μυϊκή δύναμη και τον αερόβιο μεταβολισμό μετά την άσκηση. Επομένως, είναι πιθανό ο βελτιωμένος αερόβιος μεταβολισμός να σχετίζεται με την αύξηση του χρόνου μυϊκής σύσπασης κατά την άσκηση με FES.

Βελτιστοποίηση της τοποθέτησης ηλεκτροδίων

Εξετάστηκε η σημασία της θέσης των ηλεκτροδίων για την μείωση των χαρακτηριστικών κόπωσης των μυϊκών συσπάσεων που προκαλούνται από FES σε πληθυσμό με KNM. Η χωριστά κατανομημένη διάταξη διαδοχικής διέγερσης έχει αποδείξει μεγαλύτερη ικανότητα μείωσης της κόπωσης σε σύγκριση με μια διαμόρφωση μοναδικού ενεργοποιημένου ηλεκτροδίου διέγερσης στα άνω άκρα και τα κάτω άκρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι διαφορετικά σύνολα μυϊκών ινών ενεργοποιούνται εναλλακτικά από διαφορετικά ηλεκτρόδια, επιτρέποντας την ενεργοποίηση των μυών των επιμέρους διαμερισμάτων. Σημαντική είναι η μείωση της κόπωσης που προκαλείται από το FES με πρωτόκολλο ασύγχρονης διέγερσης. Αν και η τοποθέτηση ηλεκτροδίων διέγερσης πάνω από τον κορμό του περιφερικού νεύρου και τα κινητικά σημεία είναι συχνά αναφερόμενες θέσεις, μια γενική εκτίμηση για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων φαίνεται να είναι λειτουργική της επιδιωκόμενης σκόπιμης δραστηριότητας. Επιπλέον, τα διαθέσιμα ερευνητικά στοιχεία έχουν εντοπίσει τη δυνατότητα διακύμανσης των θέσεων των κινητικών σημείων και πρέπει να αποφευχθεί η επικάλυψη μέσω των ηλεκτροδίων. Η σαφής κατανόηση των ανατομικών ορόσημων όπου μπορούν να επιστρατευθούν επαρκείς κινητικές μονάδες έχει αναγνωριστεί ως ένας σημαντικός πρόδρομος για την επιλεκτική στρατολόγηση κινητικών μονάδων ανθεκτικών στην κόπωση. Έτσι, η

εφαρμογή συστοιχιών διέγερσης πολλαπλών ηλεκτροδίων δεν εφαρμόστηκε μόνο για να στρατολογήσει επιλεκτικά τη κινητική μονάδα για αποτελεσματικό κινητικό έλεγχο, αλλά έχει εξίσου εγκριθεί ώστε να είναι πιο αποτελεσματική για να αντισταθμίσει την ταχεία μυϊκή κόπωση.

Βελτιστοποίηση της άσκησης

Ενώ προηγούμενες μελέτες έχουν επιδιώξει να βελτιώσουν την αντοχή στην κόπωση μέσω τεχνικών ή τεχνολογικών προσεγγίσεων για νευρομυϊκή διέγερση, όπως η ρύθμιση των νευρομυϊκών παλμών ή η ανάπτυξη συστοιχιών πολλαπλών ηλεκτροδίων, λιγότερες έρευνες έχουν εξετάσει αν μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη αντοχή στην κόπωση με βελτιωμένα παραδείγματα μυϊκής προπόνησης για τους ασθενείς. Αναφέρεται αύξηση της ανάπτυξης δύναμης και αντοχή στην κόπωση μετά από εκπαίδευση FES προσανατολισμένη στη λειτουργική δραστηριότητα μέσω των κινήσεων δραγμού των δακτύλων σε ασθενείς με κάκωση νωτιαίου μυελού. Παρόλο που υπήρχαν σημαντικές αποκλίσεις στις αντιδράσεις των συμμετεχόντων όσον αφορά την παραγωγή δύναμης και την κόπωση, φάνηκε η δυνατότητα τροποποίησης των συστατικών ιδιοτήτων παρετικών σκελετικών μυών μέσω της άσκησης FES. Δύο ανεξάρτητες μελέτες έδειξαν αύξηση του χρόνου ανοχής στην ένταση του ρεύματος και της αντοχής στην κόπωση μετά από δύο χρόνια ισομετρικών συστολών των πελματιαίων καμπτήρων του αστραγάλου και πρόληψη της κόπωσης στους μύες της κνήμης. Επίσης, η αντοχή στην κόπωση αυξήθηκε μέσω ισομετρικών συσπάσεων των κάτω άκρων χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα FES συνεχής διέγερσης και χαμηλής συχνότητας.

