

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



Πανεπιστημιακή Ορθοπαιδική Κλινική

Διευθυντής, Καθηγητής Κωνσταντίνος Ν. Μαλίζος

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΤΟΥ ΕΣΩ ΠΛΑΤΕΟΥΣ ΜΥΟΣ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΟΛΙΚΗ
ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΓΟΝΑΤΟΣ.**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Υπό

ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΑΒΡΑΜΙΔΗ, MD, MSc, FRCS(Ed)

ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΥ

ΛΑΡΙΣΑ 2011

Υποβάλλεται για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του Διδακτορικού Διπλώματος

Λάρισα 2011

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής της Σχολής Επιστημών Υγείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ – ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

1. Κωνσταντίνος Ν. Μαλίζος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
(επιβλέπων)
2. Θεόφιλος Καραχάλιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
3. Γεώργιος Μπάμπης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Κωνσταντίνος Ν. Μαλίζος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
(επιβλέπων)
2. Θεόφιλος Καραχάλιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
3. Γεώργιος Μπάμπης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Αθηνών.
4. Γιαννούκας Αθανάσιος, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
5. Μελέκος Μιχαήλ, Καθηγητής Ουρολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
6. Βαρυτιμίδης Σωκράτης, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
7. Χαντές Μιχαήλ, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΑΦΙΕΡΩΝΕΤΑΙ:

Στη Στέλλα και στα παιδιά Σοφία και Κωνσταντίνο που δίνουν νόημα στη ζωή μου.

Στην ιερή μνήμη του θείου μου Γιώργου Ιωαννίδη, Καθηγητή Παθολογικής Ανατομικής στο Πανεπιστήμιο του Μαϊάμι, ΗΠΑ.

Στην ιερή μνήμη του Παναγιώτη Συμεωνίδη, Καθηγητή Ορθοπαιδικής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Στην ιερή μνήμη του Γιάννη Βαρδούλη, Διευθυντή Χειρουργικής Κλινικής Γενικού Νοσοκομείου Βόλου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Βαθειά είναι η ευγνωμοσύνη μου προς τον Καθηγητή της Ορθοπαιδικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Κωνσταντίνο Μαλίζο για την ανάθεση και εποπτεία της διατριβής αυτής καθώς και προς τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Θεόφιλο Καραχάλιο για τις εύστοχες υποδείξεις του, την καθοδήγηση που μου παρείχε και την πολύ σημαντική συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Αναπληρωτή Καθηγητή Βιομαθηματικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Ηλία Ζιντζαρά, καθώς και στον αδελφό μου Ηλία Αβραμίδα Λέκτορα Μεθοδολογίας Έρευνας του Τμήματος Ειδικής Αγωγής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη βοήθειά τους στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Ευχαριστώ επίσης τους Διευθυντές του Ορθοπαιδικού τμήματος του Γενικού Νοσοκομείου Λάρισας κυρίους Αθανάσιο Παπαθανασιάδη και Δημήτριο Σακοράφα για την εμπιστοσύνη που επέδειξαν σε μένα, καθώς μου επέτρεψαν να περιλάβω τους ασθενείς τους στο πρωτόκολλο της έρευνάς μου. Τέλος, ευχαριστίες οφείλω στο νονό μου Απόστολο Παπαποστόλου Καθηγητή Μαθηματικών, για τη βοήθειά του στην επεξεργασία των φωτογραφιών και για την τεχνογνωσία ηλεκτρονικών υπολογιστών που μου παρείχε.

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Γεννήθηκα στο Βόλο το έτος 1968. Αποφοίτησα από το 1ο Λύκειο Βόλου το έτος 1984, οπότε υπήρξα επιτυχής στις Πανελλήνιες εξετάσεις και εισήχθη στην Ιατρική Σχολή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Αποφοίτησα το έτος 1992 λαμβάνοντας βαθμό πτυχίου 8 (Λίαν Καλώς). Υπηρέτησα τη στρατιωτική μου θητεία ως Δόκιμος Έφεδρος Ανθυπολοχαγός από τον Ιανουάριο 1993 έως το Δεκέμβριο 1994. Υπηρέτησα ως Αγροτικός ιατρός από 13.03.95 έως 30.04.96 αρχικά για τρεις μήνες στο Κέντρο Υγείας Βελεστίνου και κατόπιν μετακινήθηκα στην Ορθοπαιδική Κλινική του Γενικού Νοσοκομείου Βόλου. Η εκπαίδευσή μου στην ειδικότητα της Ορθοπαιδικής έλαβε χώρα εξολοκλήρου στη Μεγάλη Βρετανία. Εργάστηκα ως Senior House Officer (Ειδικευόμενος ιατρός) από το Μάιο του 1996 έως τον Αύγουστο του 2000 στα Νοσοκομεία: Avon Orthopaedic Centre-Southmead Hospital του Bristol, Manor Hospital του Birmingham, και Norfolk & Norwich Hospital του Norfolk στα οποία και εκπαιδεύτηκα στην Ορθοπαιδική αλλά και από ένα εξάμηνο σε τρεις άλλες χειρουργικές ειδικότητες (Αγγειοχειρουργική, Πλαστική Χειρουργική και ΩΡΛ) ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Fellowship Χειρουργικής. Απέκτησα τον τίτλο FRCS στο Κολλέγιο Χειρουργών του Εδιμβούργου το 1999, αφού υπήρξα επιτυχής σε δύο εξεταστικές δοκιμασίες: Part-I (Βασικές Επιστήμες) τον Ιανουάριο του 1998 και Part-II (Κλινική Χειρουργική Επιστήμη) τον Οκτώβριο 1999. Εργάστηκα ως Specialist Registrar (Επιμελητής) Ορθοπαιδικής από τον Αύγουστο 2000 έως και τον Αύγουστο 2004 στα Νοσοκομεία: Salisbury District Hospital του Wiltshire, University Hospital Aintree του Liverpool, Macclesfield General Hospital, Royal Liverpool University Hospital και James Paget Hospital του Norfolk. Στο Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας εργάζομαι από το 2004 έως και σήμερα ως Επιμελητής της Ορθοπαιδικής Κλινικής. Από το Φεβρουάριο του 2009 έως και το Σεπτέμβριο 2009 μετεκπαιδεύτηκα στο τμήμα Σπονδυλικής Στήλης της Α' Πανεπιστημιακής Ορθοπαιδικής Κλινικής του Γενικού Νοσοκομείου «Γ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ» Θεσσαλονίκης κάτω από την επιστημονική εποπτεία του Καθηγητή κ. Αναστάσιου Γ. Χριστοδούλου.

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΙ ΤΙΤΛΟΙ

■ **FRCS (Ed):** Fellowship of the Royal College of Surgeons of Edinburgh, Οκτώβριος 1999.

■ **MSc in Orthopaedic Engineering:** University of Wales, Cardiff, Αύγουστος 2003.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

•Eldridge DJ, **Avramidis K**, Lee M, Learmonth I.D. Tantalum ball position after total hip arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery [Br]*, 1998; 80: 414-6.

•**Avramidis K**, Lewis J.C., Gallagher P. Reduction in the pain associated with open carpal tunnel decompression. *The Journal of Hand Surgery (British and European Volume)* 2000; 25 B: 2: 147-149.

•**Avramidis K.**, Beaumont A.R. The correlation between clinical, MRI and intra-operative findings in patients undergoing knee arthroscopy. *Salisbury Medical Bulletin (May 2002); Vol. 104: 54-62.*

•**Avramidis K.**, Strike PW, Taylor PN, Swain I.D. Effectiveness of Electrical Stimulation (E.S.) of the vastus medialis muscle in the rehabilitation of patients undergoing total knee arthroplasty. A prospective, randomised, clinical trial. Proceedings of the 1st International Conference of the Network for Rehabilitation using Functional Electrical Stimulation for therapy and function restoration, University of Strathclyde, Glasgow 2003, pp:38 –40.

•**Avramidis K.**, Strike PW, Taylor PN, Swain I.D. Effectiveness of Electrical Stimulation of the vastus medialis muscle in the rehabilitation of patients undergoing total knee arthroplasty. A prospective, randomised, clinical trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (December 2003); Vol. 84:12: 1850 – 1853.

•**Avramidis K**, Strike P, Taylor PN, Swain ID. Electrical Stimulation of the Vastus Medialis in the rehabilitation of patients undergoing total knee arthroplasty. Proceedings of the International Functional Electrical Stimulation Society Conference, Queensland, Australia, 1-5 July 2003; pp: 118–120.

•Sandhu R, **Avramidis K.**, Johnson-Nurse C. Dall-Miles cable and plate fixation system in the treatment of periprosthetic femoral fractures: a review of 20 cases. *Journal of Orthopaedic Surgery* 2005; 13(3): 259 – 266.

•**Avramidis K**, Karachalios T, Popotonasios K, Sacorafas D, Papathanasiades AA, Malizos KN. Does electric stimulation of the vastus medialis muscle influence rehabilitation after total knee replacement? *Orthopedics* March 2011; 34(3): 175-183.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο-1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σελ.10

Κεφάλαιο-2: ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΤΡΑΚΕΦΑΛΟΥ ΜΗΡΙΑΙΟΥ ΜΥΟΣ. Ο ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΣΩ ΠΛΑΤΕΩΣ ΜΥΟΣ.

α. Ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς. Σελ.12

β. Ανατομία του έσω πλατέος μυός. Ο ιδιαίτερος ρόλος του στη βάδιση και αποκατάσταση της λειτουργίας του γόνατος. Σελ.13

II. ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑΣ. Ο ΤΕΤΡΑΚΕΦΑΛΟΣ ΜΗΡΙΑΙΟΣ ΜΥΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕ ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑ ΓΟΝΑΤΟΣ.

α. Οστεοαρθρίτιδα (ΟΑ) γόνατος. Αιτιολογία – Επιπολασμός – Παθολογία. Σελ.16

β. Μυϊκή ισχύς τετρακέφαλου μηριαίου μυός στην οστεοαρθρίτιδα του γόνατος. Σχέση «αρθρογενούς» μυϊκής αδυναμίας και σωματικής αναπηρίας. Σελ.18

γ. Ιστολογικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά των αλλοιώσεων του τετρακέφαλου μηριαίου μυός ασθενών με ΟΑ γόνατος. Τύποι μυϊκών ινών. Σελ.20

δ. Ακτινολογική εκτίμηση ΟΑ γόνατος (Κριτήρια Kellgren – Lawrence). Σελ.23

III. ΟΛΙΚΗ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΓΟΝΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

α. Παράγοντες που καθορίζουν το αποτέλεσμα της αρthroπλαστικής του γόνατος. Σελ.27

β. Η επίδραση του μυοσκελετικού τραυματισμού ή μιας μείζονος ορθοπαιδικής επεμβάσεως στην μυϊκή μάζα και στον πρωτεϊνικό μεταβολισμό. Σελ.29

γ. Μυϊκή ισχύς τετρακέφαλου μετά από ολική αρthroπλαστική γόνατος. Σελ.30

δ. Συστήματα βαθμολόγησης της ολικής αρthroπλαστικής του γόνατος. Σελ.33

ε. Βελτίωση της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος και μείωση του ενεργειακού κόστους βάδισης, μετά από αρthroπλαστική γόνατος. Σελ.41

IV. ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΥΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

α. Στη φάση αποκατάστασης μετά από βλάβες του ΚΝΣ. Σελ.43

β. Στη φάση αποκατάστασης μετά από αρthroπλαστική γόνατος. Σελ.47

γ. Επίδραση ΗΜΔ στη σύσταση και στα χαρακτηριστικά της μυϊκής σύσπασης του τετρακέφαλου μηριαίου μυός. Σελ.48

δ. Επιπλοκές ΗΜΔ. Σελ.51

Κεφάλαιο-3: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. Ο ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ MS-2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Iα. Περιγραφή γενικών χαρακτηριστικών.	Σελ.54
Iβ. Τεχνικά χαρακτηριστικά.	Σελ.54
Iγ. Τύποι ηλεκτροδίων.	Σελ.57
Iδ. Σχήματα ηλεκτρικής διέγερσης (STIMULATION FORMATS).	Σελ.57

II. ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σελ.59

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σελ.71

IV. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σελ.82

V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σελ.90

Κεφάλαιο 4: ΣΥΝΟΨΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Σελ.91

Κεφάλαιο 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σελ.95

Κεφάλαιο-6: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Σελ.114

Κεφάλαιο-1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οστεοαρθρίτιδα (ΟΑ) του γόνατος είναι μία προοδευτική εκφυλιστική νόσος, που αφορά κυρίως τον αρθρικό χόνδρο και το υποκείμενο οστό. Συνοδεύεται από δευτερεύουσες αλλοιώσεις που περιλαμβάνουν φλεγμονή του αρθρικού υμένα, εκφύλιση του θυλάκου και των συνδέσμων της άρθρωσης και αδυναμία του τετρακεφάλου μηριαίου μυός^{29,103}. Ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς εμφανίζει ατροφία από τα αρχικά στάδια εξέλιξης της νόσου^{15,56,60,119,120} και ιστολογικές μελέτες κατέδειξαν ότι αυτή αφορά όλους τους τύπους μυϊκών του ινών⁴⁹. Ο βαθμός αδυναμίας του μυός είναι καθοριστικός παράγοντας ανικανότητας των ασθενών με ΟΑ γόνατος^{84,97}.

Η ολική αρthroπλαστική γόνατος είναι μια επιτυχής επέμβαση⁹⁰, που συχνά διενεργείται στις μέρες μας, κυρίως στα πλαίσια θεραπείας της ΟΑ^{20,63,67}. Ο αριθμός των εγχειρήσεων αυτών στις ΗΠΑ βαίνει διαρκώς αυξανόμενος και προβλέπεται να ανέλθει σε μισό εκατομμύριο το χρόνο το έτος 2030⁸⁷. Στην Ελλάδα, ο αντίστοιχος αριθμός παρουσίασε βαθμιαία αύξηση στη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας και υπολογίζεται ότι σήμερα διενεργούνται περίπου 8000 αρthroπλαστικές γόνατος το χρόνο. Παρόλη τη μείωση του πόνου και τη βελτίωση της λειτουργίας που ακολουθεί την επέμβαση, επιπλοκές όπως μυϊκή ατροφία και αδυναμία του τετρακεφάλου μυός, δεν διευθετούνται και παραμένουν ως πρόβλημα ακόμη και χρόνια μετά¹²¹. Στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο μάλιστα, η ατροφία του τετρακεφάλου επιδεινώνεται από τον αυξημένο πρωτεϊνικό καταβολισμό που ακολουθεί όλες τις μείζονες ορθοπαιδικές επεμβάσεις, με ανάπτυξη αρνητικού ισοζυγίου αζώτου^{22,46}. Στόχος των προγραμμάτων αποκατάστασης μετά από αρthroπλαστική γόνατος, είναι να επιτευχθεί ικανοποιητικό εύρος κίνησης της άρθρωσης, να βελτιωθεί η ισχύς των μυών του ισχίου και του γόνατος και να εξασφαλισθεί τελικά λειτουργική ανεξαρτησία του ασθενούς. Τα περισσότερα πρωτόκολλα φυσικοθεραπείας ξεκινούν με ενεργητικές υποβοηθούμενες κινήσεις του γόνατος που προοδευτικά συμπληρώνονται από ισοτονικές και ισομετρικές

ασκήσεις ενίσχυσης των μυών του ισχίου και του γόνατος, με ιδιαίτερη έμφαση στην ενδυνάμωση του έσω πλατέος μυός¹³.

Η ηλεκτρική μυϊκή διέγερση του τετρακέφαλου περιορίζει την ατροφία του μυός σε ασθενείς με ΟΑ γόνατος πριν υποβληθούν σε εγχείρηση αρθροπλαστικής⁴⁷, σε αθλητές μετά από εγχείρηση ανακατασκευής του προσθίου χιαστού συνδέσμου^{2,34} και σε ασθενείς που βρίσκονται στη φάση αποκατάστασης μετά από ολική αρθροπλαστική γόνατος^{82,83}. Η προσθήκη ηλεκτρικής διέγερσης στο πρωτόκολλο συμβατικής φυσικοθεραπείας μετά από αρθροπλαστική γόνατος βρέθηκε να βελτιώνει την ισχύ του τετρακεφάλου μηριαίου μυός^{70,82}, να μειώνει το έλλειμμα ενεργητικής έκτασης της άρθρωσης⁵¹, να περιορίζει τη διάρκεια μετεγχειρητικής νοσηλείας⁵¹ καθώς και να προκαλεί μια βελτίωση της ταχύτητας βαδίσσεως των ασθενών που διατηρούνταν βραχυπρόθεσμα και μετά τη διακοπή της ηλεκτροθεραπείας⁴.

Με την παρούσα μελέτη γίνεται προσπάθεια να καταδειχθεί η επίδραση της εφαρμογής της ηλεκτρικής διέγερσης του τετρακεφάλου μυός μετά από αρθροπλαστική γόνατος στην ταχύτητα βαδίσσεως, στο ενεργειακό κόστος βάδισης, στη λειτουργία του γόνατος, και στη γενικότερη ικανοποίηση των ασθενών που αντανάκλα τη βελτίωση της λειτουργικότητάς τους. Στόχος μας ήταν να καταδείξουμε όχι μόνο τα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα στη λειτουργική αποκατάσταση των ασθενών, αλλά και να εξετάσουμε την πιθανότητα αυτά να διατηρούνται ως «μεταφερόμενο» αποτέλεσμα ένα χρόνο μετά την εγχείρηση.

Κεφάλαιο-2: ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΤΡΑΚΕΦΑΛΟΥ ΜΗΡΙΑΙΟΥ ΜΥΟΣ. Ο ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΣΩ ΠΛΑΤΕΩΣ ΜΥΟΣ.

I(α). Ο Τετρακέφαλος μηριαίος μυς

Είναι ο μεγαλύτερος μυς του ανθρωπίνου σώματος και ο κύριος εκτείνων του γόνατος⁸⁵. Καλύπτει από εμπρός και από τα πλάγια το σώμα του μηριαίου οστού, από τις κεφαλές δε αυτού οι μεν τρεις ονομάζονται **Πλατείς μύες (Έσω, Μέσος και Έξω)** η δε τέταρτη **Ορθός μηριαίος μυς**¹⁴⁵.

(α) **Ο ορθός μηριαίος** βρίσκεται επιπολής και εκφύεται με δύο τένοντες τον ευθύ και τον ανεστραμμένο. Και ο μεν ευθύς τένοντας εκφύεται από την πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα ο δε ανεστραμμένος πάνω από την οφρύ της κοτύλης.

(β) **Ο έξω πλατύς** εκφύεται από το μείζονα τροχαντήρα και από το άνω ημιμόριο του έξω χείλους της τραχείας γραμμής. Καλύπτει την έξω επιφάνεια του μηριαίου οστού.

(γ) **Ο έσω πλατύς** εκφύεται από το έσω χείλος της τραχείας γραμμής και από τον τένοντα του μακρού προσαγωγού και καλύπτει την έσω επιφάνεια του σώματος του μηριαίου οστού. Το πρόσθιο - άνω όριό του είναι ελεύθερο και κείται επί του μέσου πλατέος μυός, πιο κάτω προσφύεται στην απονεύρωση του μέσου πλατέος και του τένοντα του ορθού μηριαίου, ενώ οι κατώτερες μυϊκές ίνες έχουν σχεδόν οριζόντια φορά και καταφύονται απευθείας στο έσω χείλος της επιγονατίδας. Οι οριζόντιες αυτές ίνες παίζουν στρατηγικής σημασίας ρόλο στην σταθερότητα της επιγονατίδας.

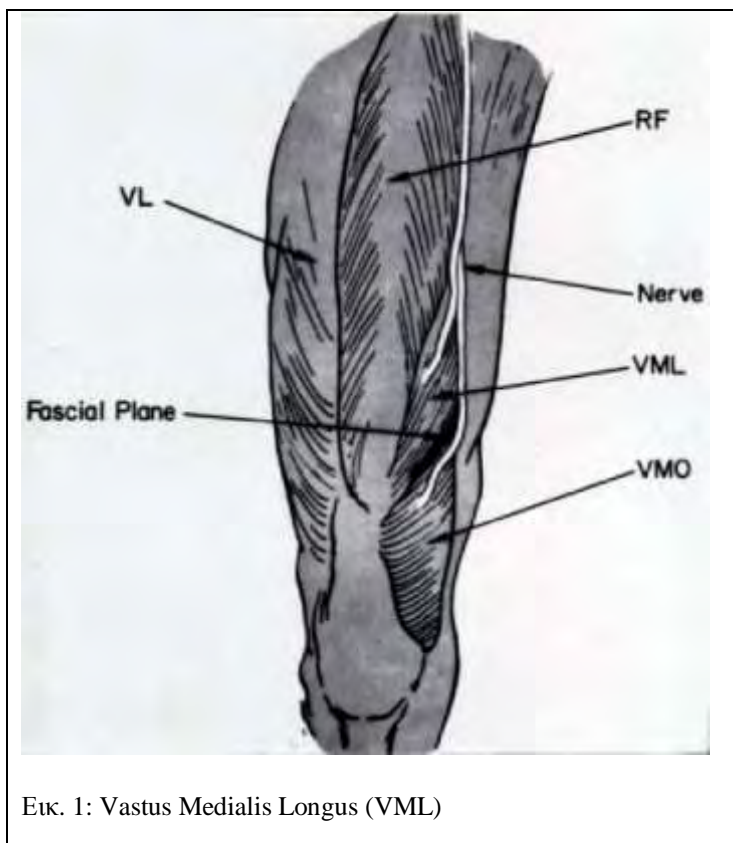
(δ) **Ο μέσος πλατύς** εκφύεται από τα τρία άνω τεταρτημόρια της πρόσθιας και της έξω επιφάνειας του σώματος του μηριαίου οστού, καθώς και από το κάτω ημιμόριο του έξω χείλους της τραχείας γραμμής.

Οι τέσσερις κεφαλές του μυός μεταβαίνουν προς τα κάτω σε τένοντες, οι οποίοι εν μέρει καταφύονται στη βάση και στα πλάγια χείλη της επιγονατίδας, εν μέρει δε μεταβαίνουν σε ισχυρότατο τένοντα, τον **επιγονατιδικό σύνδεσμο**, που καταφύεται στο κνημιαίο κύρτωμα.

Η ενέργεια του μυός είναι η έκταση του γόνατος και μαζί με τους μύες του γλουτού και της γαστροκνημίας συντελούν στην προώθηση κατά τη βάρδιση, το τρέξιμο και το άλμα. Η πρόσφυση του ορθού μηριαίου στην λεκάνη σταθεροποιεί την άρθρωση του ισχίου και συμβάλλει στην κάμψη του ισχίου υποβοηθώντας τον ψοίτη. Κάθε κεφαλή του τετρακεφάλου νευρώνεται από ξεχωριστό κλάδο του μηριαίου νεύρου (Ο3, Ο4).

Ι(β) Ανατομία του έσω πλατέος μυός. Ο ιδιαίτερος ρόλος του στη βάρδιση και αποκατάσταση της λειτουργίας του γόνατος.

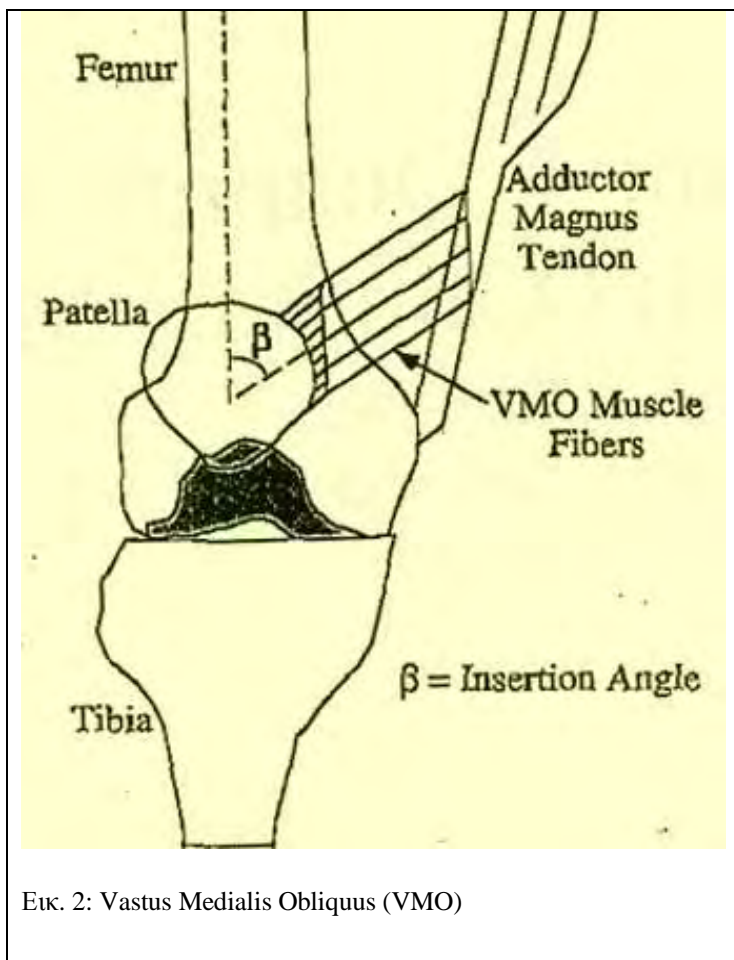
Και οι τέσσερις κεφαλές του τετρακεφάλου ενεργοποιούνται πρώιμα και συσπώνται καθ'όλο το εύρος κινήσεως του γόνατος¹²⁶. Οι Lieb & Perry το 1968 εισήγαγαν την ανατομική υποδιαίρεση του έσω πλατέος μυός σε δύο μοίρες: την **Επιμήκη (Vastus medialis longus - VML)** και την **Λοξή (Vastus medialis obliquus - VMO)**⁷².



Εικ. 1: Vastus Medialis Longus (VML)

Η επιμήκης μοίρα (VML) με μυϊκές ίνες που αποκλίνουν επί τα εντός κατά 15°-18° από τον ανατομικό άξονα του μηριαίου, καταφύεται στη βάση της επιγονατίδας και έχει ως αποκλειστική δράση την έκταση του γόνατος (Εικ. 1).

Η νεύρωση τόσο της επιμήκου όσο και της λοξής μοίρας γίνεται από κλάδους του μηριαίου νεύρου.



Η λοξή μοίρα (VMO) εκφύεται από τούς τένοντες του μακρού και μεγάλου προσαγωγού, καταφύεται δε στο έσω χείλος της επιγονατίδας με πιο οριζόντιες μυϊκές ίνες που αποκλίνουν επί τα εντός κατά 50°-55° από τον άξονα του μηριαίου¹². Κύρια δράση της είναι η διατήρηση της φυσιολογικής διαδρομής της επιγονατίδας καθ'όλο το εύρος κινήσεως του γόνατος, ενώ επικουρικά συμβάλλει και στην έκταση της κνήμης (Εικ. 2).

Η συγκράτηση της επιγονατίδας στην ανατομική της θέση πάνω στους μηριαίους κονδύλους κατά τη σύσπαση του τετρακεφάλου, συντελεί στη διατήρηση της επιφάνειας επαφής και στην ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων της επιγονατιδο-μηριαίας άρθρωσης, αποτελεί δε αποκλειστική λειτουργία του έσω πλατέος μυός⁵⁰. Εκτός όμως από την σταθεροποίηση της επιγονατίδας, η λοξή μοίρα του μυός παίζει σημαντικό ρόλο και στην επίτευξη πλήρους έκτασης του γόνατος. Οι μυϊκές της ίνες ατροφούν ταχέως σε περιπτώσεις φλεγμονής της άρθρωσης και υδράρθρου με συνέπεια η επιγονατίδα να υπεξαρθρώνεται επί τα εκτός όταν συσπάται ο τετρακέφαλος και να προκαλείται έτσι αίσθημα αστάθειας κατά τη βάδιση, ενώ συμβαίνει και απώλεια των τελευταίων 20° της έκτασης του γόνατος⁸⁵.

Οι Peeler και συν.¹⁰¹ θεωρούν ότι η υποδιαίρεση του έσω πλατέος μυός σε δύο μοίρες έχει καθαρά περιγραφικό χαρακτήρα και αφορά αποκλειστικά τον διαφορετικό προσανατολισμό των μυϊκών τους ινών, ενώ τα δομικά τους χαρακτηριστικά είναι ενιαία αφού νευρώνονται

από τους ίδιους κλάδους του μηριαίου νεύρου και περιβάλλονται από κοινή περιτονία. Είναι επόμενο λοιπόν να συμπεριφέρονται λειτουργικά ως ενιαία μονάδα και προτείνουν ότι ως τέτοια θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ο έσω πλατύς μυς στα εφαρμοζόμενα πρωτόκολλα φυσικοθεραπείας.

II. ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑΣ. Ο ΤΕΤΡΑΚΕΦΑΛΟΣ ΜΗΡΙΑΙΟΣ ΜΥΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕ ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑ ΓΟΝΑΤΟΣ.

IIα. Οστεοαρθρίτιδα γόνατος: Αιτιολογία – Επιπολασμός - Παθολογία

Η Οστεοαρθρίτιδα (OA) που αναφέρεται και ως εκφυλιστική νόσος των αρθρώσεων, εκφυλιστική αρθρίτιδα, οστεοάρθρωση ή υπερτροφική αρθρίτιδα είναι η πλέον συνήθης πάθηση των αρθρώσεων. Η αιτιολογία της OA στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι άγνωστη, γι' αυτό και η κατάσταση αποκαλείται «Ιδιοπαθής» ή «Πρωτοπαθής» OA. Οι γενετικοί παράγοντες σαφώς παίζουν ρόλο στην ανάπτυξη της νόσου, ενώ έχει διαπιστωθεί ότι αδέλφια ασθενών με αρθροπλαστική ισχίου ή γόνατος παρουσιάζουν υψηλότερο κίνδυνο ανάπτυξης OA. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζουν πέντε φορές υψηλότερο κίνδυνο ανάπτυξης OA ισχίου και τρεις φορές υψηλότερο κίνδυνο ανάπτυξης OA γόνατος³⁰. Σπανιότερα OA αναπτύσσεται σαν αποτέλεσμα τραυματισμού ή φλεγμονής της άρθρωσης, ή από μία ποικιλία κληρονομικών, αναπτυξιακών, μεταβολικών και νευρολογικών διαταραχών οπότε και αποκαλείται «Δευτεροπαθής» OA⁸¹.

Το γόνατο είναι η πλέον συνήθης μεγάλη άρθρωση που προσβάλλεται από OA, ενώ το ισχίο ακολουθεί. Η OA αυτών των δύο αρθρώσεων προσβάλλει περίπου το 10-25% των ατόμων ηλικίας άνω των 65 ετών. Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ο ακριβής επιπολασμός της OA στην κοινότητα, καθώς τα αποτελέσματα εξαρτώνται από το εάν η διάγνωση βασίζεται στα ακτινολογικά ευρήματα ή στα κλινικά συμπτώματα και σημεία. Η μελέτη Framingham³⁶ για παράδειγμα διαπίστωσε ότι αρθρίτιδα του γόνατος παρατηρήθηκε ακτινολογικά στο 33% των ατόμων άνω των 63 ετών, ενώ αρθρίτιδα με συμπτώματα παρατηρήθηκε στο 9.5% περίπου. Σε ηλικία μικρότερη των 50 ετών η OA είναι συχνότερη στους άνδρες αλλά μετά τα 50 έτη καθίσταται συχνότερη στις γυναίκες, με τη διαφορά αυτή μεταξύ των φύλων να αυξάνει με την πάροδο της ηλικίας.

Η ΟΑ είναι μια δυναμική κατάσταση κατά την οποία η βλάβη των αρθρικών επιφανειών εξισορροπείται από μία διαδικασία επιδιόρθωσης. Με την πάροδο του χρόνου η βλάβη αυξάνει και η επιδιόρθωση ανεπαρκεί να την εξισορροπήσει με αποτέλεσμα μόνιμες παθολογικές μεταβολές της άρθρωσης. Η αρχική αλλοίωση συνίσταται σε λύση του χόνδρου σε εντοπισμένες περιοχές. Αυτό οδηγεί σε μεταβολές της θεμέλιας ουσίας με αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεογλυκανών, και της περιεκτικότητας σε νερό. Παρατηρείται σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε κολλαγόνο και άρα της ελαστικής αντοχής (Tensile stiffness) του χόνδρου με συνέπεια την μείωση της ικανότητας απορρόφησης των φορτίων και την επακόλουθη καταστροφή του⁸¹. Σε αυτή τη φάση η διαδικασία επιδιόρθωσης αναλαμβάνει με σχηματισμό ινοχόνδρινου ιστού, σε μια απόπειρα ανακατασκευής της αρθρικής επιφάνειας. Στα ινοχόνδρινα όρια των αρθρώσεων αναπτύσσονται χονδροκύτταρα και οστεόφυτα τα οποία δυνητικά αυξάνουν τη διαθέσιμη επιφάνεια της άρθρωσης και συμβάλουν στην σταθερότητά της. Ταυτόχρονα συμβαίνουν μεταβολές στο πέριξ οστού που περιλαμβάνουν ανάπτυξη σκληρυντικών περιοχών και οστικών κύστεων. Οι σκληρυντικές περιοχές προέρχονται από την παραγωγή νέου οστού σε μια απόπειρα ενίσχυσης του υπάρχοντος σπογγώδους οστού, ενώ οι κύστεις οφείλονται σε αυξημένη ενδαρθρική πίεση σε περιοχές όπου λείπει ο αρθρικός χόνδρος. Προϊόντα αποδόμησης οστού και χόνδρου περιλαμβανομένων και κρυστάλλων απατίτη εναποτίθενται στην άρθρωση και μπορεί να οδηγήσουν σε αντίδραση φλεγμονώδους τύπου. Η τελευταία συνίσταται σε περιοχική υμενίτιδα και τελικά μπορεί να οδηγήσει σε εξίδρωμα εντός της άρθρωσης. Μακροπρόθεσμα προκαλείται διάταση και πάχυνση του αρθρικού θυλάκου²⁹. Εκφύλιση υφίστανται επίσης οι αρθρικοί σύνδεσμοι⁸², οι περιβάλλοντες μύες^{15,49,82} οι αισθητικοί υποδοχείς και μηχανοϋποδοχείς της άρθρωσης⁵⁶.

Η έρευνα στην ΟΑ του γόνατος εστιάστηκε κυρίως στις παθολογικές μεταβολές του αρθρικού χόνδρου και υποχονδρίου οστού, που είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κριτήρια ταξινόμησης της νόσου. Δυστυχώς με αυτό τον τρόπο, μικρό ερευνητικό ενδιαφέρον

αποδόθηκε αρχικά στις παθολογικές αλλοιώσεις της δομής και λειτουργίας των μυών που βρίσκονται γύρω από το γόνατο¹⁴. Την τελευταία δεκαετία όμως, έχει αυξηθεί η ερευνητική δραστηριότητα γύρω από το μυϊκό σύστημα του οστεοαρθρικού γόνατος. Έχει καταδειχθεί, ότι αδυναμία του τετρακέφαλου μυός υπάρχει από τα αρχικά στάδια της νόσου και μαζί με τον πόνο είναι από τα πρώτα συμπτώματα που αναφέρουν οι ασθενείς. Η αδυναμία του τετρακέφαλου μυός των ασθενών με ΟΑ γόνατος είναι σημαντική τόσο κατά την ισομετρική όσο και κατά την ισοτονική μυϊκή συστολή⁵⁶.

Πβ. Μυϊκή ισχύς τετρακέφαλου μηριαίου μυός στην οστεοαρθρίτιδα του γόνατος. Σχέση αρθρογενούς μυϊκής αδυναμίας και σωματικής αναπηρίας.

Η ελαττωμένη μυϊκή ισχύς του τετρακεφάλου σε οστεοαρθρικά γόνατα είχε αρχικά αποδοθεί σε ατροφία αχρησίας δευτεροπαθώς στον πόνο που συνοδεύει την αρθρική καταστροφή. Αδυναμία τετρακεφάλου όμως, μπορεί να υπάρχει και σε ασθενείς με ΟΑ γόνατος που δεν συνοδεύεται από ιδιαίτερο πόνο ή μυϊκή ατροφία, κάτι που παραπέμπει στην πιθανότητα να αποτελεί συνέπεια μυϊκής δυσλειτουργίας. Επιπλέον, οι καμπήρες μύες του οστεοαρθρικού γόνατος δεν εμφανίζουν παρόμοια ελάττωση της μυϊκής τους ισχύος, όπως θα ήταν αναμενόμενο σε περίπτωση αχρησίας της άρθρωσης που συνοδεύεται από γενικευμένη μυϊκή ατροφία¹¹⁹. Η μυϊκή αδυναμία του τετρακεφάλου έχει αποδοθεί στο φαινόμενο της «αρθρογενούς μυϊκής καταστολής» (*Arthrogenous muscle inhibition*), μιας κατάστασης αδυναμίας πλήρους ενεργοποίησης του μυός κατά τη διάρκεια της μεγίστης εκούσιας μυϊκής συσπάσεως. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται πιθανώς σε βλάβη των μηχανοϋποδοχέων της άρθρωσης που αποστέλλουν ανώμαλα κεντρομόλα ερεθίσματα με επακόλουθη μείωση της διέγερσης των κινητικών νευρώνων που τροφοδοτούν τον τετρακέφαλο μυ^{56,59,119} και συνήθως παρατηρείται σε περιπτώσεις τραυματισμού, φλεγμονής ή εκφύλισης του γόνατος¹²³.

Έχει παρατηρηθεί ότι σε οστεοαρθρικά γόνατα υπάρχει έλλειμμα της ιδιοδεκτικής λειτουργίας του τετρακεφάλου μυός λόγω καταστροφής των μυϊκών ατράκτων, με αποτέλεσμα διαταραχή του φυσιολογικού μοντέλου βάδισης. Η βάδιση γίνεται με μεγάλη δύναμη πρόσκρουσης του κάτω άκρου επί του εδάφους και παρορμητική φόρτιση, κάτι που προκαλεί μικροτραυματισμούς του αρθρικού χόνδρου και υποχονδρίου οστού του γόνατος^{59,103}. Υπάρχει, επομένως, έμμεση απόδειξη ότι η αδυναμία του τετρακεφάλου προηγείται της αρθρικής βλάβης και συμβάλει στην παθογένεση και προοδευτική εξέλιξη της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος^{56,57,60,97,119,120}. Έχει επίσης καταδειχθεί ότι ο κίνδυνος εμφάνισης ΟΑ γόνατος αυξάνει ανάλογα με τον δείκτη H/Q, ο οποίος εκφράζει τον λόγο των επιφανειών διατομής των οπισθίων μηριαίων μυών και του τετρακεφάλου μυός και είναι αυξημένος σε γυναίκες μετά την έκτη δεκαετία της ζωής⁶⁰. Η αδυναμία του τετρακεφάλου μυός και ο πόνος καθορίζουν το βαθμό αναπηρίας των ασθενών με ΟΑ γόνατος^{97,119} και πιθανώς να είναι πιο σημαντικοί προγνωστικοί παράγοντες εξέλιξης της νόσου από την ακτινολογική απεικόνιση της βαρύτητάς της^{84,120}. Η αδυναμία του τετρακεφάλου μυός είναι ακόμη προγνωστικός παράγοντας του ρυθμού έκπτωσης της φυσικής κατάστασης και λειτουργίας των ασθενών με ΟΑ γόνατος στη διάρκεια του χρόνου⁸⁶.