Έχει αναφερθεί βελτίωση της αντίστασης στην κόπωση και της προσαρμοζόμενης αντίδρασης παράλυτων μυών με τη χρήση άσκησης ποδηλασίας με FES. Σε μια μελέτη εκτιμήθηκαν οι ταχύτητες σύσπασης και κόπωσης σε παράλυτους τετρακεφάλους μύες κατά την άσκηση με FES σε εργομετρικό ποδήλατο. Η αντίσταση στην κόπωση μετρήθηκε ανάλογα με την μέγιστη δύναμη που διατηρήθηκε. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι η κόπωση ήταν ανάλογη του χρόνου που είχε περάσει από την κάκωση, το οποίο σημαίνει ότι κατά την επιλογή της κατάλληλης θεραπείας με FES πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και το πότε συνέβη η κάκωση. Μια άλλη μελέτη, ερευνήσε την επίδραση του ρυθμού ποδηλασίας στην

παραγωγή ροπής και στην μυϊκή κόπωση και κατέληξε στο ότι ο γρηγορότερος ρυθμός παράγει μεγαλύτερη δύναμη, αλλά ταυτόχρονα και μεγαλύτερη κόπωση από ότι ένας πιο αργός ρυθμός.

Ερεθισμός ελεγχόμενος με βιοανάδραση

Η αποτελεσματικότητα του FES σε συνδυασμό με βιοανάδραση εν συγκρίσει με την κλασική τεχνική FES εξετάστηκε από δύο μελέτες. Συμπεραίνεται ότι η ηλεκτρονική διαμόρφωση των παραμέτρων του ερεθισμού με την βοήθεια της βιοανάδρασης ενίσχυσαν σημαντικά την μέση και μέγιστη ροπή δύναμης σε γαστροκνήμιο και υποκνημίδιο μυ. Επιπρόσθετα, αναφέρεται βελτίωση στην ροπή δύναμης και στην μείωση της κόπωσης όταν εισήχθη βιοανάδραση στην θεραπεία με FES. Η ενσωμάτωση της βιοανάδρασης στην παραδοσιακή θεραπεία με FES έχει πολλές προοπτικές, καθώς αναφέρονται σημαντικά κλινικά οφέλη στην αντίσταση κατά της κόπωσης και στην βελτίωση της απόδοσης σε παράλυτους μύες.

(Ibitoye et al. 2016)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ΚΝΜ είναι μια πάθηση που αλλάζει σημαντικά την καθημερινότητα των ασθενών. Επηρεάζονται κινητικά και αισθητικά περιοχές στο σώμα του ασθενούς, ανάλογα με το επίπεδο και τη σοβαρότητα της βλάβης. Χρειάζεται χρόνος μέχρι να προσαρμοστεί το σώμα, αλλά και ο ίδιος ο ασθενής, στα νέα δεδομένα.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης της ασθένειας. Στη συγκεκριμένη ανασκόπηση, επιλέχθηκε να αναλυθεί η θεραπεία μέσω της εφαρμογής λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού (FES). Το FES είναι μία σχετικά νέα τεχνική, πολλά υποσχόμενη, η οποία έχει δείξει σημαντικά αποτελέσματα σε ασθενείς με ΚΝΜ. Η εργασία αυτή ασχολείται, κυρίως, με την επίδραση της άσκησης με FES στην καθυστέρηση, ή ακόμα και αναστροφή των συμπτωμάτων που επιφέρει μια ΚΝΜ, καθώς και με την καταγραφή των κατάλληλων παραμέτρων για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία που εξετάστηκε, ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός φαίνεται να είναι αποτελεσματικός για θεραπευτικούς και λειτουργικούς σκοπούς σε βλάβες νωτιαίου μυελού, έχοντας αποδειχθεί ότι ενισχύει την ικανότητα βάδισης, τη μυϊκή δύναμη και την καρδιοαναπνευστική λειτουργία και μπορεί να καθυστερήσει την εμφάνιση οστεοπόρωσης. Περιοριστικός παράγοντας στην κλινική εφαρμογή είναι ο μικρός αριθμός μελετών πάνω στο θέμα, οι μικρού μεγέθους δείγματος μελέτες που έχουν διεξαχθεί, η έλλειψη συστημάτων αξιολόγησης των επιδόσεων και η ανάγκη για εξατομίκευση της κάθε θεραπευτικής παρέμβασης ανάλογα με τους στόχους και τις ικανότητες του κάθε ασθενούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Εταιρεία Φυσικής Ιατρικής & Αποκατάστασης, Ελληνικό Τμήμα Μελέτης & Αποκατάστασης Βλαβών Νωτιαίου Μυελού, 2015. Διεθνείς Προοπτικές για την Κάκωση Νωτιαίου Μυελού