Με βάση τα παραπάνω οι Hurley και συν.⁵⁶ προτείνουν την εφαρμογή προγραμμάτων φυσικής αποκατάστασης που στοχεύουν στην βελτίωση της μυϊκής ισχύος και λειτουργικής απόδοσης του τετρακεφάλου μυός, σε μια προσπάθεια καθυστέρησης ή/και περιορισμού της εξέλιξης της ΟΑ του γόνατος. Οι Fitzgerald και συν.³⁹ επισημαίνουν ότι τα προγράμματα φυσικής αποκατάστασης των ασθενών με σοβαρού βαθμού ΟΑ γόνατος και ατροφία τετρακεφάλου πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες ανάγκες του καθενός ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι σημαντικής αδυναμίας πλήρους ενεργοποίησης του μυός (QAF = Quadriceps Activation Failure). Αναλυτικότερα, όσοι έχουν χαμηλές τιμές QAF χρειάζονται μόνο συμβατική φυσικοθεραπεία ενώ όσοι εμφανίζουν υψηλές τιμές QAF χρειάζονται επιπλέον και ειδικές παρεμβάσεις αποκατάστασης όπως νευρομυϊκή ηλεκτρική

διέγερση τετρακεφάλου ή ηλεκτρομυογραφική βιοανατροφοδότηση (*electromyographic biofeedback*), με τις οποίες επιδιώκεται βελτίωση της ενεργοποίησης του μυός.

Πγ. Ιστολογικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά των αλλοιώσεων του τετρακεφάλου μηριαίου μυός ασθενών με ΟΑ γόνατος. Τύποι μυϊκών ινών.

Οι Glasberg και συν.⁴⁹, μελέτησαν τα ιστοχημικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά 12 βιοψιών τετρακεφάλου από 11 ασθενείς που υπεβλήθησαν σε ολική αρθροπλαστική γόνατος για σοβαρή οστεοαρθρίτιδα. Οι πιο χρήσιμες ιστοχημικές τεχνικές που επιτρέπουν διάκριση του τύπου των μυϊκών ινών είναι (α) αυτές που βασίζονται στην ιδιότητα της μυοσίνης να υδρολύει ATP και (β) αυτές που βασίζονται σε ένζυμα και υποστρώματα διαφορετικών μεταβολικών διεργασιών των μυϊκών ινών. Το ένζυμο που υδρολύει ATP αναφέρεται ως ATPάση της ακτομυοσίνης (*Actomyocin ATPase*) ή πιο συχνά ATPάση της μυοσίνης (*Myosin ATPase*)⁴⁴.

Οι **τύπου-I** ή βραδείες-οξειδωτικές μυϊκές ίνες, χαρακτηρίζονται ιστοχημικά από ελαφριά αντίδραση στην χρώση με ATPάση της μυοσίνης σε αλκαλικές συνθήκες, και μια έντονη αντίδραση στα ένζυμα και το υπόστρωμα των οξειδωτικών μεταβολικών οδών. Από φυσιολογικής απόψεως οι ίνες αυτές έχουν βραδύτερους χρόνους συσπάσεως και χαλάσεως συγκριτικά με όλες τις άλλες μυϊκές ίνες. Η ταχύτητα συσπάσεως ενός μυός (γρήγορος ή αργός μυς) καθορίζει το ρυθμό αύξησης της απόδοσης μυϊκής δύναμης κατά τη διάρκεια εφαρμογής ηλεκτρικής διέγερσης, ενώ η ταχύτητα χαλάρωσης του μυός καθορίζει το ρυθμό μείωσης της απόδοσης μυϊκής δύναμης μετά το πέρας εφαρμογής της ηλεκτρικής διέγερσης. Οι κινητικές μονάδες τύπου-I (όσες περιέχουν μυϊκές ίνες τύπου-I), είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στον κάματο. Από δομικής απόψεως οι ίνες αυτές είναι πλούσιες σε μιτοχόνδρια και τριχοειδή αιμοφόρα αγγεία.

Οι τύπου-II κινητικές μονάδες μπορούν να υποδιαιρεθούν σε πολλές υπο-ομάδες, περιγράφονται όμως δύο κυρίως τύποι οι Π_A και Π_B .

Οι **τύπου Π_B** ή ταχείες γλυκολυτικές κινητικές μονάδες εμφανίζουν την γρηγορότερη ταχύτητα συσπάσεως και είναι οι λιγότερο ανθεκτικές σε μυϊκό κάματο. Οι ίνες αυτές όπως θα ήταν αναμενόμενο από τα φυσιολογικά τους χαρακτηριστικά, έχουν καλά ανεπτυγμένη γλυκολυτική μεταβολική δραστηριότητα και λιγότερο καλά ανεπτυγμένο οξειδωτικό σύστημα. Η κινητική μονάδα τύπου- Π_B διαθέτει την μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα μυϊκών ινών, οι τελευταίες δε εμφανίζουν το μέγιστο μέγεθος άξονα και κυτταρικού σώματος.

Ενδιάμεσως των τύπων **-I** και **- Π_B** βρίσκονται τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των κινητικών μονάδων **τύπου- Π_A** ή ταχέων οξειδωτικών-γλυκολυτικών κινητικών μονάδων. Η ταχύτητα συσπάσεώς τους είναι γρηγορότερη από αυτή των τύπου-I αλλά βραδύτερη από την αντίστοιχη των τύπου- Π_B . Κατ'αναλογία, και η αντίσταση που εμφανίζουν στον κάματο βρίσκεται ενδιάμεσα αυτής των κινητικών μονάδων τύπου -I και Π_B . Στις κινητικές μονάδες τύπου Π_A τόσο οι οξειδωτικοί όσο και οι γλυκολυτικοί μεταβολικοί μηχανισμοί είναι καλά ανεπτυγμένοι. Το μέγεθος των αξόνων και η πυκνότητα των μυϊκών ινών ανά κινητική μονάδα τύπου Π_A επίσης κατατάσσονται ενδιάμεσα των αντιστοίχων μεγεθών των κινητικών μονάδων τύπου I και Π_B . Τα βασικά χαρακτηριστικά των ανθρωπίνων σκελετικών μυϊκών ινών συνοψίζονται στο Παράρτημα-1.

Οι διαφορές των φυσιολογικών, ιστοχημικών, και βιοχημικών ιδιοτήτων είναι μικρότερες όταν συγκρίνονται οι μυϊκές ίνες τύπου Π_A και Π_B μεταξύ τους, και μεγαλύτερες όταν συγκρίνονται οι ίνες τύπου Π_A ή Π_B με τις τύπου-I. Από βιοχημικής άποψης οι δομικές πρωτεΐνες του σαρκομερίου είναι επίσης διακριτές. Η μυοσίνη, τροπομυοσίνη και τροποσύννη έχουν διαφορετικά δομικά ισομερή σε διαφορετικούς τύπους μυϊκών ινών. Πρόσφατες έρευνες κατέδειξαν μεγαλύτερη ετερογένεια των δομικών πρωτεϊνών από την αναμενόμενη.

Οι κινητικές μονάδες και τύποι των μυϊκών ινών ενεργοποιούνται από το ΚΝΣ με συγκεκριμένη σειρά βασισμένη στο μέγεθός τους. Οι μικρότερες κινητικές μονάδες,

αποτελούμενες από μυϊκές ίνες τύπου-I επιστρατεύονται πρώτες, ενώ οι μεγαλύτερες κινητικές μονάδες αποτελούμενες από ίνες τύπου II_B ενεργοποιούνται σε πολύ έντονη άσκηση. Τέλος οι κινητικές μονάδες που περιέχουν ίνες II_A είναι ενδιάμεσες σε μέγεθος και σειρά ενεργοποίησης.

Οι περισσότεροι μύες του ανθρώπινου σώματος συμπεριλαμβανομένου του τετρακεφάλου απαρτίζονται από ένα μίγμα μυϊκών ινών όλων των παραπάνω τύπων, ενώ κάποιοι μύες ζώων περιέχουν ένα και μόνο τύπο μυϊκής ίνας. Οι τονικοί ή στατικοί μύες όπως ο υποκνημίδιος βρίσκονται συνήθως πλησιέστερα στο σκελετό και περιέχουν συνήθως μεγαλύτερη αναλογία ινών τύπου-I, ενώ οι φασικοί μύες όπως ο δικέφαλος βραχιόνιος, η μακρά και η έξω κεφαλή του τρικεφάλου και ο έξω πλατύς μυς είναι γρήγορης σύσπασης, βρίσκονται πιο επιφανειακά και περιέχουν συνήθως ένα υψηλότερο ποσοστό ινών τύπου-II³³. Υπάρχουν πάντως μεγάλες ατομικές διαφορές στην κατανομή του τύπου των μυϊκών ινών και βιοψίες του έξω πλατέος μυός διαφορετικών ασθενών καταδεικνύουν υπεροχή είτε των τύπου-I είτε των τύπου-II μυϊκών ινών.

Στη μελέτη των Glasberg και συν.⁴⁹, και οι 12 βιοψίες τετρακεφάλου μηριαίου μυός ασθενών με σοβαρή οστεοαρθρίτιδα του γόνατος κατέδειξαν ατροφία απονεύρωσης, ενώ 5 από αυτές τις περιπτώσεις εμφάνιζαν σημαντικές μυοπαθητικές αλλοιώσεις που συνίσταντο σε εκφυλισμό ή αναγέννηση μυϊκών ινών με διήθηση φλεγμονωδών κυττάρων και παρουσία κατεστραμμένων (ανώμαλης μορφής) ερυθρών μυϊκών ινών. Από τις μορφομετρικές μελέτες προέκυψε θετικός παράγοντας ατροφίας των μυϊκών ινών τύπου-I σε 7 περιπτώσεις, των II_A μυϊκών ινών σε 9 περιπτώσεις και των II_B ινών σε όλες τις 12 περιπτώσεις. Υπεροχή των τύπου -I μυϊκών ινών εντοπίστηκε σε 6 περιπτώσεις, έλλειψη II_A ινών σε 2 περιπτώσεις και έλλειψη των II_B σε άλλες 2. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης καταδεικνύουν ότι ασθενείς με σοβαρή ΟΑ γόνατος που είναι υποψήφιοι για αρθροπλαστική, εμφανίζουν σε βιοψία του τετρακεφάλου σημαντικές νευροπαθητικές και μυοπαθητικές αλλοιώσεις και όχι απλώς

εκλεκτική ατροφία των μυϊκών ινών τύπου-II ως συνέπεια μειωμένης χρήσης του μυός όπως είχε υποστηριχθεί σε παλαιότερες μελέτες¹¹⁸. Οι παραπάνω αλλοιώσεις δεν θα μπορούσε να οφείλονται μόνο στο προχωρημένο της ηλικίας αυτών των ασθενών καθώς δομικές αλλαγές των μυών των άκρων είναι ελάχιστες πριν την ηλικία των 70 ετών, αλλά και μετά από αυτή μόνο αλλοιώσεις μικρού αριθμού μυϊκών ινών παρατηρούνται. Μια αδυναμία της μελέτης αυτής, είναι ότι η αιτιολογία της ατροφίας απονεύρωσης δεν θα μπορούσε να αποδοθεί με πλήρη βεβαιότητα στην οστεοαρθρίτιδα του γόνατος, καθώς οι ασθενείς που συμμετείχαν πιθανόν να έπασχαν από οσφυϊκή σπονδύλωση με αμφοτερόπλευρη ριζίτιδα των Ο₄ νευρικών ριζών υπεύθυνη για τις νευροπαθητικές αλλοιώσεις του τετρακεφάλου μυός. Αυτή η τελευταία πιθανότητα δεν θα μπορούσε να αποκλεισθεί από τη στιγμή που στους ασθενείς δεν είχε διενεργηθεί πριν την αρθροπλαστική του γόνατος πλήρης νευρολογική εξέταση, ΗΜΓ και μελέτες νευρικής αγωγιμότητας. Οι μυοπαθητικές αλλοιώσεις που ανιχνεύθηκαν θα μπορούσαν με ασφάλεια να αποδοθούν στην ΟΑ του γόνατος και η χρησιμότητα της μελέτης τελικά συνίσταται κυρίως στον εντοπισμό της προσβολής όλων των τριών τύπων μυϊκών ινών.

Πδ. Ακτινολογική εκτίμηση ΟΑ γόνατος (Κριτήρια Kellgren – Lawrence)

Τα ακτινολογικά χαρακτηριστικά της οστεοαρθρίτιδας είναι τα παρακάτω:

- (1) Ο σχηματισμός οστεοφύτων στα όρια της άρθρωσης ή στην περίπτωση του γόνατος στις κνημιαίες άκανθες.
- (2) Περιορθρικά οστάρια. Αυτά συνήθως εντοπίζονται στις εγγύς και άπω φαλαγγο-φαλαγγικές αρθρώσεις
- (3) Στένωση του μεσαρθρίου διαστήματος σε συνδυασμό με σκλήρυνση του υποχόνδριου οστού
- (4) Μικρές ψευδοκυστικές περιοχές με σκληρυντικά τοιχώματα που κυρίως εντοπίζονται στο υποχόνδριο οστού

(5) Αλλοίωση του σχήματος του οστικού άκρου που συντάσσεται στην άρθρωση, φαινόμενο που παρατηρείται ιδιαίτερα στην κεφαλή του μηριαίου.

Οι Kellgren και Lawrence⁶⁶, ταξινόμησαν την οστεοαρθρίτιδα σε πέντε κατηγορίες με βάση τις ακτινολογικές αλλοιώσεις:

Κατηγορία-0: Καμία

Κατηγορία-1: Αμφίβολες

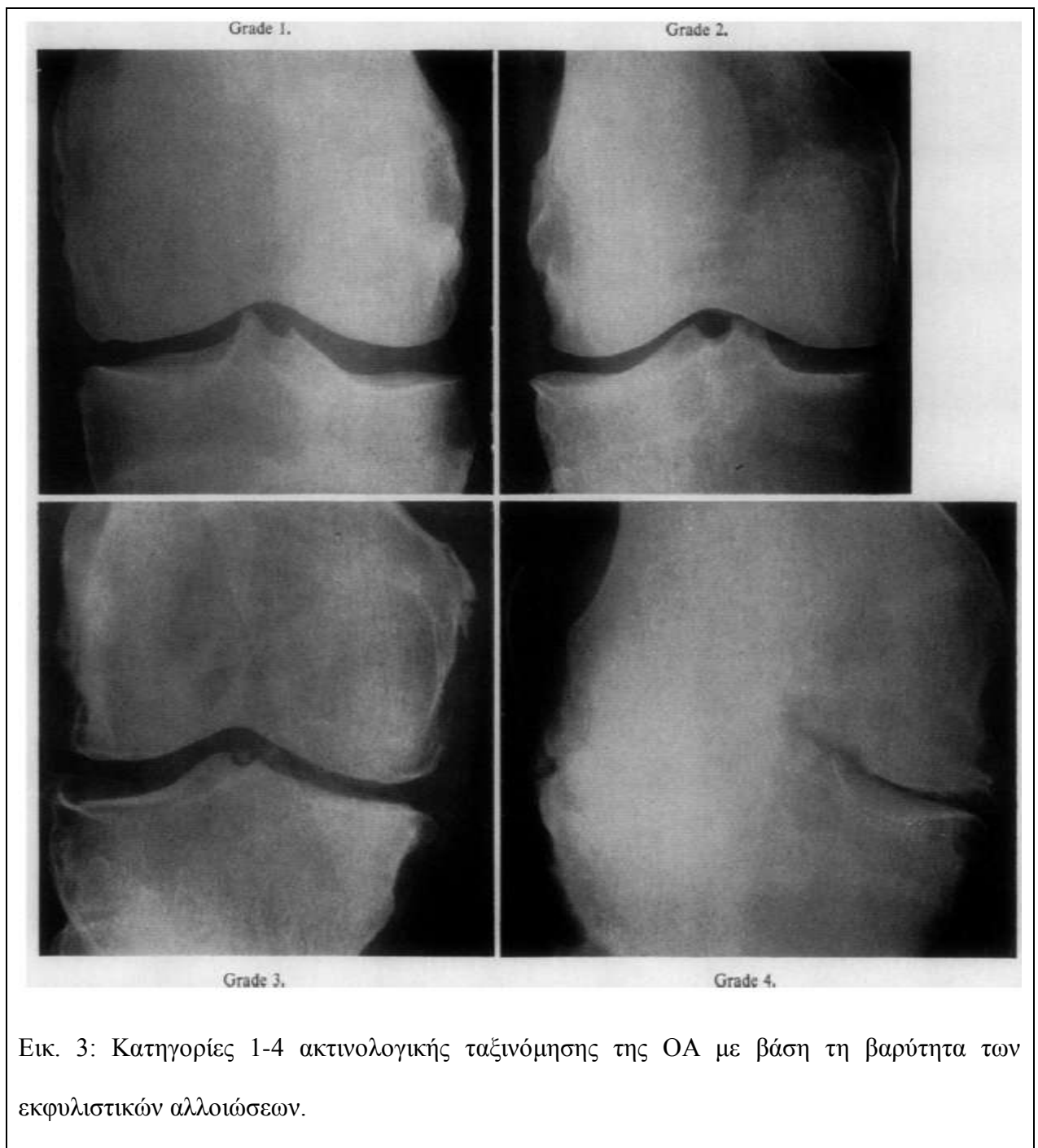
Κατηγορία-2: Ελάχιστες

Κατηγορία-3: Μέτριες

Κατηγορία-4: Σοβαρές

Η κατηγορία-0 υποδηλώνει σαφή απουσία οστεοαρθριτικών ακτινολογικών αλλοιώσεων, ενώ στην κατηγορία-1 υπάρχει μόλις υποφαινόμενη και αμφιβόλου σημασίας μείωση του μεσαρθρίου διαστήματος και σχηματισμός υποτυπωδών οστεοφύτων. Στην κατηγορία-2 παρατηρείται σαφής ύπαρξη ΟΑ μικρής όμως βαρύτητας, με στένωση του έσω μεσαρθρίου διαστήματος συνήθως και με σαφή εικόνα επιχειλίων οστεοφύτων. Η κατηγορία-3 αναφέρεται σε ένα γόνατο με μεγάλη στένωση μεσαρθρίου διαστήματος ενός ή και δύο διαμερισμάτων, με παρουσία ευμεγεθών οστεοφύτων και σκλήρυνση του υποχονδρίου οστού, ενώ στην κατηγορία-4 και τα τρία διαμερίσματα του γόνατος συμμετέχουν και εκτός από σκλήρυνση εντοπίζονται και κύστεις στο υποχόνδριο οστού καθώς και παραμόρφωση του σχήματος των συντασσομένων στην άρθρωση οστών (Εικ. 3).