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

Hislop H., Avers D., Brown M. 2014. Daniels and Worthingham's Muscle Testing, Techniques of Manual Examination and Performance Testing, 9th Edition. Εκδόσεις Elsevier

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

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

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

Bélanger M., Stein R.B., Wheeler G.D., Gordon T., Leduc B. 2000. Electrical stimulation: Can it increase muscle strength and reverse osteopenia in spinal cord injured individuals?. 81(8):1090-8.

Blackburn M.1., van Vliet P., Mockett S.P. 2002. Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke. 82(1):25-34

Burns A.S., Ditunno J.F. 2001. Establishing Prognosis and Maximizing Functional Outcomes After Spinal Cord Injury: A Review of Current and Future Directions in Rehabilitation Management, *SPINE Magazine*: Issue 24S, Pages S137-S145

Catz A., Itzkovich M., Agranov E., Ring H., Tamir A. 1997. SCIM--spinal cord independence measure: a new disability scale for patients with spinal cord lesions. 35(12):850-6.

Cragg J., Krassioukov A. 2011. Autonomic Dysreflexia. doi:10.1503/cmaj.110859

Ditunno J., Scivoletto G. 2009. Clinical relevance of gait research applied to clinical trials in spinal cord injury. 15;78(1):35-42

Doucet B. M., Lam A., Griffin L. 2012. Neuromuscular Electrical Stimulation for Skeletal Muscle Function. 85(2): 201-215)

Gibbons R.S., Shave R.E., Gall A., Andrews B.J. 2014. FES-rowing in tetraplegia: a preliminary report. 52(12):880-6

Ibitoye M.O., Hamzaid N.A., Hasnan N., Wahab A.K.A., Davis G.M. 2016. Strategies for Rapid Muscle Fatigue Reduction during FES Exercise in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149024>

Jackson A.B., Carnel C.T., Ditunno J.F., Read M.S., Boninger M.L., Schmeler M.R., Williams S.R., Donovan W.H.; Gait and Ambulation Subcommittee. 2008. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. 31(5):487-99.

Jiang S.D., Dai L.Y., Jiang L.S. 2006. Osteoporosis after spinal cord injury. 17(8):1278-81.

Kapadia N., Masani K., Catharine C.B., Giangregorio L.M., Hitzig S.L., Richards K., Popovic M.R. 2014. A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: Effects on walking competency. 37(5):511-24

Kim C.M., Eng J.J., Whittaker M.W. 2004. Effects of a simple functional electrical system and/or a hinged AFO on walking in individuals with incomplete spinal cord injury. 85(10): 1718–1723

Kim D.I., Park D.S., Lee B.S., Jeon J.Y. 2014. A six-week motor-driven functional electronic stimulation rowing program improves muscle strength and body composition in people with spinal cord injury: a pilot study. 52(8):621-4

Kobetic R., Marsolais E.B., Triolo R.J., Davy D.T., Gaudio R., Tashman S. 2003. Development of a hybrid gait orthosis: a case report. 26(3):254-8

Kottink A.I., Hermens H.J., Nene A.V., Tenniglo M.J., Van der Aa H.E., Buschman H.P., Ijzerman M.J. 2007. A randomized controlled trial of an implantable 2-channel peroneal nerve stimulator on walking speed and activity in poststroke hemiplegia. 88(8):971-8

Kuhn D., Leichtfried V., Schobersberger W. 2014. Four weeks of functional electrical stimulated cycling after spinal cord injury: a clinical cohort study. 37(3):243-50

Podsiadlo D., Richardson S. 1991. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. 39(2):142-8.

Sekhon L.H.S., Fehlings M.G. 2001. Epidemiology, Demographics, and Pathophysiology of Acute Spinal Cord Injury. DOI: 10.1097/00007632-200112151-00002

Thrasher T.A., Popovic M.R. 2008. Functional electrical stimulation of walking: function, exercise and rehabilitation. 51(6):452-60

Wilson R.C.1., Jones P.W. 1988. A comparison of the visual analogue scale and modified Borg scale for the measurement of dyspnoea during exercise. 76(3):277-82.

Yasar E., Yilmaz B., Göktepe S., Kesikburun S. 2015. The effect of functional electrical stimulation cycling on late functional improvement in patients with chronic incomplete spinal cord injury. 53(12):866-9

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κλίμακα Borg: Η κλίμακα Borg χρησιμοποιείται κυρίως για την υποκειμενική μέτρηση της δύσπνοιας από τον ασθενή και για την αίσθηση της κόπωσης. Είναι αριθμημένη από το 0 έως το 10 ή από το 6 έως το 20 και στον κάθε αριθμό αντιστοιχούν εκφράσεις που περιγράφουν την ένταση των συμπτωμάτων. (R.C. Wilson; P. W. Jones 1988)

0	NOTHING AT ALL (just noticeable)
0.5	VERY VERY SLIGHT
1	VERY SLIGHT
2	SLIGHT
3	MODERATE
4	SOMEWHAT SEVERE
5	SEVERE
6	
7	VERY SEVERE
8	
9	VERY VERY SEVERE (almost maximal)
10	MAXIMAL

Fig. 1. Modified Borg scale.

Κλίμακα MAS(Modified Ashworth Scale): Η κλίμακα Ashworth είναι μια κλίμακα 5 βαθμών και χρησιμοποιείται για την μέτρηση του μυϊκού τόνου, ανεξάρτητα από το αν είναι νευρολογική η βλάβη. Η μέτρηση ξεκινάει από το 0 (καμία αύξηση στον μυϊκό τόνο) ως το 4 (το μέλος είναι άκαμπτο σε κάμψη και έκταση). (Blackburn et al. 2002)

Table 1. Modified Ashworth Scale for grading spasticity (Bohannon and Smith, 1987)

<i>Grade</i>	<i>Description</i>
0	No increase in muscle tone.
1	Slight increase in muscle tone: manifested by a catch and release or by minimal resistance at the end of the range of motion when the affected part(s) is moved in flexion or extension.
1+	Slight increase in muscle tone: manifested by a catch, followed by minimal resistance throughout the remainder (less than half) of the range of movement.
2	More marked increase in muscle tone through most of the range of movement but affected part(s) move easily.
3	Considerable increase in muscle tone, passive movement difficult.
4	Affected part(s) rigid in flexion or extension.

Timed “Up and Go” test: Το Timed “Up & Go” test είναι μια δοκιμασία στην οποία ένα άτομο καλείται να σηκωθεί από μια καρέκλα με στηρίγματα για τα χέρια που έχει ύψος περίπου 46 εκατοστά, να περπατήσει 3 μέτρα σε ευθεία γραμμή, να στρίψει, να επιστρέψει πίσω και να κάτσει πάλι στην καρέκλα και μετράται σε πόσα δευτερόλεπτα μπορεί να πραγματοποιήσει την συγκεκριμένη δοκιμασία. Το άτομο έχει κανονική υπόδυση και περπατά με το δικό του ρυθμό χρησιμοποιώντας το δικό του βοήθημα βάδισης, αν υπάρχει. Για την σωστή έναρξη της δοκιμασίας πρέπει ο εξεταζόμενος να έχει την πλάτη του να ακουμπάει στην πλάτη της καρέκλας, τα χέρια να βρίσκονται πάνω στα στηρίγματα και το όποιο βοήθημα ανά χείρας. Στον ασθενή δίνεται και μια δοκιμαστική φορά, ώστε να εγκλιματιστεί με τη δοκιμασία. (Podsiadlo et al. 1991)