Στην περίπτωση που τα δύο γόνατα ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες ακτινολογικής εικόνας εκείνο που εμφανίζει τις σοβαρότερες αλλοιώσεις λαμβάνεται υπόψη για τον χαρακτηρισμό της βαρύτητας της νόσου. Η βαθμολόγηση της ακτινολογικής βαρύτητας της ΟΑ βασίζεται σε μία και μόνη λήψη για κάθε άρθρωση πχ για τα γόνατα αυτή είναι η προσθοπίσθια ακτινογραφία ενώ για την ΟΜΣΣ η προφίλ (πλάγια) λήψη.



Εικ. 3: Κατηγορίες 1-4 ακτινολογικής ταξινόμησης της ΟΑ με βάση τη βαρύτητα των εκφυλιστικών αλλοιώσεων.

Οι Kellgren και Lawrence⁶⁶ προχώρησαν και σε συγκριτικούς ελέγχους τόσο μεταξύ ανεξάρτητων παρατηρητών όσο και για διαφορετικές χρονικά βαθμολογήσεις προερχόμενες από τον ίδιο παρατηρητή για διάφορες αρθρώσεις που μπορεί να εμφανίζουν εκφυλιστικές αλλοιώσεις. Έτσι στα γόνατα, ο συντελεστής συσχετισμού των βαθμολογιών που απέδωσαν δύο ανεξάρτητοι παρατηρητές στην ακτινολογική βαρύτητα της ΟΑ (Inter-Observer correlation coefficient, $k = 0.83$) ήταν υψηλότερος από τον αντίστοιχο για οποιαδήποτε άλλη άρθρωση, κάτι που αντανακλά τον υψηλό βαθμό συμφωνίας μεταξύ των ακτινολόγων ως προς

την ταξινόμηση της κατάστασης. Επίσης ο συντελεστής συσχετισμού των βαθμολογιών που έδωσε ο ίδιος παρατηρητής σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ταξινομώντας την ΟΑ γόνατος ήταν πολύ υψηλή ($r = 0.83$). Έτσι η άρθρωση του γόνατος ταξινομήθηκε μόλις δεύτερη βαθμολογικά με βάση το συντελεστή συσχετισμού για τον ίδιο παρατηρητή (Intra-Observer correlation coefficient) μετά τις μετακαρποφαλαγγικές αρθρώσεις που προηγούνται με $r=0.88$.

Μετεγχειρητικά η ακτινολογική εκτίμηση της ολικής αρθροπλαστικής του γόνατος γίνεται από τους περισσότερους ερευνητές σύμφωνα με το σύστημα της Αμερικανικής Εταιρείας Γόνατος (American Knee Society System)³⁵, σε μια προσπάθεια ενίσχυσης της ομοιομορφίας καταγραφής των αποτελεσμάτων ώστε να είναι αυτά συγκρίσιμα μεταξύ τους. Αξιολογείται η ύπαρξη και το εύρος (σε mm) ακτινοδιαγώνων γραμμών, σε κάθε μία από τις 7 ζώνες περιγραφής της μορφολογίας της μηριαίας και κνημιαίας προθέσεως και σε κάθε μια από τις 3-5 ζώνες περιγραφής της μορφολογίας της επιγονατιδικής προθέσεως. Με βάση αυτή τη βαθμολογία γίνεται εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την ύπαρξη χαλάρωσης της προθέσεως και την ανάγκη αναθεώρησής της.

III. ΟΛΙΚΗ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΓΟΝΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

IIIα. Παράγοντες που καθορίζουν το αποτέλεσμα της αρthroπλαστικής του γόνατος.

Η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος είναι σύνηθες αίτιο σοβαρού πόνου και λειτουργικών περιορισμών που προσβάλλει περίπου το 6% του ενήλικου πληθυσμού, ενώ η συχνότητα εμφάνισης της νόσου αυξάνει δραματικά μετά την ηλικία των 55 ετών. Το 1/3 των ανθρώπων ηλικίας 63-94 ετών εμφανίζει ακτινολογικά ευρήματα οστεοαρθρίτιδας του γόνατος και 40% από αυτούς εμφανίζουν πόνο³⁶. Η ολική αρthroπλαστική αποτελεί τη χρυσή σταθερά αντιμετώπισης της συμπτωματικής οστεοαρθρίτιδας του γόνατος σε ηλικιωμένους ασθενείς^{20,90}, και έχει προβλέψιμα καλά αποτελέσματα ακόμη και σε νεότερους ασθενείς²⁸. Οι Ranawat και συν¹⁰⁶ αναφέρουν 14ετή βιωσιμότητα της αρthroπλαστικής γόνατος με τσιμέντο της τάξεως του 95% ενώ οι Font-Rodriguez και συν⁴⁰ σε μια ανασκόπηση 2000 προθέσεων που παρακολουθήθηκαν για 14 έτη διαπιστώνουν ποσοστό επιβίωσης των προθέσεων 98%.

Οι Lingard και συν⁷⁴, προσπάθησαν να καθορίσουν προγνωστικούς παράγοντες του κλινικού αποτελέσματος της αρthroπλαστικής γόνατος. Παρακολούθησαν 860 ασθενείς και κατέγραψαν τα δεδομένα της φυσικής εξέτασης και των ερωτηματολογίων SF-36 και WOMAC προεγχειρητικά και στους 3, 12 και 24 μήνες μετά την επέμβαση. Οι ασθενείς που ήταν μεγαλύτεροι σε ηλικία και εμφάνιζαν προεγχειρητικά σημαντικούς λειτουργικούς περιορισμούς, σοβαρό πόνο, χαμηλό πνευματικό επίπεδο και συνυπάρχουσες παθολογικές καταστάσεις είχαν τα φτωχότερα κλινικά αποτελέσματα ένα και δύο χρόνια μετά την αρthroπλαστική. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με τα αντίστοιχα της μελέτης των Fortin και συν⁴², οι οποίοι παρατήρησαν ότι ασθενείς με φτωχά λειτουργικά αποτελέσματα 6 μήνες μετά την εγχείρηση δεν εμφάνισαν καμία ουσιαστική βελτίωση στα 2 χρόνια. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η επιλογή της κατάλληλης χρονικής στιγμής για διενέργεια της επέμβασης

είναι πολύ σημαντική και πιθανώς η διεξαγωγή της αρθροπλαστικής γόνατος νωρίτερα στην πορεία λειτουργικής έκπτωσης της άρθρωσης να σχετίζεται με καλύτερα αποτελέσματα.

Οι Kennedy και συν⁶⁷, προσπάθησαν να προσδιορίσουν τον ιδανικό χρόνο διενέργειας αρθροπλαστικής γόνατος εξετάζοντας τα αρχεία 812 ασθενών για τους οποίους υπήρχαν δεδομένα βαθμολόγησης του γόνατος με το σύστημα της American Knee Society τόσο προεγχειρητικά όσο και 5 χρόνια μετά την επέμβαση. Διαπίστωσαν ότι οι πλέον ηλικιωμένοι ασθενείς (79-86 ετών) είχαν τη χαμηλότερη βαθμολογία γόνατος προεγχειρητικά και μετά την αρθροπλαστική βελτιώθηκαν λιγότερο σε σχέση με άλλους ασθενείς παρότι τα συνολικά αποτελέσματα και γι'αυτούς ήταν ικανοποιητικά. Γενικά οι ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα προχωρημένου σταδίου τη στιγμή της επέμβασης παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση συγκριτικά με αυτούς των οποίων η νόσος ήταν πρωϊμότερου σταδίου, αλλά παρέμειναν σε λειτουργικά χειρότερη κατάσταση 5 χρόνια μετά την εγχείρηση, κάτι που υποδηλώνει ότι ίσως θα έπρεπε να είχαν χειρουργηθεί νωρίτερα.

Έχει καταδειχθεί από πολλούς ερευνητές πλέον⁶³, ότι η αρθροπλαστική του γόνατος έχει φτωχότερα αποτελέσματα από τα αναμενόμενα σε περιπτώσεις παρατεταμένης προεγχειρητικής νοσηρότητας της άρθρωσης. Έχοντας διαπιστώσει τα ευεργετικά αποτελέσματα της εγχείρησης, ασθενείς που πάσχουν από αμφοτερόπλευρη οστεοαρθρίτιδα γονάτων κατά κανόνα ξεπερνούν το φόβο του χειρουργείου και αποφασίζουν να υποβληθούν σε εγχείρηση του δεύτερου γόνατος σε αρκετά πρωϊμότερο στάδιο από εκείνο του πρώτου⁶³.

ΙΙβ. Η επίδραση του μυοσκελετικού τραυματισμού ή μιας μείζονος ορθοπαιδικής επεμβάσεως στην μυϊκή μάζα και στον πρωτεϊνικό μεταβολισμό.

Απώλεια πρωτεϊνών από τους σκελετικούς μύες και συνεπώς ατροφία αυτών των μυών παρατηρείται μετά από μυοσκελετικό τραυματισμό ή μείζονες ορθοπαιδικές επεμβάσεις και αντανακλά τη σημαντική συμβολή των σκελετικών μυών στον συνολικό πρωτεϊνικό μεταβολισμό^{22,46}. Κλασικές θεωρίες²³⁻²⁵ υποστηρίζουν ότι μετά από μεγάλες ορθοπαιδικές επεμβάσεις λαμβάνει χώρα αυξημένος καταβολισμός πρωτεϊνών που προκαλεί αύξηση του αζώτου στα ούρα και ένα γενικευμένο αρνητικό ισοζύγιο αζώτου στον οργανισμό. Αυτή η απώλεια μυϊκής μάζας που είναι ανάλογη με τη βαρύτητα της χειρουργικής επέμβασης, δεν αποτελεί απλά συνέπεια του τοπικού μυϊκού τραυματισμού αλλά μία πιο γενικευμένη μεταβολική διαταραχή.

Η ολική αρθροπλαστική του γόνατος βελτιώνει την κινητικότητα του ασθενούς, την λειτουργία του καρδιαγγειακού του συστήματος και τελικά τη λειτουργική του αποκατάσταση^{90,108}. Η εγχείρηση μπορεί να εξαλείψει πολλούς από τους παράγοντες δυσλειτουργίας της άρθρωσης όπως δυσκαμψία, πόνο και μειωμένο εύρος κινήσεως, αδυνατεί όμως να αντιμετωπίσει επιπλοκές από το μυοσκελετικό σύστημα όπως μυϊκή ατροφία και αδυναμία. Επιπροσθέτως η μυϊκή δυσλειτουργία είναι πιθανώς πολύ μεγαλύτερη μετά την αρθροπλαστική εξαιτίας της επίδρασης που έχει η εγχείρηση στον πρωτεϊνικό μεταβολισμό.

Στη μελέτη των Crane και συν²², παρατηρήθηκε πτώση του ρυθμού πρωτεϊνικής σύνθεσης μετά από ολική αρθροπλαστική γόνατος ενώ ο ρυθμός πρωτεϊνικής διάσπασης δεν υπέστη στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε σύγκριση με τα προ-εγχειρητικά επίπεδα. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η καταβολική απώλεια αζώτου μετά από μεγάλες επεμβάσεις θα μπορούσε να οφείλεται σε μπλοκάρισμα της πρωτεϊνικής σύνθεσης που λαμβάνει χώρα στους μύες. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ότι ο ασθενής έρχεται αντιμέτωπος με την πρόκληση

να συμμετέχει σε ένα πρόγραμμα αποκατάστασης όπου είναι υποχρεωμένος όχι μόνο να κινητοποιήσει την άρθρωση παρά τον σημαντικό μετεγχειρητικό πόνο αλλά και να το επιτύχει αυτό με έναν τετρακέφαλο που έχει ατροφήσει και αδυνατίσει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από εκείνον που προϋπήρχε της εγχείρησης. .

III(γ). Μυϊκή ισχύς τετρακεφάλου μετά από ολική αρθροπλαστική γόνατος.

Η ολική αρθροπλαστική γόνατος επιτυγχάνει ασφαλή μείωση του αρθρικού πόνου ασθενών με ΟΑ, αλλά έχει περιορισμένη επιτυχία στην αποκατάσταση της μυϊκής ισχύος και της λειτουργίας του τετρακεφάλου μυός σε επίπεδα ανάλογα με εκείνα ανθρώπων της ίδιας ηλικίας που δεν πάσχουν από ΟΑ^{89,127}.

Στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο, όπως συμβαίνει μετά από κάθε μεγάλη ορθοπαιδική επέμβαση, αναπτύσσεται ένα αρνητικό ισοζύγιο αζώτου και καταστέλλεται η σύνθεση πρωτεϊνών^{22,46}. Έτσι ο/η ασθενής δυσκολεύεται ακόμη περισσότερο να ανταπεξέλθει στο πρόγραμμα αποκατάστασης, αφενός μεν λόγω μετεγχειρητικού πόνου που δυσχεραίνει την κίνηση της άρθρωσης, αφετέρου δε λόγω του ότι ο τετρακέφαλος μυς εμφανίζει μεγαλύτερο βαθμό ατροφίας και αδυναμίας από αυτόν που προϋπήρχε της εγχειρήσεως. Σημαντική μείωση της μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου (περίπου 50%) εμφανίζεται ένα μήνα μετά την εγχείρηση και οφείλεται κυρίως σε έκπτωση της εκούσιας μυϊκής ενεργοποίησης την αποκαλούμενη αρθρογενή μυϊκή καταστολή (arthrogenous muscle inhibition-AMI)⁵⁸ και κατά δεύτερο λόγο σε μυϊκή ατροφία. Πιο συγκεκριμένα οι Mizner, Stevens και συν^{88,121} υπολόγισαν την έκπτωση μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου σε 62%, την μείωση της εκούσιας μυϊκής ενεργοποίησης σε 17%, και τον περιορισμό της επιφανείας διατομής του μυός σε 10%. Ο πόνος ελάχιστα σχετίζεται με την έκπτωση της εκούσιας μυϊκής ενεργοποίησης στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο και η επαρκής χορήγηση αναλγητικών δεν είναι αρκετή για να προλάβει την απώλεια μυϊκής ισχύος. Απώλεια μυϊκής δύναμης αναπόφευκτα συμβαίνει μετά

από μακρά περίοδο ακινητοποίησης του άκρου, οι υγιείς όμως άνθρωποι σχεδόν πάντα ανακτούν το 100% της μυϊκής τους δύναμης μετά από επανακινητοποίηση για 4-8 εβδομάδες. Αντιθέτως οι ασθενείς με ολική αρθροπλαστική του γόνατος δεν είναι σε θέση να επιτύχουν ανάλογη ανάκαμψη ακόμη και χρόνια μετά την εγχείρηση^{88,121,127}. Έτσι ένα χρόνο μετά η μυϊκή ισχύς του τετρακεφάλου εμφανίζεται μειωμένη κατά 30% έως 40% συγκριτικά με αυτή υγιών συνομηλίκων^{37,127}. Δύο και πλέον χρόνια μετά την εγχείρηση η δύναμη ισομετρικής έκτασης του γόνατος είναι μειωμένη μέχρι 30.7% συγκριτικά με αυτή υγιών ανθρώπων ίδιας ηλικίας με χαμηλότερες τιμές να παρατηρούνται στους πιο ηλικιωμένους ασθενείς (≥ 70 ετών) και σε αυτούς με υψηλότερο δείκτη σωματικής μάζας (BMI)¹¹⁷.

Οι Berman και συν.¹¹, κατέδειξαν ότι οι οπίσθιοι μηριαίοι μύες του αρθρικού γόνατος επιτυγχάνουν επίπεδα μυϊκής ισχύος όμοια με το φυσιολογικό γόνατο 7 έως 12 μήνες μετά από επιτυχημένη ολική αρθροπλαστική, ενώ η λειτουργία του τετρακεφάλου μηριαίου μύος καθυστερεί να αποκατασταθεί. Το αποτέλεσμα είναι, ότι ακόμη και 2 χρόνια μετά την εγχείρηση ο εκτατικός μηχανισμός συνεχίζει να εμφανίζει ένα μικρό αλλά σημαντικό έλλειμμα μυϊκής ισχύος. Οι Huang και συν.⁵⁵, διαπιστώνουν μυϊκή αδυναμία του τετρακεφάλου μύος και υψηλό λόγο ροπής οπισθίων μηριαίων/τετρακεφάλου (Hamstring / Quadriceps torque ratio) ακόμη και 6-13 χρόνια μετά από επιτυχημένη ολική αρθροπλαστική γόνατος, ενώ επισημαίνεται ότι η διατήρηση ή όχι του οπισθίου χιαστού συνδέσμου καθώς και ο τύπος της ενδοπροθέσεως που χρησιμοποιήθηκε δεν επηρεάζουν την σχετική αναλογία δύναμης των μυϊκών ομάδων (καμπτήρων/εκτεινόντων) που δρουν στο γόνατο.

Η δύναμη των μυών του γόνατος μπορεί να αποκατασταθεί σε φυσιολογικά επίπεδα μετά από ολική αρθροπλαστική αλλά υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση πρωτοκόλλων μετεγχειρητικής αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών υποδεικνύουν την ανάγκη εφαρμογής πιο εντατικών προγραμμάτων φυσικοθεραπείας / αποκατάστασης μετά από αρθροπλαστική ιδιαίτερα σε γυναίκες, ηλικιωμένους και παχύσαρκους ασθενείς με

εκφυλιστική αρθρίτιδα του γόνατος¹¹⁷. Το πρόγραμμα αποκατάστασης μετά από αρθροπλαστική γόνατος αποσκοπεί στην ανάκτηση και διατήρηση του εύρους κίνησης της άρθρωσης, στην αποκατάσταση της μυϊκής ισχύος του ισχίου και γόνατος και την επίτευξη ανεξάρτητης λειτουργίας του ασθενούς. Παραδοσιακά τα προγράμματα φυσικοθεραπείας στόχευαν στην ενδυνάμωση του τετρακεφάλου μηριαίου μυός και ιδιαίτερα της λοξής μοίρας του έσω πλατέως μυός (VMO). Τα περισσότερα δημοσιευμένα πρωτόκολλα φυσικοθεραπείας συνιστούν ενεργό υποβοηθούμενο εύρος κινήσεως, καθώς ο/η ασθενής κάθεται σε πολυθρόνα από τη δεύτερη μετεγχειρητική ημέρα και προοδευτικά επιτυγχάνει ισοτονική και ισομετρική ενδυνάμωση των μυών γύρω από το γόνατο, ιδιαίτερα της λοξής μοίρας του έσω πλατέως μυός (VMO) στη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας¹³.

Στοχευμένη φυσικοθεραπεία με προγράμματα που περιλαμβάνουν υψηλής έντασης μυϊκές συσπάσεις¹²¹ και παρεμβάσεις ενίσχυσης της μυϊκής ενεργοποίησης (βιο-ανατροφοδότηση με έλεγχο των φυσικών λειτουργιών μέσω αυτοπαρατήρησης και νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση) απαιτούνται προκειμένου να αντισταθμιστούν τα ελλείμματα μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου μηριαίου μυός μετά από ολική αρθροπλαστική του γόνατος^{86,88,121}.