WISCI II (Walking Index of Spinal Cord Injury II): Το WISCI II είναι μία δοκιμασία που έχει σχεδιαστεί να αξιολογεί την βάδιση με υποβοήθηση στα άτομα με KNM. Η βάδιση αξιολογείται από το 0 έως το 20, με το μικρότερο νούμερο να σημαίνει μεγαλύτερος βαθμός αναπηρίας. Τα υπό εξέταση άτομα περπατούν σε έναν ίσιο διάδρομο για 10 μέτρα και ανάλογα το βαθμό βοήθειας που χρειάζονται για να διανύσουν αυτήν την απόσταση παίρνουν και τον ανάλογο βαθμό. Ο βαθμός βοήθειας βάδισης ορίζεται από το αν χρειάζεται να έχουν ορθωτικά στα κάτω άκρα, αν χρειάζεται να βρίσκονται σε δίζυγο κατά τη διάρκεια της βάδισης, αν χρησιμοποιούν βακτηρίες ή αν χρειάζονται την υποβοήθηση ενός ή δυο ατόμων για να πραγματοποιηθεί η βάδιση. Για την καταγραφή του βαθμού του ασθενή θα πρέπει ο ασθενής να δοκιμάσει να διανύσει την απόσταση όπως ακριβώς ορίζει η κλίμακα. Αν αποτύχει ο ασθενής να φτάσει στον τερματισμό, τότε ξαναδοκιμάζει με περισσότερη βοήθεια και ταυτόχρονα κατεβαίνει η βαθμολογία του στη δοκιμασία. (Jackson et al. 2008)

Of note, the original scale, WISCI, consisted of items 1-20; scale revised to WISCI II to include 0-20. WISCI II is the current used and accepted scale.

Level	Description
0	Client is unable to stand and/or participate in assisted walking.
1	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of two persons, less than 10 meters.
2	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of two persons, 10 meters.
3	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
4	Ambulates in parallel bars, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
5	Ambulates in parallel bars, with braces and no physical assistance, 10 meters.
6	Ambulates with walker, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
7	Ambulates with two crutches, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
8	Ambulates with walker, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
9	Ambulates with walker, with braces and no physical assistance, 10 meters.
10	Ambulates with one cane/crutch, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
11	Ambulates with two crutches, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
12	Ambulates with two crutches, with braces and no physical assistance, 10 meters.
13	Ambulates with walker, no braces and no physical assistance, 10 meters.
14	Ambulates with one cane/crutch, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
15	Ambulates with one cane/crutch, with braces and no physical assistance, 10 meters.
16	Ambulates with two crutches, no braces and no physical assistance, 10 meters.
17	Ambulates with no devices, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
18	Ambulates with no devices, with braces and no physical assistance, 10 meters.
19	Ambulates with one cane/crutch, no braces and no physical assistance, 10 meters.
20	Ambulates with no devices, no braces and no physical assistance, 10 meters.

Κλίμακα Daniels & Worthingham : Η κλίμακα αυτή χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης από τον θεράποντα με την χρήση των χεριών του και μόνο. Αποτελείται από μια κλίμακα που αριθμείται από το 0 έως το 5, με το 0 να είναι το ελάχιστο και το 5 το μέγιστο. Κάθε αριθμός αντιστοιχίζεται από μια φράση που περιγράφει με λέξεις τη δύναμη του μυ. Ο φυσικοθεραπευτής ζητά από τον ασθενή να εκτελέσει μια συγκεκριμένη κίνηση και μόλις φτάσει στην τελική τροχιά πιέζει το μέλος προς την αντίθετη κατεύθυνση, έτσι ώστε να κάμψει την αντίσταση του μυ. Όσο λιγότερη αντίσταση χρειάζεται από τον φυσικοθεραπευτή για να καμφθεί η αντίσταση του μυός, τόσο χαμηλότερη βαθμολογία παίρνει ο συγκεκριμένος μυς. (Hislop et al. 2014 «Daniels and Worthingham's Muscle Testing»)

Απεικόνιση της κλίμακας Daniels & Worthingham:

Manual Muscle Strength Grading Chart

Grade	Percentage	Description
5 (Normal)	100	Complete range of motion against gravity with full resistance
4 (Good)	75	Complete range of motion against gravity with some resistance
3 (Fair)	50	Complete range of motion against gravity with no resistance
2 (Poor)	25	Complete range of motion with gravity eliminated
1 (Trace)	10	Evidence of slight contractility with no evidence of joint motion even with gravity eliminated
0 (Zero)	0	No evidence of muscle contractility

Κλίμακα SCIM (Spinal Cord Injury Measurement) : Η κλίμακα SCIM είναι μια κλίμακα που έχει κατασκευαστεί ειδικά για άτομα με ΚΝΜ, ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί η λειτουργικότητά τους με όσο το δυνατόν ακριβέστερο τρόπο. Η κλίμακα αυτή αξιολογεί διαφορετικές πτυχές της ζωής των ατόμων με ΚΝΜ, είτε με παραπληγία, είτε με τετραπληγία. Εξετάζει την αυτοεξυπηρέτηση με βαθμολογία από 0 έως 20, τον αερισμό και τον έλεγχο των σφυγκτήρων που βαθμολογείται από 0 έως 40 και την κινητικότητα όπου και αυτή βαθμολογείται με 0 έως 40. Δηλαδή το σύνολο των πόντων μεταβάλλεται από 0 έως 100. (Catz et al. 1997)

SCIM - SPINAL CORD INDEPENDENCE MEASURE

Loewenstein Rehabilitation Hospital, Department IV

(Version 1, May 1996, Raanana, Israel)

Patient Name: ID: Examiner Name:

(The score attached to the relevant description of each function should be placed in the adjacent square below the relevant date)

Self-Care

DATE

--	--	--	--	--	--	--	--

1. **Feeding** (cutting, opening containers, bringing food to mouth, holding cup with fluid)

- 0. Needs parenteral, gastrostomy or fully assisted oral feeding
- 1. Eats cut food using several adaptive devices for hand and dishes
- 2. Eats cut food using only one adaptive device for hand; unable to hold cup
- 3. Eats cut food with one adaptive device; holds cup
- 4. Eats cut food without adaptive devices; needs a little assistance (e.g., to open containers)
- 5. Independent in all tasks without any adaptive device

--	--	--	--	--	--	--	--

2. **Bathing** (soaping, manipulating water tap, washing)

- 0. Requires total assistance
- 1. Soaps only small part of body with or without adaptive devices
- 2. Soaps with adaptive devices; cannot reach distant parts of the body or cannot operate a tap
- 3. Soaps without adaptive devices; needs a little assistance to reach distant parts of body
- 4. Washes independently with adaptive devices or in specific environmental setting
- 5. Washes independently without adaptive devices

--	--	--	--	--	--	--	--

3. **Dressing** (preparing clothes, dressing upper and lower body, undressing)

- 0. Requires total assistance
- 1. Dresses upper body partially (e.g., without buttoning) in special setting (e.g., back support)
- 2. Independent in dressing and undressing upper body. Needs much assistance for lower body
- 3. Requires little assistance in dressing upper or lower body
- 4. Dresses and undresses independently, but requires adaptive devices and/or special setting
- 5. Dresses and undresses independently, without adaptive devices

--	--	--	--	--	--	--	--

4. **Grooming** (washing hands and face, brushing teeth, combing hair, shaving, applying makeup)

- 0. Requires total assistance
- 1. Performs only one task (e.g., washing hands and face)
- 2. Performs some tasks using adaptive devices; needs help to put on/take off devices
- 3. Performs some tasks using adaptive devices; puts on/takes off devices independently
- 4. Performs all tasks with adaptive devices or most tasks without devices
- 5. Independent in all tasks without adaptive devices

Appendix A. Part 2

Respiration and Sphincter Management

DATE

--	--	--	--	--	--	--	--

5. **Respiration**

- 0. Requires assisted ventilation
- 2. Requires tracheal tube and partially assisted ventilation
- 4. Breathes independently but requires much assistance in tracheal tube management
- 6. Breathes independently and requires little assistance in tracheal tube management
- 8. Breathes without tracheal tube, but sometimes requires mechanical assistance for breathing
- 10. Breathes independently without any device

--	--	--	--	--	--	--	--

6. **Sphincter management - Bladder**

- 0. Indwelling catheter
- 5. Assisted intermittent catheterization or no catheterization, residual urine volume > 100cc
- 10. Intermittent self-catheterization
- 15. No catheterization required, residual urine volume < 100cc

--	--	--	--	--	--	--	--

7. **Sphincter management - Bowel**

- 0. Irregularity, improper timing or very low frequency (less than once in 3 days) of bowel movements
- 5. Regular bowel movements, with proper timing, but with assistance (e.g., for applying suppository)
- 10. Regular bowel movements, with proper timing, without assistance