IIIδ. Συστήματα βαθμολόγησης της ολικής αρθροπλαστικής του γόνατος

Ο στόχος ενός συστήματος βαθμολόγησης είναι να παράσχει αντικειμενική εκτίμηση μιας κλινικής κατάστασης, ώστε να καταστεί δυνατή η σύγκριση με άλλες περιπτώσεις της ίδιας κλινικής κατάστασης. Στην έρευνα που αφορά την αρθροπλαστική του γόνατος ένα σύστημα βαθμολόγησης πρέπει να είναι εφαρμόσιμο τόσο πριν όσο και μετά την επέμβαση, ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί το όφελος που προέκυψε από αυτήν. Θα πρέπει να είναι εύκολη η εφαρμογή του σε όλους τους ασθενείς που υποβάλλονται στην επέμβαση, ώστε να επιτρέπεται η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ομάδων ασθενών, ή διαφορετικών χειρουργικών τεχνικών, ή διαφορετικών εμφυτευμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Ο σκοπός τέλος ενός ιδανικού συστήματος βαθμολόγησης είναι να εκτιμήσει αντικειμενικά την λειτουργία του γόνατος, ανεξάρτητα από την συνολική λειτουργία του ασθενούς που μπορεί να επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες ή/και παθολογικές καταστάσεις που μειώνουν την κινητικότητά του.

Σε μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των ετών 1972-1992 οι Drake και συν.³¹, εντόπισαν 34 διαφορετικά συστήματα βαθμολόγησης της αρθροπλαστικής γόνατος σε ένα σύνολο 210 δημοσιευμένων μελετών. Δύο μόνο συστήματα είχαν χρησιμοποιηθεί ευρέως, αυτά του «Hospital for Special Surgery» (σε 133 μελέτες) και της «American Knee Society» (σε 13 μελέτες). Ο Davies²⁶ διενήργησε μια παρόμοια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας μέχρι το 2002, στην οποία αξιολόγησε όλα τα συστήματα βαθμολόγησης της αρθροπλαστικής γόνατος συμπεριλαμβανομένων των νεότερων και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα WOMAC, Short Form-36 και Oxford Knee Score είναι αυτά που έχουν υποστεί τον πλέον διεξοδικό έλεγχο αξιοπιστίας και εγκυρότητας, γι' αυτό και συστήνει τη χρήση τους σαν πιο κατάλληλα για ερευνητικούς σκοπούς.

Η διεξοδική εκτίμηση της κατάστασης της υγείας ασθενών με σοβαρή ΟΑ γόνατος που υποβάλλονται σε εγχείρηση αρθροπλαστικής απαιτεί τόσο γενικά όσο και εξειδικευμένα

μέτρα. Με τα τελευταία καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της φυσικής λειτουργίας, του περιορισμού ρόλων και του πόνου. Οι Kantz και συν.⁶⁴ προτείνουν για ερευνητικούς σκοπούς μια συνδυασμένη προσέγγιση αυτών των ασθενών με εφαρμογή τόσο γενικών όσο και εξειδικευμένων μέτρων υγείας. Το ερωτηματολόγιο SF-36 αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο γενικό μέτρο υγείας για χρήση σε μελέτες που απαιτούν εκτίμηση της συνολικής κλινικής κατάστασης ασθενών και είναι ευαίσθητο στη συνδυασμένη επίδραση διαφόρων παθολογικών/συναισθηματικών προβλημάτων που πιθανώς συνυπάρχουν¹²². Για λόγους πληρότητας και αρτιότητας του ερευνητικού πρωτοκόλλου οφείλει να συνδυάζεται με εφαρμογή κάποιου εξειδικευμένου μέτρου για την υπό διερεύνηση κλινική κατάσταση. Θα αναπτυχθούν παρακάτω οι λεπτομέρειες του γενικού μέτρου υγείας SF-36 και των ειδικών μέτρων Oxford Knee Score και American Knee Society clinical rating system.

•/• SHORT FORM-36 ITEM GENERAL HEALTH SURVEY

Το ερωτηματολόγιο SF-36 είναι ένα γενικό μέτρο της κατάστασης της υγείας^{128,129,135}. Είναι ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ερευνητικά εργαλεία παγκοσμίως⁹ (Παράρτημα – 2). Το μοντέλο μετρήσεων της έρευνας υγείας SF-36 version-1 έχει 3 επίπεδα: **(1) στελέχη ερωτήσεων (Items), (2) Κλίμακες (Scales)** που προκύπτουν από άθροισμα στελεχών, **(3) Σύνθετες μεταβλητές PCS και MCS** που αναφέρονται και ως Συγκεντρωτικά Μέτρα “*Summary Measures*” ή Μέτρα των συστατικών μερών “*Component Measures*” και οι οποίες προκύπτουν από άθροισμα Κλιμάκων με μια μέθοδο ανάλυσης παραγόντων γνωστή ως: *Principal Components Analysis*⁵³. Το PCS αποτελεί μέτρο έκφρασης των φυσικών-σωματικών παραγόντων ενώ το MCS των πνευματικών-ψυχολογικών παραγόντων^{130,134} (Παράρτημα – 4). Οι 35 ερωτήσεις του SF-36 μπορεί να ομαδοποιηθούν σε 8 Κλίμακες, κάθε μια από τις οποίες βαθμολογείται ανεξάρτητα (Παράρτημα -3). Η βαθμολογία της κάθε κλίμακας προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα συγκεκριμένων στελεχών ερωτήσεων (εκ των 35) αφού οι τελευταίες επανακωδικοποιηθούν βάση πινάκων. Η 36η ερώτηση (Health Transition) δεν βαθμολογείται με νούμερο, οι απαντήσεις σε αυτή την ερώτηση αποτελούν

διατακτικά δεδομένα (ordinal data) και η ανάλυσή τους εκφράζεται σαν ποσοστό ασθενών που επιλέγουν την κάθε απάντηση ή πιο συγκεντρωτικά σαν ποσοστό ασθενών που η υγεία τους βελτιώθηκε, χειροτέρευσε ή παρέμεινε στην ίδια κατάσταση σε σύγκριση με ένα χρόνο πριν¹³³.

Οι 8 Κλίμακες είναι οι:

(1) PF (PHYSICAL FUNCTIONING)

(2) RP (ROLE-PHYSICAL)

(3) BP (BODILY PAIN)

(4) GH (GENERAL HEALTH)

(5) VT (VITALITY)

(6) SF (SOCIAL FUNCTIONING)

(7) RE (ROLE EMOTIONAL) &

(8) MH (MENTAL HEALTH)

Στη συνέχεια οι επιμέρους βαθμολογίες (Actual raw scores) ανάγονται σε κλίμακες από 0-100 (Transformed Scales). Αυτή η αναγωγή μετατρέπει την χαμηλότερη και την υψηλότερη πιθανή τιμή σε 0 και 100 αντίστοιχα. Έτσι τιμές μεταξύ των δύο αυτών ακραίων πιθανοτήτων αντιπροσωπεύουν εκατοστιαία ποσοστά της συνολικής πιθανής βαθμολογίας. Η τυποποίηση (standardization) των κλιμάκων, γίνεται κατά τρόπον ώστε ο γενικός πληθυσμός (με βάση δείγμα πληθυσμού των ΗΠΑ) να λαμβάνει κατά μέσο όρο τη βαθμολογία 50 με σταθερή απόκλιση 10. Η ανώτερη βαθμολογία (100) υποδηλώνει μια καλή κατάσταση της υγείας.

Η δεύτερη έκδοση του ερωτηματολογίου SF-36 (version-2) με νέα βάση στατιστικών δεδομένων κυκλοφόρησε το 2000¹²⁹. Οι αλλαγές αφορούν τη διατύπωση των ερωτήσεων και τις κατηγορίες των απαντήσεων των κλιμάκων Role Functioning (RP & RE). Αναλυτικά η δεύτερη έκδοση του SF-36 παρουσιάζεται σε ιστοσελίδα¹⁰⁵ και σε ανασκόπηση του

συγγραφέα¹²⁹. Το SF-36 version 2 έχει εφαρμοστεί εκτενώς σε παθήσεις του Μυοσκελετικού συστήματος, με κάποιες επιφυλάξεις να έχουν διατυπωθεί σχετικά με την ευαισθησία του συστήματος σε λειτουργικές μεταβολές ασθενών με παθήσεις των άνω άκρων^{8,45}.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΝ

ΚΛΙΜΑΚΑ (SCALE)	ΑΛΓΕΒΡΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ (Sum Final Item Values)	ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ ΚΑΙ ΥΨΗΛΟΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (Lowest and highest possible raw scores)	ΠΙΘΑΝΟ ΕΥΡΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΩΝ (Possible raw score range)
Physical Functioning (PF)	3a+3b+3c+3d+3e+3f+3g+3h+3i+3j	10,30	20
Role-Physical (RP)	4a+4b+4c+4d	4,8	4
Bodily pain (BP)	7+8	2,12	10
General Health (GH)	1+11a+11b+11c+11d	5,25	20
Vitality (VT)	9a+9e+9g+9i	4,24	20
Social Functioning (SF)	6+10	2,10	8
Role-Emotional (RE)	5a+5b+5c	3,6	3
Mental Health (MH)	9b+9c+9d+9f+9h	5,30	25

Transformed Scale = {(Actual raw score – lowest possible raw score): Possible raw score range} X 100

Example: PF raw score of 21 would be transformed as follows: {(21 – 10) / 20} X 100 = 55

Από τις πρώτες τέσσερις κλίμακες προκύπτει η σύνθετη μεταβλητή **PCS (Physical Component Summary)** με τη χρήση αλγορίθμων βαθμολόγησης και από τις τέσσερις

επόμενες προκύπτει με ανάλογο μετασχηματισμό η σύνθετη μεταβλητή **MCS (Mental Component Summary)**^{131,136}. Η βαθμολογία των κλιμάκων (Actual raw scores & Transformed Scales), καθώς και οι μετασχηματισμοί σε σύνθετες μεταβλητές **PCS** και **MCS** μπορεί να γίνουν με ειδικό πρόγραμμα H.Y. (SF-36 scoring software) της εταιρείας Quality Metric Inc.

Οι νόρμες του γενικού πληθυσμού των ΗΠΑ του 1998 για χρόνια νοσήματα και καταστάσεις αποτελούν τη βάση για τη βαθμολόγηση των 8 κλιμάκων του ερωτηματολογίου SF-36: «*Norm based scoring (NBS)*»¹³². Η μέθοδος αποκαλείται τυποποίηση: «*Standardization*». Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ευκολότερη ερμηνεία. Δηλαδή όταν ερμηνεύουμε τη βαθμολογία των κλιμάκων δεν χρειάζεται να θυμόμαστε τις νόρμες του γενικού πληθυσμού για κάθε μια από τις 8 κλίμακες, γιατί αυτές είναι ενσωματωμένες στον αλγόριθμο της βαθμολόγησης. Έτσι οι βαθμολογίες που είναι πάνω ή κάτω από 50 ερμηνεύονται αυτόματα ως έχουσες πάνω ή κάτω από τη νόρμα του γενικού πληθυσμού. Επίσης οι σταθερές αποκλίσεις για κάθε κλίμακα του γενικού πληθυσμού είναι ίσες με 10 και έτσι είναι εύκολο να δούμε κατά πόσο αποκλίνει (προς τα πάνω ή κάτω) ο αριθμητικός μέσος της βαθμολογίας σε μονάδες σταθερής αποκλίσεως.

•/• OXFORD KNEE SCORE

Το Oxford Knee Score δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1998 από τους Dawson και συν.²⁷ σε μία προσπάθεια εισαγωγής ενός νέου εργαλείου αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της ολικής αρθροπλαστικής του γόνατος. Είναι εύκολο στη χρήση του και συμπληρώνεται από τον ίδιο τον ασθενή (Patient self assessment). Αποτελείται από 12 ερωτήσεις που η κάθε μία βαθμολογείται από 1 έως 5 (Παράρτημα – 5). Αυτές αφορούν τα παρακάτω:

- (1) Πόνος
- (2) Δυσκολία στο να λουστεί εξαιτίας του γόνατος
- (3) Δυσκολία κατά την είσοδο-έξοδο σε αυτοκίνητο ή μέσο μαζικής μεταφοράς

- (4) Διάρκεια βαδίσσεως χωρίς ιδιαίτερο πόνο
- (5) Πόνο στην προσπάθεια να σηκωθεί όρθιος/α από την καθιστική θέση
- (6) Χωλότητα στη βάδιση εξαιτίας του γόνατος
- (7) Δυνατότητα γονατίσματος
- (8) Νυχτερινός πόνος
- (9) Παρεμβολή του πόνου στην καθημερινή εργασία
- (10) Απώλεια ισορροπίας εξαιτίας του γόνατος
- (11) Δυνατότητα να κάνει τα ψώνια του σπιτιού
- (12) Δυνατότητα να κατεβεί μια σκάλα

Το άθροισμα των βαθμολογιών των 12 ερωτήσεων, αποδίδει ένα συνολικό βαθμό που κυμαίνεται από 12 (ελάχιστη έως καθόλου δυσκολία - χωρίς πόνο) έως 60 (μεγίστη δυσκολία – υπερβολικός πόνος).

Οι Dawson και συν. με προ-οπτική μελέτη προχώρησαν στους παρακάτω ελέγχους:

- (1) Εσωτερικής συνέπειας του ερωτηματολογίου (Internal Consistency) – δηλ. κατά πόσο οι ερωτήσεις αξιολογούν συγκεκριμένη παράμετρο. Αυτή βρέθηκε πολύ υψηλή (= 0.87 προ-εγχειρητικά και = 0.93 έξι μήνες μετά).
- (2) Αναπαραγωγιμότητας (Reproducibility) που ελέγχει κατά πόσο το ερωτηματολόγιο αποδίδει τα ίδια αποτελέσματα όταν επαναλαμβάνεται κάτω από τις ίδιες συνθήκες η οποία επίσης ήταν υψηλή ($p < 0.0001$).
- (3) Εγκυρότητας κατασκευής (Construct Validity) που ελέγχει κατά πόσο το ερωτηματολόγιο ελέγχει μια προκαθορισμένη υπόθεση. Βρέθηκε σημαντική συμφωνία και συσχετισμός αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου με την κλινική βαθμολογία του AKS {American Knee Society}⁶¹ του SF-36 {Short Form 36}¹²⁹ και του HAQ {Health Assessment Questionnaire}⁴³.
- (4) Ευαισθησίας σε αλλαγές (Sensitivity to change) που ελέγχει την δυνατότητα του ερωτηματολογίου να ελέγχει αλλαγές κλινικής σημασίας στο χρόνο. Παρατηρήθηκε πράγματι μια μεγάλη βελτίωση των ασθενών 6 μήνες μετά την επέμβαση.

Το ερωτηματολόγιο των 12 ερωτήσεων είναι κατανοητό, σύντομο και επομένως εύχρηστο τόσο για τον ερευνητή όσο και για τον ασθενή που καλείται να το συμπληρώσει. Μπορεί να μεταφραστεί εύκολα σε άλλη γλώσσα (στην περίπτωση μας στα Ελληνικά) χωρίς αλλοίωση του περιεχομένου των ερωτήσεων και είναι πλέον πιθανό, ότι οι παραπάνω έλεγχοι (1-4) θα καταδείκνυαν εξίσου καλά αποτελέσματα. Τέτοια έρευνα αξιολόγησης της εφαρμογής του Oxford-12 Item Knee Score στη Σουηδική γλώσσα έγινε από τους Dunbar και συν.³² που κατέδειξαν ότι το ερωτηματολόγιο μετά τη μετάφρασή του παραμένει έγκυρο (Valid) και αξιόπιστο (Reliable) εργαλείο.

•/• AMERICAN KNEE SOCIETY CLINICAL RATING SYSTEM

Η Αμερικανική Εταιρεία Γόνατος εισήγαγε το **1989**, ένα νέο σύστημα βαθμολόγησης του γόνατος⁶¹ το οποίο είναι απλό στη χρήση και ταυτόχρονα πιο ακριβές και αντικειμενικό από προηγούμενα συστήματα τα οποία συγχώνευαν τη βαθμολογία της καθαυτής άρθρωσης του γόνατος και της συνολικής λειτουργίας του ασθενούς σε ένα ενιαίο αποτέλεσμα (Παράρτημα – 6). Με βάση το σύστημα αυτό (AKS) αποδίδεται ξεχωριστή βαθμολογία στην άρθρωση του γόνατος (Knee score) και στην συνολική λειτουργία του ασθενούς (Patient Function Score).

Όσον αφορά τη βαθμολογία του γόνατος: **Knee Score** αποφασίστηκε να βαθμολογούνται 3 κύριες παράμετροι: (1) Ο πόνος, (2) το εύρος κινήσεως και (3) η σταθερότητα, ενώ βαθμοί αφαιρούνται για: (1) τη σύγκαμψη, (2) το έλλειμμα εκτάσεως και (3) τις διαταραχές του μηχανικού άξονα του κάτω άκρου. Πιο αναλυτικά 50 βαθμοί αποδίδονται στην έλλειψη πόνου, 25 στο πλήρες εύρος κινήσεως των 125° (1 βαθμός σε κάθε 5°) και 25 στη σταθερότητα του γόνατος. Συνεπώς η μέγιστη βαθμολογία των 100 βαθμών αποδίδεται σε ένα γόνατο με καλό μηχανικό άξονα, χωρίς πόνο, εύρος κινήσεως 125°, και χωρίς προσθιοπίσθια ή έσω-έξω αστάθεια.

Όσον αφορά τη βαθμολογία της συνολικής λειτουργίας του ασθενούς: Patient **Function Score** βαθμολογούνται: (1) η απόσταση βαδίσσεως (μέγιστη βαθμ. = 50 βαθμοί) και (2) η ανάβαση-κατάβαση σκάλας (μέγιστη βαθμ. = 50 βαθμοί), ενώ βαθμοί αφαιρούνται για τη χρήση βοηθήματος βάδισης. Η μέγιστη βαθμολογία των 100 βαθμών αποδίδεται σε ένα ασθενή που μπορεί να βαδίζει απεριόριστη απόσταση, και να ανεβοκατεβαίνει σκάλες χωρίς να κρατιέται από το κιγκλίδωμα.

Η βαθμολογία της λειτουργίας του ασθενούς επηρεάζεται σημαντικά από την απόσταση βαδίσσεως, την ηλικία και το σωματικό βάρος ενώ η βαθμολογία του γόνατος δεν επηρεάζεται από κανέναν από τους παραπάνω παράγοντες⁶⁸. Η χρήση λοιπόν αυτού του συστήματος διπλής βαθμολόγησης που αποδίδει ξεχωριστή βαθμολογία στο γόνατο και στη λειτουργία του ασθενούς προτάθηκε προκειμένου να λύσει το πρόβλημα που δημιουργείται όταν η έκπτωση της γενικής υγείας του ασθενούς επηρεάζει τη λειτουργική του απόδοση ενώ η κατάσταση του γόνατος μετά την εγχείρηση παραμένει άριστη^{68,75}.

Παρά την ευρεία χρήση του συστήματος AKS που ακολούθησε την δημοσίευσή του το 1989, ο έλεγχος της εγκυρότητάς του (validation) έγινε μόλις το 2001 σε μια πολυκεντρική μελέτη των Lingard και συν.⁷⁵ οι οποίοι συνέκριναν τα δομικά στοιχεία του AKS με τα αντίστοιχα στοιχεία του Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) και του Medical Outcomes Study Short Form-36 (SF-36). Τα παραπάνω ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από 862 ασθενείς προεγχειρητικά και 12 μήνες μετά την αρθροπλαστική γόνατος. Οι αρχικές συσχετιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν κατέδειξαν χαμηλό συσχετισμό (correlation) μεταξύ του Knee Score και του Function score του AKS και στις δύο χρονικές στιγμές. Ωστόσο, όταν τα δύο αυτά δομικά στοιχεία του AKS συσχετίστηκαν με τα αντίστοιχα στοιχεία του WOMAC και του SF-36, προέκυψαν σχετικά υψηλές συσχετίσεις. Κατά συνέπεια, οι ερευνητές κατέδειξαν με αυτό τον τρόπο ότι τα τρία αυτά ερωτηματολόγια είναι ισοδύναμα όσο αφορά τις μετρήσεις του πόνου και της λειτουργίας. Επιπλέον, στην ίδια

μελέτη οι μετρήσεις του AKS ήταν υψηλά σχετιζόμενες και με μία σειρά από άλλους δείκτες όπως το δείκτη ικανοποίησης του ασθενούς, το δείκτη λειτουργικής αποκατάστασης του και το δείκτη μεταβολής της υγείας του.

Πε. Βελτίωση της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος και μείωση του ενεργειακού κόστους βάδισης, μετά από αρthroπλαστική γόνατος.

Ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα (ΟΑ) του γόνατος είναι συνήθως υπέρβαροι και έχουν μειωμένη δύναμη και αντοχή στην άσκηση καθώς και μειωμένη αερόβια λειτουργία σε σχέση με υγιείς συνομηλίκους⁶⁹. Η έλλειψη δραστηριότητας και ο περιορισμός της κινητικότητάς τους είναι συνέπειες του οστεοαρθρικού πόνου και οδηγούν σταδιακά και σε απορρύθμιση του καρδιαγγειακού συστήματος. Έχει παρατηρηθεί ότι η έκπτωση της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος είναι ανάλογη με τη σοβαρότητα της οστεοαρθρίτιδας των γονάτων¹⁰⁷ κάτι που ίσως εξηγεί και τον υψηλό επιπολασμό στεφανιαίας νόσου ανάμεσα σε ασθενείς που υποβάλλονται σε προεγχειρητική εκτίμηση της υγείας τους πριν τη διεξαγωγή αρthroπλαστικής γόνατος¹⁰².

Αναλυτικά οι ασθενείς με ΟΑ γόνατος εμφανίζουν:

- (α) **Μειωμένη ταχύτητα βαδίσσεως** (46 m/min) που αντιστοιχεί στο 58% της φυσιολογικής (80 m/min)
- (β) Σημαντικά **αυξημένη καρδιακή συχνότητα** (112 κτύποι /λεπτό) σε σχέση με τη φυσιολογική (100 κτύποι/λεπτό)
- (γ) **Μειωμένη πρόσληψη οξυγόνου** (10.07 ml/kg-minute) που αντιπροσωπεύει το 85% του φυσιολογικού (11.9 ml/kg-minute) και
- (δ) **Αυξημένο ενεργειακό κόστος βάδισης** (δαπάνη οξυγόνου για κάθε μέτρο απόστασης που διανύεται) που υπολογίζεται σε 0.23 ml/kg-m και αντιστοιχεί σε 153% του φυσιολογικού

(0.15 ml/kg-m). Αυτό συμβαίνει παρά την περιορισμένη πρόσληψη οξυγόνου, λόγω μείωσης της ταχύτητας βαδίσσεως^{137,138,139,142}.

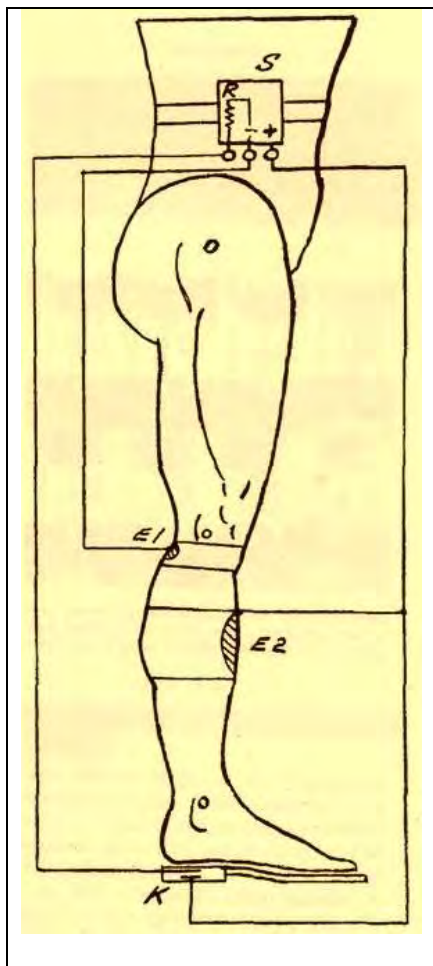
Ο συσχετισμός της βαριάς οστεοαρθρίτιδας γόνατος με την απορρύθμιση του καρδιαγγειακού συστήματος, ενισχύει την αντίληψη ότι οι ασθενείς αυτοί θα μπορούσαν να ωφεληθούν από ένα πρόγραμμα τακτικής άσκησης. Επίσης για όσους είναι υποψήφιοι για ολική αρthroπλαστική γόνατος, η πρακτική της καθυστέρησης – αναβολής της εγχειρήσεως πιθανόν να οδηγήσει σε επιβάρυνση της καρδιαγγειακής τους λειτουργίας, ιδιαίτερα όταν επέλθει περιορισμός της φυσικής τους δραστηριότητας¹⁰⁷. Η αναμενόμενη βιωσιμότητα του ορθοπαιδικού εμφυτεύματος καθώς και η πιθανότητα επιδείνωσης της καρδιαγγειακής λειτουργίας εξαιτίας των φυσικών περιορισμών της νόσου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη προκειμένου να καθοριστεί ο ιδανικός χρόνος διενέργειας της αρthroπλαστικής του γόνατος.

Μετά την αντικατάσταση της άρθρωσης με πρόθεση πολλοί ασθενείς ανακτούν ικανότητα βάδισης και σωματικής άσκησης και έτσι βελτιώνουν την αερόβια λειτουργία τους. Οι Ries και συν.¹⁰⁸ κατέδειξαν μια τάση βελτίωσης της αερόβιας λειτουργίας (μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου) και της καρδιαγγειακής λειτουργίας ασθενών ένα χρόνο μετά την αρthroπλαστική γόνατος, ενώ μια στατιστικά σημαντική βελτίωση αυτών των παραμέτρων παρατηρήθηκε στα 2 χρόνια μετά την επέμβαση. Σε αντιδιαστολή, ασθενείς της ομάδας ελέγχου που δεν υπεβλήθησαν σε αρthroπλαστική γόνατος παρότι έπασχαν από σοβαρή ΟΑ, παρουσίασαν στασιμότητα ή/και επιδείνωση των παραπάνω δεικτών φυσικής λειτουργίας.

(IV) ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

IVα. Στη φάση αποκατάστασης μετά από βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος (Κ.Ν.Σ.)

Η εισαγωγή της αρχής της λειτουργικής ηλεκτροθεραπείας έγινε από τον Liberson⁷¹ το 1960: “Functional Electrical Stimulation – FES”. Αντικειμενικός της σκοπός είναι η εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης μυών των άκρων (άμεσα ή μέσω διεγέρσεως του νεύρου που τους νευρώνει) σε περιπτώσεις βλάβης του ΚΝΣ (ημιπληγία – παραπληγία), έτσι ώστε η προκαλούμενη μυϊκή σύσπαση να εξυπηρετεί κάποιο λειτουργικό αποτέλεσμα, είτε στην βάδιση είτε στη σύλληψη είτε σε άλλη δραστηριότητα. Με άλλα λόγια η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (ΛΗΔ) είναι μια μορφή «θεραπείας υποκατάστασης» σε περιπτώσεις παραλύσεως των μυών λόγω έλλειψης νευρικής διέγερσης από το ΚΝΣ. Έτσι παραπληγικοί ασθενείς είναι δυνατό να αναλάβουν την όρθια στάση και να επιτύχουν ακόμη και βάδιση, ενώ ημιπληγικοί ασθενείς μπορούν να βελτιώσουν το παθολογικό μοντέλο βάδισης διορθώνοντας την πτώση του άκρου ποδός^{18,71,124,140,141}.



Η συσκευή του Liberson⁷¹ ήταν ένας φορητός διεγέρτης που παρήγαγε ηλεκτρική μυϊκή διέγερση διάρκειας 20μsec με συχνότητα 30Hz και ένταση μέχρι 90mA (Εικ. 4). Ο έλεγχος της εφαρμογής της ηλεκτρικής διέγερσης γινόταν από ένα διακόπτη τοποθετημένο στο υπόδημα κάτω από την πτέρνα του ημιπληγικού ποδιού. Όταν ο ασθενής σήκωνε το πόδι του από το έδαφος, ηλεκτρική διέγερση μεταβιβαζόταν σε ηλεκτρόδια τοποθετημένα πάνω από το κοινό περονιαίο νεύρο στο σημείο της διέλευσής του γύρω από την κεφαλή της περόνης, προκαλώντας ραχιαία κάμψη του άκρου ποδός.

Εικ. 4: Libersons' Stimulator: S= Stimulator, R= Shunt, E1= Active Electrode, E2= Inactive Electrode, K= Foot Switch.

Τα αποτελέσματα ήταν θεαματικά με τη βελτίωση της βάδισης να διατηρείται σε πολλούς ασθενείς για βραχεία περίοδο μετά τη διακοπή της χρήσης του διεγέρτη, κάτι που ορίζεται ως μεταφερόμενο αποτέλεσμα – “Carry over effect”.

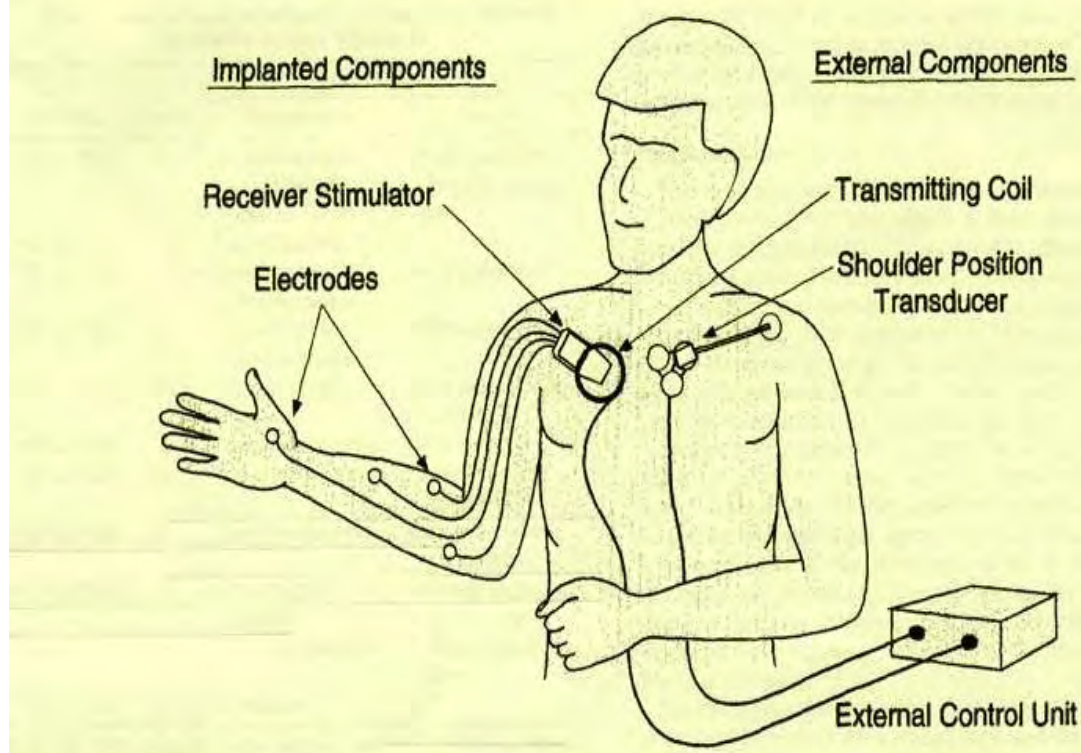
Ο διεγέρτης του Odstock (Odstock Dropped Foot Stimulator – ODFS)^{18,124} είναι η εξέλιξη του αντιστοίχου του Liberson όπου το κύκλωμα διέγερσης του κοινού περονιαίου νεύρου λειτουργεί πάλι με διακόπτη υποδήματος, προκαλώντας ραχιαία κάμψη και έξω ανάσπαση του άκρου ποδός με ηλεκτρική διέγερση διάρκειας 350μsec, συχνότητας 40Hz και μεγίστης έντασης 100mA. Τα ηλεκτρόδια του ODFS είναι τοποθετημένα πάνω από το κοινό περονιαίο νεύρο στο επίπεδο της κεφαλής της περόνης και πάνω από το κινητικό σημείο του προσθίου κνημιαίου μυός. Παρατηρήθηκε ότι, με τη χρήση αυτού του διεγέρτη η συμμόρφωση των ημιπληγικών ασθενών ήταν υψηλή (92.7%), η ταχύτητα βαδίσεώς τους παρουσίασε αύξηση της τάξης του 20-27% και η κατανάλωση ενέργειας κατά τη βάδιση μείωση της τάξεως του 25-31%. Οι Taylor και συν.¹²⁴ αναφέρουν ένα βραχείας διάρκειας μεταφερόμενο αποτέλεσμα ενώ οι Burridge και συν.¹⁸ δεν παρατήρησαν κάτι αντίστοιχο μετά τη διακοπή της ΛΗΔ. Τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής διέγερσης του κοινού περονιαίου νεύρου σε ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας^{124,125} που εμφανίζουν πτώση του άκρου ποδός είναι επίσης ικανοποιητικά. Η συμμόρφωση των ασθενών με τη χρήση του διεγέρτη ήταν υψηλή (91%) και η ταχύτητα βαδίσεως βελτιώθηκε κατά 20% μετά από εφαρμογή ΛΗΔ για 18 εβδομάδες, αλλά δεν παρατηρήθηκε μεταφερόμενο αποτέλεσμα βελτίωσης μετά τη διακοπή της θεραπείας.

Οι Glanz και συν.⁴⁸ σε μια μέτα-ανάλυση τυχαιοποιημένων μελετών που δημοσιεύτηκαν μεταξύ 1978 και 1992, υποστηρίζουν ότι η εφαρμογή ΛΗΔ μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ) προάγει την αποκατάσταση της δύναμης των μυών της ημιπληγικής πλευράς σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. Η απώλεια μυϊκής δύναμης είναι μόνο μία παράμετρος του περίπλοκου νευρολογικού ελλείμματος που λαμβάνει χώρα σε βλάβες του ανώτερου

κινητικού νευρώνα. Η ιδιοδεκτική αίσθηση, το επίπεδο σπαστικότητας και ο συντονισμός ομάδων ανταγωνιστών μυών που συμμετέχουν σε περίπλοκες δραστηριότητες όπως η βάρδια, είναι εξίσου σημαντικές παράμετροι που καθορίζουν την λειτουργική ανάκαμψη από ΑΕΕ. Η ΛΗΔ βελτιώνει και αυτές τις παραμέτρους, με συνέπεια να βελτιώνεται το εύρος κίνησης καθώς και ο εκούσιος κινητικός έλεγχος των αρθρώσεων.

Σε ασθενείς με πλήρη αισθητικοκινητική παραπληγία λόγω τραυματικής βλάβης του νωτιαίου μυελού, η ΛΗΔ των μυών του μηρού κατά τη διάρκεια άσκησης σε ποδήλατο (FES induced lower extremity cycling - FESILEC) είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της μυϊκής μάζας του τετρακέφαλου μηριαίου, των προσαγωγών και των οπισθίων μηριαίων μυών. Οι Scremin¹¹⁵ και συν απέδειξαν τα παραπάνω χρησιμοποιώντας αξονική τομογραφία (CT) κάτω άκρου όπου μετρήθηκε η επιφάνεια διατομής των μυών και η αναλογία μυϊκού ιστού προς λιπώδη ιστό. Και οι δύο αυτές παράμετροι εμφάνισαν αύξηση στη διάρκεια ενός έτους με εφαρμογή 2 συνεδριών FESILEC την εβδομάδα.

Σε ασθενείς με τετραπληγία λόγω τραυματικής βλάβης του νωτιαίου μυελού στα επίπεδα A₅ ή A₆, έχει δοκιμαστεί εμφύτευση νευρομυϊκού διεγέρτη στο θωρακικό τοίχωμα με ηλεκτρόδια που τροφοδοτούσαν τους μύες του αντιβραχίου και της άκρας χειρός. Αυτή η νευροπρόθεση άκρας χειρός (Hand Neuroprosthesis) αποτελεί ίσως την πιο περίπλοκη εφαρμογή ΛΗΔ στο άνω άκρο και επιτυγχάνει σύλληψη και άφεση αντικειμένων, καλό εύρος κινήσεως της άκρας χειρός και ικανότητα εκτέλεσης δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής (activities of daily living-ADL). Οι Wuolle και συν.¹⁴³ διαπίστωσαν ότι η πρόθεση ήταν καλώς ανεκτή από τους περισσότερους ασθενείς και ότι την χρησιμοποιούσαν τακτικά και με επιτυχία. Έτσι κατόρθωσαν να λειτουργήσουν πιο ανεξάρτητα και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους (Εικ 5).



Εικ. 5: Ο νευρομυϊκός διεγέρτης αποτελείται από εξωτερικά μέρη (συσκευή ελέγχου, διαβιβαστής ώμου) και χειρουργικά εμφυτευμένα εσωτερικά μέρη (δέκτης, ηλεκτρόδια μυών).

IVβ. Στη φάση αποκατάστασης μετά από αρθροπλαστική γόνατος

Τα αποτελέσματα κλινικών μελετών ασθενών με ΟΑ γόνατος καταγράφουν ευεργετική επίδραση της ΗΜΔ στην μείωση της μυϊκής ατροφίας, στην εξομάλυνση του μεταβολισμού πρωτεϊνών και στην αύξηση της μέγιστης παραγόμενης δύναμης συστολής⁸².

Οι Martin και συν⁸³ διαπίστωσαν σε βιοψίες τετρακέφαλου μυός ασθενών με ΟΑ γόνατος, αριθμητική υπεροχή των μυϊκών ινών τύπου I, ενώ μετά την αρθροπλαστική επικρατούν αριθμητικά οι ίνες τύπου II και παρατηρείται γενικευμένη ατροφία τόσο των τύπου-I όσο και των τύπου-II μυϊκών ινών. Η εφαρμογή ΗΜΔ του τετρακέφαλου μετεγχειρητικά, μετριάζει το βαθμό ατροφίας των μυϊκών του ινών αλλά δεν έχει καμία επίδραση στις μεταβολικές εκείνες ιδιότητες που καθορίζουν τον τύπο αυτών των ινών.

Ο τετρακέφαλος ασθενών με αρθροπλαστική γόνατος εμφανίζει έλλειμμα απόδοσης δύναμης κατά την μέγιστη συνειδητή προσπάθεια ισομετρικής μυϊκής συστολής. Μετεγχειρητικά προγράμματα φυσικής αποκατάστασης που περιλαμβάνουν έλεγχο του πόνου και εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης του μυός στοχεύουν στην βελτίωση της εκούσιας ενεργοποίησής του⁸⁹. Έτσι, με χρήση ΗΜΔ του τετρακέφαλου στη φάση αποκατάστασης μετά από αρθροπλαστική γόνατος οι Lewek και συν⁷⁰, αναφέρουν αύξηση της δύναμης ισομετρικής συστολής του μυός σε ασθενή 68 ετών, οι Gotlin⁵¹ και συν. με μελέτη τους καταγράφουν αποτελεσματική μείωση του ελλείμματος έκτασης του γόνατος και της διάρκειας νοσηλείας, ενώ οι Αβραμίδης και συν.⁴ καταδεικνύουν επιτάχυνση της λειτουργικής αποκατάστασης αυτών των ασθενών με βελτίωση της ταχύτητας βαδίσεως στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο.