--	--	--	--	--	--	--	--

8. **Use of toilet** (perineal hygiene, clothes adjustment before/after, use of napkins or diapers)

- 0. Requires total assistance
- 1. Undresses lower body, needs assistance in all the remaining tasks
- 2. Undresses lower body and partially cleans self (after); needs assistance in adjusting clothes and/or diapers
- 3. Undresses and cleans self (after); needs assistance in adjusting clothes and/or diapers
- 4. Independent in all tasks but needs adaptive devices or special setting (e.g., grab-bars)
- 5. Independent without adaptive devices or special setting

Mobility (room and toilet)

9. Mobility in bed and action to prevent pressure sores

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Partial mobility (turns in bed to one side only)
- 2. Turns to both sides in bed but does not fully release pressure
- 3. Releases pressure when lying only
- 4. Turns in bed and sits up without assistance
- 5. Independent in bed mobility; performs push-ups in sitting position without full body elevation
- 6. Performs push-ups in sitting position

10. Transfers: bed-wheelchair (locking wheelchair, lifting footrests, removing and adjusting arm rests, transferring, lifting feet)

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Needs partial assistance and/or supervision
- 2. Independent

11. Transfers: wheelchair-toilet-tub (if uses toilet wheelchair - transfers to and from; if uses regular wheelchair - locking wheelchair, lifting footrests, removing and adjusting arm rests, transferring, lifting feet)

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Needs partial assistance and/or supervision, or adaptive device (e.g., grab-bars)
- 2. Independent

Mobility (indoors and outdoors)

DATE

--	--	--	--	--	--	--	--

12. Mobility indoors (short distances)

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
- 2. Moves independently in manual wheelchair
- 3. Walks with a walking frame
- 4. Walks with crutches
- 5. Walks with two canes
- 6. Walks with one cane
- 7. Needs leg orthosis only
- 8. Walks without aids

13. Mobility for moderate distances (10 - 100 meters)

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
- 2. Moves independently in manual wheelchair
- 3. Walks with a walking frame
- 4. Walks with crutches
- 5. Walks with two canes
- 6. Walks with one cane
- 7. Needs leg orthosis only
- 8. Walks without aids

14. Mobility outdoors (more than 100 meters)

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
- 2. Moves independently in manual wheelchair
- 3. Walks with a walking frame
- 4. Walks with crutches
- 5. Walks with two canes
- 6. Walks with one cane
- 7. Needs leg orthosis only
- 8. Walks without aids

15. Stair management

--	--	--	--	--	--

- 0. Unable to climb or descend stairs
- 1. Climbs 1 or 2 steps only, in a training setup
- 2. Climbs and descends at least 3 steps with support or supervision of another person
- 3. Climbs and descends at least 3 steps with support of handrail and/or crutch and/or cane
- 4. Climbs and descends at least 3 steps without any support or supervision

16. Transfers: wheelchair-car (approaching car, locking wheelchair, removing arm and foot rests, transferring to and from car, bringing wheelchair into and out of car)

--	--	--	--	--	--

- 0. Requires total assistance
- 1. Needs partial assistance and/or supervision, and/or adaptive devices
- 2. Independent without adaptive devices

Η κλίμακα FIM αποτελείται από 18 δοκιμασίες, 13 κινητικές και 5 νοητικές. Κάθε δοκιμασία βαθμολογείται από 1 (με πλήρη υποστήριξη) έως 7 (εντελώς ανεξάρτητα). Επομένως, η συνολική βαθμολόγηση κυμαίνεται από 18 έως 126. (Yasar et al. 2015)

Η κλίμακα Janda αποτελείται από 6 βαθμούς μυϊκής δύναμης:

0=Καμία σύσπαση στον μυ

1=Μυϊκή σύσπαση, χωρίς κίνηση

2=Πλήρης κίνηση, αλλά όχι ενάντια στη βαρύτητα

3=Κίνηση ενάντια στη βαρύτητα, χωρίς επιπλέον αντίσταση

4=Κίνηση ενάντια σε ήπια αντίσταση από τον φυσικοθεραπευτή

5=Φυσιολογική δύναμη

(Kuhn et al 2014)