IVγ. Επίδραση ΗΜΔ στη σύσταση και στα χαρακτηριστικά της μυϊκής σύσπασης του τετρακεφάλου μηριαίου μυός

Οι τύποι των μυϊκών ινών έχουν περιγραφεί αναλυτικά στο κεφάλαιο IIγ. Οι περισσότεροι μύες του ανθρωπίνου σώματος συμπεριλαμβανομένου του τετρακεφάλου απαρτίζονται από ένα μίγμα μυϊκών ινών όλων των τύπων (I, II_A, II_B).

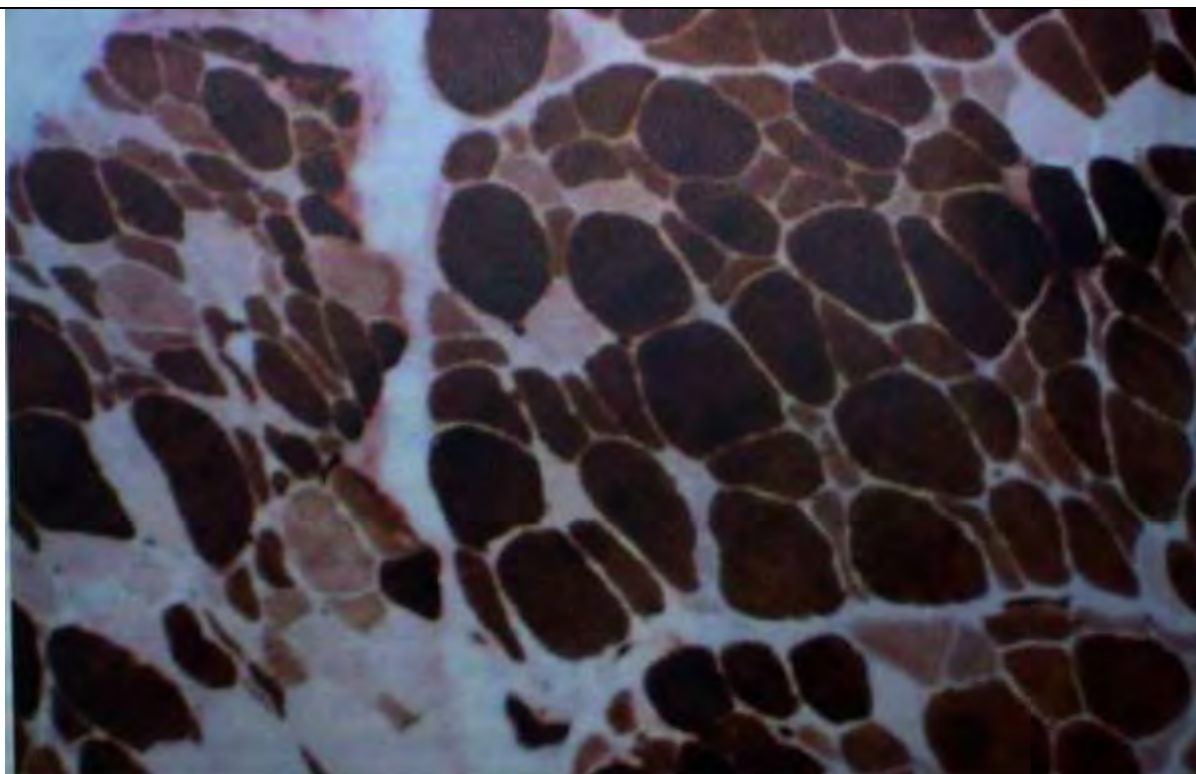
Οι σκελετικοί μύες των θηλαστικών εμφανίζουν “πλαστικότητα” συμπεριφοράς (plasticity), όρος που σημαίνει ότι οι ίνες τους έχουν την ικανότητα να υφίστανται σημαντικές μεταβολές στην ταχύτητα συσπάσεώς τους πολύ μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας πρωτογενούς διαφοροποίησης και αύξησης. Αυτή η ιδιότητα των μυϊκών ινών παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον Buller και συν.¹⁷ σε πειράματα ανταλλαγής της νεύρωσης μυών σε ζώα και θεωρήθηκε αποτέλεσμα χημικών τροφικών επιδράσεων που εξασκούνται από τους κινητικούς νευρώνες. Αργότερα παρατηρήθηκε ότι παρόμοιες αλλαγές προσαρμογής των μυϊκών ινών μπορούσαν να επέλθουν με την εφαρμογή συνεχούς ηλεκτρικής διέγερσης σε μύες ταχείας συσπάσεως για μια περίοδο εβδομάδων¹¹⁴. Η χημική τροφική θεωρία εγκαταλείφθηκε και το νέο συμπέρασμα ήταν ότι οι σκελετικοί μύες μπορούσαν να απαντούν προσαρμοστικά σε μια αλλαγή των συνθηκών διέγερσής τους¹¹¹⁻¹¹³.

Έτσι χρόνια ηλεκτρική διέγερση σκελετικών μυών (12-24 ώρες την ημέρα για 6 εβδομάδες) με χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικό ερέθισμα (< 10 Hz) οδηγεί σε προοδευτικές αλλαγές της κατανομής του τύπου των μυϊκών ινών με αντικατάσταση των ινών “ταχείας” συσπάσεως από ίνες “βραδείας” συσπάσεως, προσαρμογή αντίστοιχη αυτής που προκαλείται κατά την εκπαίδευση αντοχής (Endurance training) των μυών ανθρώπων και ζώων^{73,111}. Ανάλογο φαινόμενο παρατηρείται σε παράλυτους μύες (βλάβη ανώτερου κινητικού νευρώνα), όπου παρατεταμένες περιόδους συνεχούς εφαρμογής ΗΜΔ χαμηλής συχνότητας προκαλούν αλλαγή της μεταβολικής κατάστασης του μυός σε αερόβιο μεταβολισμό, επιβράδυνση της ταχύτητας

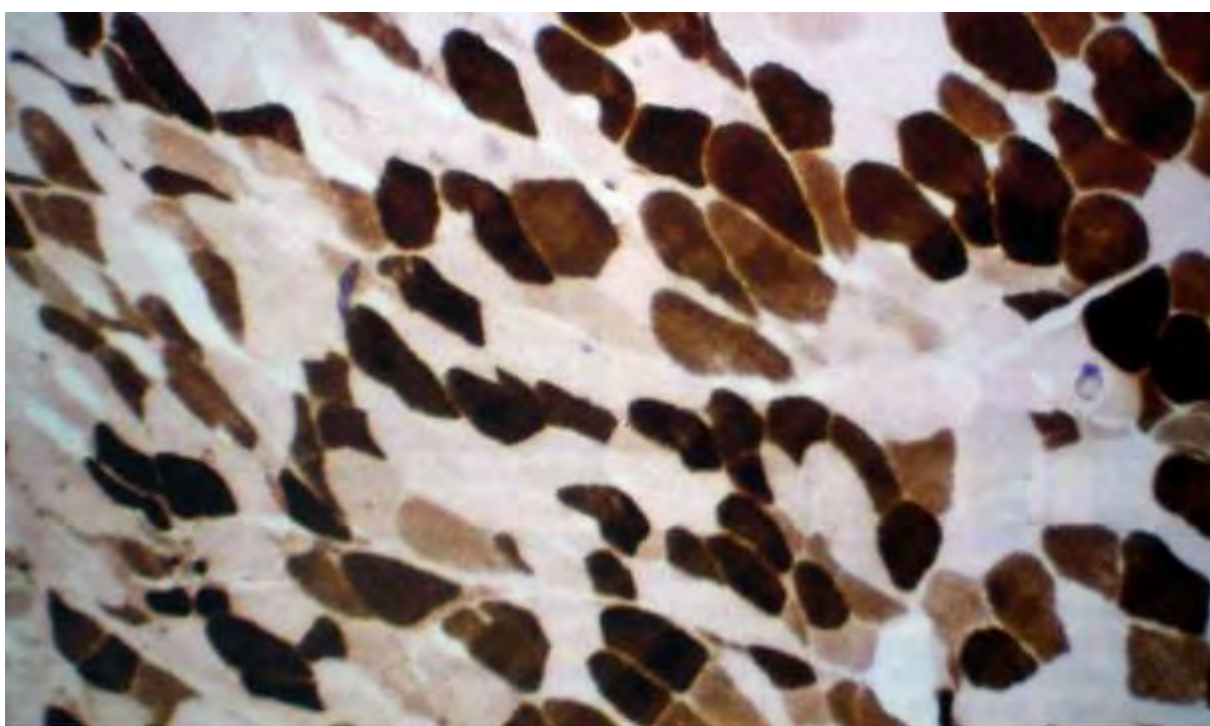
συσπάσεως των μυϊκών ινών, αύξηση της αντίστασης στο μυϊκό κάματο (Fatigue Resistance), και τετραπλασιασμό της δύναμης συσπάσεως του μυός¹⁰⁰. Ο μυς γίνεται “αργός”, αλλά η αύξηση της δύναμης συσπάσεως που φτάνει στο μέγιστο επίπεδο μετά από 25 εβδομάδες ηλεκτρικής διέγερσης, είναι συγκρίσιμη με τη μέγιστη εκούσια σύσπαση κάτι που ενθαρρύνει την ιδέα εφαρμογής ΗΜΔ σε τετραπληγικούς ασθενείς για πρόκληση συγκεκριμένων λειτουργικών κινήσεων^{78,100}. Σε περίπτωση εφαρμογής ΗΜΔ βραχείας διάρκειας (1 ώρα την ημέρα για συνολικά 90 ημέρες) και υψηλής συχνότητας (20-30 Hz) στον τετρακέφαλο μηριαίο μυ παραπληγικών ασθενών, οι ιστοχημικές μεταβολές που παρατηρούνται συνίστανται σε θεαματική αύξηση του αριθμού των ινών Ια και μείωση των τύπου ΙΙb⁵² (Εικ 6).

Η συνεχής μυϊκή διέγερση του προσθίου κνημιαίου μυός κονίκλων με χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικό ερέθισμα (2.5 Hz) προκαλεί μέσα σε διάστημα μόλις 2 εβδομάδων σημαντική μείωση των ινών τύπου ΙΙ_B και πλήρη εξαφάνισή τους μετά από 4 εβδομάδες^{52,111}. Ο πληθυσμός των μυϊκών ινών τύπου-Ι αυξάνει μέχρι τη δεύτερη εβδομάδα και μετά διατηρείται σταθερός^{92,111}, ενώ οι μυϊκές ίνες τύπου ΙΑ αυξάνονται σε ποσοστό ανάλογο με τη μείωση των ινών ΙΙ_B^{52,111} (Εικ 7). Μετά τη διακοπή της ΗΜΔ ο σχετικά “αργός” μυς επανακτά τον “γρήγορο” χαρακτήρα του μέσα σε χρονικό διάστημα εβδομάδων¹⁶.

ΗΜΔ έχει δοκιμαστεί θεραπευτικά σε ανθρώπους, με τα καλύτερα αποτελέσματα να επιτυγχάνονται όταν εφαρμόζεται ισομετρική διέγερση του τετρακεφάλου με το γόνατο σε κάμψη 30 μοιρών⁷³. Η θεραπεία με υψηλής συχνότητας ερεθίσματα (37-2000 Hz) για 5-28 εβδομάδες αυξάνει την οξειδωτική δραστηριότητα και μειώνει τον κάματο των μυών χωρίς να τους μετατρέπει σε “αργούς”⁷³. Η εφαρμογή ηλεκτρικής διέγερσης υψηλής συχνότητας (> 10 Hz) είναι πιο αποτελεσματική για τη διατήρηση της μυϊκής μάζας και την παραγωγή μυϊκής δυνάμεως (διέγερση τύπου στατικής δραστηριότητας) κάτι που μπορεί πιθανώς να αποδοθεί στη διακεκομμένη χορήγηση του ηλεκτρικού ερεθίσματος ή στο ότι μεγαλύτερη ροπή μυϊκής συσπάσεως προκαλείται από ερεθίσματα υψηλής παρά χαμηλής συχνότητας^{111,112}.

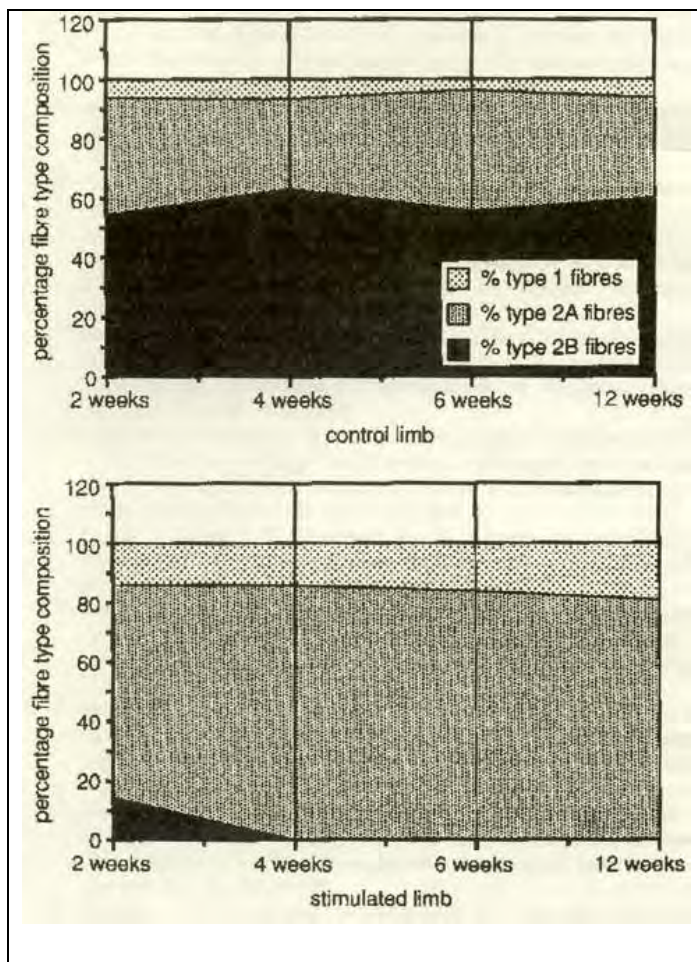


Βιοψία μυός πριν από ηλεκτρική διέγερση



Βιοψία μυός μετά από ηλεκτρική διέγερση

Εικ. 6: Ιστολογική εικόνα παραπληγικού τετρακεφάλου μηριαίου μυός πριν και μετά την εφαρμογή ΗΜΔ συχνότητας 20-30 Hz, μια ώρα την ημέρα για 90 ημέρες (Greve et al. *Paraplegia* 31; 1993: pp. 768.



Εικ. 7: Μεταβολές της ποσοστιαίας σύστασης των μυϊκών ινών του προσθίου κνημιαίου μυός κονίκλου που έχει υποβληθεί σε ΗΜΔ χαμηλής συχνότητας (2.5 Hz) για τα χρονικά διαστήματα που αναγράφονται (Stimulated limb) καθώς και συγκριτική απεικόνιση της σύστασης του προσθίου κνημιαίου μυός του αντιθέτου σκέλους που δεν έχει υποστεί ΗΜΔ (Control limb). Η καταμέτρηση έγινε μετά από ιστοχημική χρώση της ΑΤΡάσης της μυοσίνης με την τεχνική Tunell & Hart.

IV(δ). ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Τα ποιοτικά κριτήρια εφαρμογής των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται για ηλεκτρική μυϊκή διέγερση είναι:

- (α) να έχουν εύκολη τοποθέτηση
- (β) να είναι κατασκευασμένα από υπο-αλλεργιογόνα υλικά
- (γ) να είναι εύκαμπτα και να προσαρμόζονται στην επιφάνεια εφαρμογής
- (δ) να έχουν εμβαδό επιφανείας τόσο μεγάλο όσο χρειάζεται προκειμένου να αποφευχθούν δερματικά εγκαύματα.
- (ε) το υλικό αγωγιμότητας των ηλεκτροδίων να μην παράγει χημικά προϊόντα ερεθιστικά ή τοξικά για το δέρμα.
- (στ) να εξασφαλίζεται επαρκής εξαερισμός για διάχυση της παραγόμενης θερμότητας

(ζ) να μην είναι ενοχλητικά για τον ασθενή

Έχουν δοκιμαστεί πειραματικά διάφορα είδη ηλεκτροδίων, όπως μεταλλικό έλασμα καλυμμένο με βρεγμένη τσόχα, καουτσούκ με γέλη, αυτοκόλλητα με γέλη, επάργυρα ελάσματα κτλ.⁹³. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα όμως στην κλινική πράξη, είναι τα αυτοκόλλητα με επικάλυψη γέλης, γιατί εφαρμόζουν καλύτερα στο δέρμα και είναι εύχρηστα. Στην περίπτωση που η διέγερση αφορά μεγάλες μυϊκές ομάδες πχ τετρακέφαλος μυς, ενδείκνυται τα ηλεκτρόδια να έχουν μεγάλη επιφάνεια επαφής ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή ροπή έκτασης του γόνατος με την μικρότερη δυνατή συγκέντρωση ηλεκτρικού φορτίου. Η συχνότερη επιπλοκή από τη χρήση των αυτοκόλλητων ηλεκτροδίων με γέλη είναι οι ενίοτε παρατηρούμενες δερματικές αντιδράσεις^{21,93,144}.

Οι Zizic και συν.¹⁴⁴, σε μια διπλή τυφλή και τυχαιοποιημένη μελέτη της αποτελεσματικότητας της ηλεκτρικής διέγερσης στην θεραπεία της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος, διαπίστωσαν ήπιες δερματικές αντιδράσεις στο 24% των ασθενών που χρησιμοποιήθηκε ενεργό ηλεκτρόδιο και στο 21% εκείνων όπου χρησιμοποιήθηκε placebo ηλεκτρόδιο. Αυτή η παρατήρηση καταδεικνύει ότι η γέλη του ηλεκτροδίου και όχι καθαυτή η ηλεκτρική διέγερση ήταν υπεύθυνη για το εξάνθημα. Όλα τα δερματικά εξανθήματα ήταν παροδικά και εξαφανίστηκαν με την διακοπή χρήσης γέλης. Ειδικότερα οι Castelain και Chabeau²¹ αποδίδουν τις παραπάνω δερματικές αντιδράσεις σε συγκεκριμένο συστατικό της γέλης την προπυλενο-γλυκόλη.

Ελάχιστες αναφορές υπάρχουν στην βιβλιογραφία που ενοχοποιούν την ηλεκτρική μυϊκή διέγερση για πρόκληση δερματικών εγκαυμάτων. Οι Balmaseda και συν.⁶ περιγράφουν δύο περιπτώσεις εγκαυμάτων σε ασθενείς με βλάβη NM και παραπληγία, ενώ οι Ford και συν.⁴¹ μία περίπτωση δερματικού εγκαύματος πλήρους πάχους σε ασθενή με ημιολική αρθροπλαστική γόνατος (Εικ 8). Και στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις η εφαρμογή ΗΜΔ

έγινε σε περιοχή δέρματος που εμφάνιζε έλλειψη αισθητικότητας (στις δύο πρώτες λόγω βλάβης κεντρικής αιτιολογίας ενώ, στην 3^η περίπτωση είχε προηγηθεί διατομή του επιγονατιδικού κλάδου του σαφηνούς νεύρου και το ενεργό ηλεκτρόδιο είχε τοποθετηθεί στην έσω επιφάνεια του γόνατος. Η αποφυγή εγκαυμάτων προϋποθέτει τήρηση των ποιοτικών κριτηρίων (κυρίως των δ, ε, στ) εφαρμογής των ηλεκτροδίων που αναφέρονται παραπάνω.



Εικ 8: Δερματικό έγκαυμα πλήρους πάχους από λανθασμένη εφαρμογή ηλεκτροδίων μυϊκής διέγερσης στη φάση αποκατάστασης μετά από μονοδιαμερισματική αρthroπλαστική γόνατος (Ford KS: *J Arthroplasty*, 2005).

Κεφάλαιο-3: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. Ο ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ MS-2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

(Iα) ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Ο νευρομυϊκός διεγέρτης MS-2 (Σχήμα-1), κατασκευάζεται στο τμήμα Ιατρικής Φυσικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας του Παν/μίου του Southampton Μεγ. Βρετανίας, που εδράζεται στο Νοσοκομείο του Salisbury και είναι σχεδιασμένος για άσκηση των ατροφικών και παράλυτων σκελετικών μυών. Η παραγόμενη ένταση διεγέρσεως κλιμακώνεται στην αρχή και στο τέλος του κάθε κύκλου, με προσαρμογή του εύρους της ώστε η αίσθηση που προκαλείται στον ασθενή να είναι καλώς ανεκτή. Τροφοδοτείται από μια συνηθισμένη μπαταρία των 9V και έτσι καθίσταται εύκολη η χρήση του διεγέρτη στο σπίτι για συστηματική άσκηση (Εικ. 9 & 10).

Χειριστήρια και ενδείξεις του διεγέρτη MS-2: Δύο διακόπτες με κόκκινο χρώμα (Κανάλια-Channels A & B) που πρέπει να στραφούν σύμφωνα με τους δείκτες του ωρολογίου προκειμένου να αυξηθεί η ένταση του παρεχομένου ηλεκτρικού ρεύματος. Όσο διαρκεί η διέγερση, λαμπτήρας πρασίνου χρώματος αναβοσβήνει ενδεικτικά. Ο διακόπτης επιλογής προγραμμάτων (Mode select switch) έχει γαλάζιο χρώμα και μπορεί να στραφεί σε 10 διαφορετικές ενδείξεις (προγράμματα), επιτρέπει δε την επιλογή κατάλληλης συχνότητας (frequency) και σχήματος (format) διέγερσης για την άσκηση των μυών του υπό θεραπεία μέλους (Παράρτημα – 7).

(Iβ) ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΕΓΕΡΤΗ MS-2

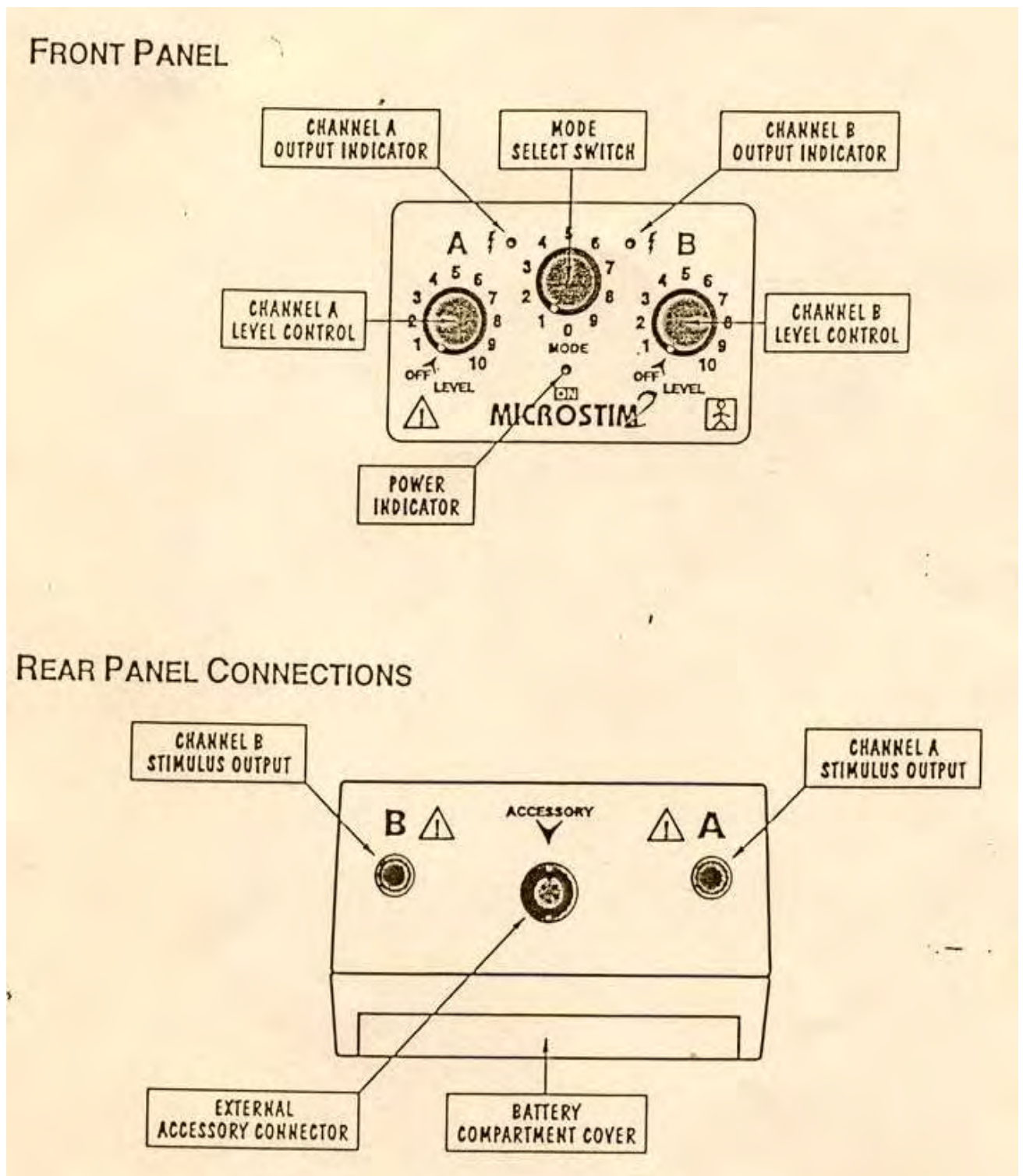
Ένταση ηλεκτρικής απόδοσης: Μεγίστη 120mA όταν η αντίσταση είναι 1KΩ

Συχνότητα διέγερσης: Προγραμματισμένη (συνήθως 10, 20 & 40 Hz)

Κυματομορφή διέγερσης: Ονομαστικά τετράγωνη με παθητική εξισορρόπηση φορτίου

Εύρος περιοδικής διεγέρσεως: 300μs μέγιστο

Τύπος συσκευής: BF



Σχήμα – 1: Σχηματική απεικόνιση πρόσθιας και οπίσθιας κονσόλας του διεγέρτη MS-2.



Εικ. 9: Ηλεκτρικός διεγέρτης MS-2 με ζεύγος ηλεκτροδίων και μπαταρία 9V.



Εικ. 10: Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για διέγερση του έσω πλατέος μύος.

(Ιγ) ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Ο διεγέρτης μπορεί να λειτουργήσει με δύο τύπους ηλεκτροδίων

(α) Σιλικονούχα ηλεκτρόδια με γέλη που τοποθετείται στην επιφάνειά τους πριν κάθε χρήση.

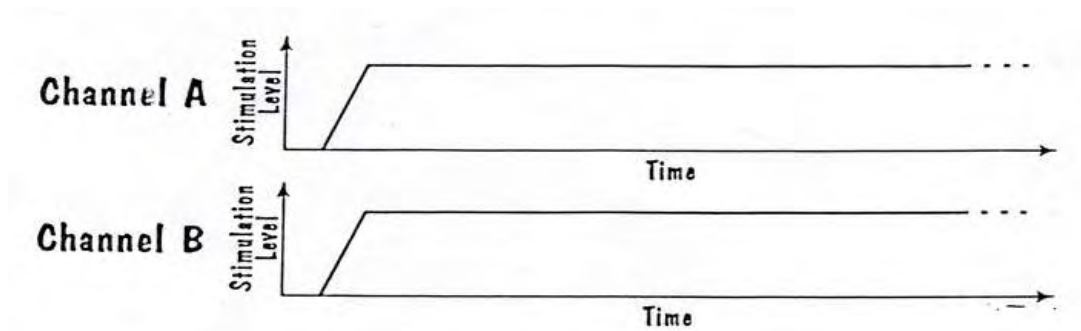
Τα ηλεκτρόδια αυτά συγκρατούνται στο δέρμα με ταινία συγκολλήσεως. Παρά το ότι είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού η τοποθέτηση και συγκράτηση τους είναι πολύπλοκη.

(β) Αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια Pals – Plus. Αυτά είναι κατάλληλα για πολλαπλές χρήσεις και εύκολα στην τοποθέτησή τους. Όταν μετά από επαναλαμβανόμενες τοποθετήσεις χάσουν την ικανότητα προσκολλήσεως στο δέρμα, τότε η διαβροχή της επιφάνειας γέλης με νερό επιμηκύνει το χρόνο ζωής και λειτουργίας τους.

(Ιδ) ΣΧΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ (STIMULATION FORMATS)

Τα σχήματα διέγερσης συνεχές, εναλλασσόμενο και ταυτόχρονο περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο αλλάζει η ένταση και η παροχή της διέγερσης από τα κανάλια Α και Β. Στο σχήμα της συνεχούς διέγερσης η ένταση παροχής προοδευτικά αυξάνει από το μηδέν στο μέγιστο και παραμένει σε αυτό το επίπεδο μέχρι να επιλεγεί άλλο κανάλι ή να διακοπεί η λειτουργία του διεγέρτη. Αυτός ο τρόπος διέγερσης εφαρμόζεται πριν από μία περίοδο άσκησης προκειμένου να εντοπιστεί η ιδανική θέση τοποθέτησης των ηλεκτροδίων και η καλύτερα ανεκτή ένταση διεγέρσεως (Σχήμα - 2).

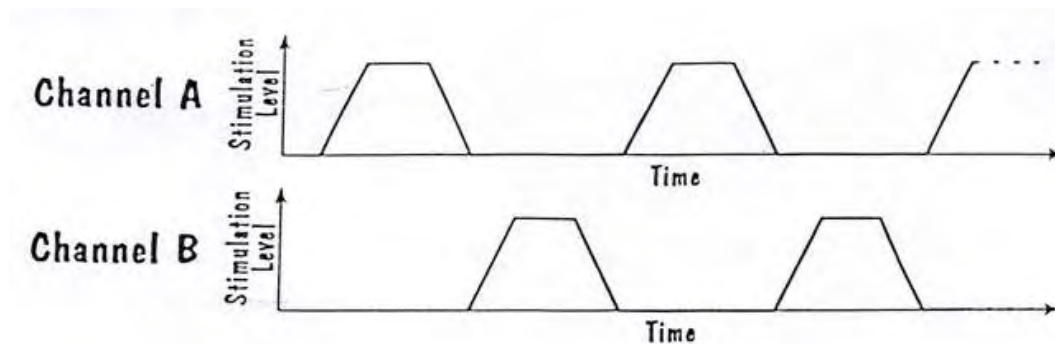
Σχήμα-2: CONTINUOUS



Στο σχήμα εναλλασσόμενης διέγερσης η ένταση παροχής κάθε καναλιού αυξάνει από μηδέν στο μέγιστο όπου και παραμένει για συγκεκριμένο χρόνο και στη συνέχεια σταδιακά

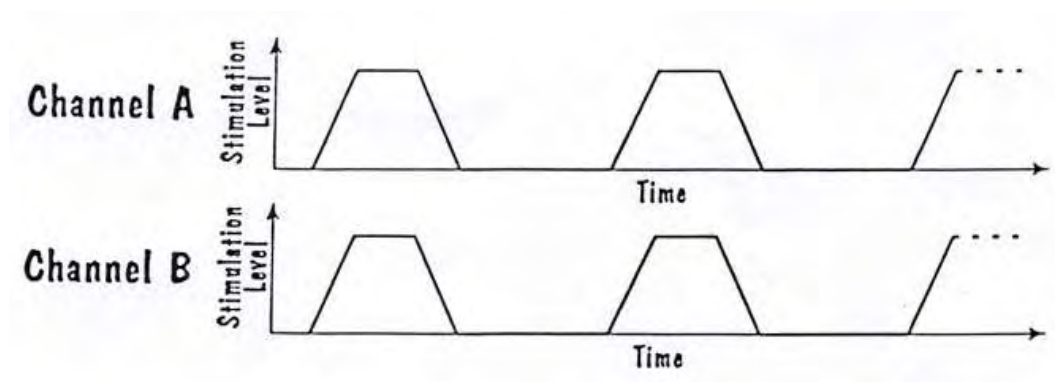
μειώνεται πάλι στο μηδέν. Μετά από καθορισμένο χρόνο ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Μόνο το ένα από τα δύο κανάλια είναι ενεργό σε κάθε χρονική στιγμή. Αυτό το σχήμα διέγερσης είναι ιδανικό για άσκηση ανεξάρτητων μυϊκών ομάδων (όπως ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς) ή ζεύγη αγωνιστών – ανταγωνιστών μυών (Σχήμα – 3).

Σχήμα-3: ALTERNATE



Στο σχήμα ταυτόχρονης διέγερσης η ένταση παροχής και των δύο καναλιών προοδευτικά αυξάνει από μηδέν στο μέγιστο όπου και παραμένει για συγκεκριμένο χρόνο και στη συνέχεια σταδιακά μειώνεται πάλι στο μηδέν. Μετά από καθορισμένο χρόνο ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Και τα δύο κανάλια είναι ενεργά ταυτόχρονα και οι αλλαγές έντασης είναι συγχρονισμένες. Αυτό το σχήμα διέγερσης είναι η καταλληλότερη άσκηση για μυϊκές ομάδες που απαιτούν ταυτόχρονη διέγερση όπως οι καμπτήρες του καρπού και των δακτύλων (Σχήμα – 4).

Σχήμα-4: SIMULTANEOUS



Σχετικός πίνακας σχημάτων ηλεκτρικής διέγερσης και αντιστοίχων κλινικών εφαρμογών παρατίθεται στο Παράρτημα-7.

II. ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο αντικειμενικός σκοπός της δικής μας έρευνας ήταν να εξετάσει εάν η χρήση ΗΜΔ του έσω πλατέος μυός για 4 ώρες την ημέρα κατά τη διάρκεια των πρώτων 6 εβδομάδων μετά από ολική αρθροπλαστική γόνατος, σε συνδυασμό με τη συμβατική φυσιοθεραπεία μπορεί να επιταχύνει την ανάρρωση των ασθενών σε σχέση με την παροχή φυσιοθεραπείας και μόνο. Με βάση τον παραπάνω σκοπό η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση της έρευνας έχουν ως εξής:

Μηδενική υπόθεση: Η χρήση ΗΜΔ του έσω πλατέος μυός για 4 ώρες την ημέρα κατά τη διάρκεια των πρώτων 6 εβδομάδων μετά από ολική αρθροπλαστική γόνατος, σε συνδυασμό με τη συμβατική φυσιοθεραπεία δεν επιταχύνει την ανάρρωση των ασθενών σε σχέση με την παροχή φυσιοθεραπείας και μόνο.

Εναλλακτική υπόθεση: Η χρήση ΗΜΔ του έσω πλατέος μυός για 4 ώρες την ημέρα κατά τη διάρκεια των πρώτων 6 εβδομάδων μετά από ολική αρθροπλαστική γόνατος, σε συνδυασμό με τη συμβατική φυσιοθεραπεία επιταχύνει την ανάρρωση των ασθενών σε σχέση με την παροχή φυσιοθεραπείας και μόνο.

Ο λειτουργικός ορισμός της «επιτάχυνσης» στη συγκεκριμένη έρευνα περιλαμβάνει βελτίωση στις παρακάτω παραμέτρους/δείκτες:

- (α) την ταχύτητα βαδίσεως και τη λειτουργία του γόνατος των ασθενών (Πρωτογενής ερευνητικός στόχος)
- (β) το δείκτη αποτίμησης λειτουργικότητας των ασθενών (Δευτερογενής ερευνητικός στόχος).

Εκτιμήθηκε επίσης η πιθανότητα «μεταφερόμενης βελτίωσης» των ασθενών στις 12 και 52 εβδομάδες μετά την εγχείρηση (Τριτογενής ερευνητικός στόχος).

Ερευνητικό σχέδιο

Πρόκειται για μια προ-οπτική, τυχαιοποιημένη, συγκριτική με ομάδα ελέγχου μελέτη, που διενεργήθηκε στην τριετία 2005-2008 αφού ο σκοπός της έτυχε της εγκρίσεως της Επιστημονικής Επιτροπής του Γενικού Νοσοκομείου Λάρισας. Πιο αναλυτικά, μεταξύ Ιανουαρίου 2005 και Νοεμβρίου 2006, συνολικά εκατό ασθενείς με συμπτωματική ετερόπλευρη οστεοαρθρίτιδα γόνατος που είχαν εισαχθεί στην Ορθοπαιδική κλινική υπό την ευθύνη τριών Ορθοπαιδικών χειρουργών προκειμένου να υποβληθούν σε επέμβαση αρθροπλαστικής, συμπεριελήφθησαν αρχικά στη μελέτη και εξετάστηκε η καταλληλότητά τους να συμμετέχουν στη συγκεκριμένη έρευνα.

Κριτήρια εισόδου (επιλογής) ήταν:

- (α) Καλό νοητικό επίπεδο των ασθενών, ώστε να είναι σε θέση να κατανοήσουν και άρα να εφαρμόσουν τη χρήση του ηλεκτρικού διεγέρτη MS-2
- (β) Ολική αρθροπλαστική που γίνεται για πρώτη φορά (primary arthroplasty), σε πάσχον γόνατο με συμπτωματική ετερόπλευρη ΟΑ ακτινολογικής βαρύτητας > 2 σύμφωνα με τα ακτινολογικά κριτήρια Kellgren-Lawrence⁶⁶ και
- (γ) Ηλικία ασθενούς μεταξύ 60 και 75 ετών.

Κριτήρια αποκλεισμού (απομάκρυνσης) ήταν:

- (α) Ρευματοειδής αρθρίτιδα
- (β) Συμπτωματική ΟΑ ισχίων ή ποδοκνημικών αρθρώσεων
- (γ) Ιστορικό επιληψίας
- (δ) Χρήση καρδιακού βηματοδότη
- (ε) ΟΑ του αντιστοίχου γόνατος ακτινολογικής βαρύτητας > 2 κατά Kellgren-Laurence
- (στ) Δυσχέρεια κατανόησης του τρόπου χρήσης του ηλεκτρικού διεγέρτη και

(ζ) Παθολογικές καταστάσεις του δέρματος πάνω από τον έσω πλατύ μυ και την έξω επιφάνεια του μηρού.

Συνολικά 76 ασθενείς που πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια συμμετοχής και δέχτηκαν να λάβουν μέρος στην έρευνα αυτή, υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης. Με τη βοήθεια προγράμματος τυχαιοποίησης ηλεκτρονικού υπολογιστή έγινε τυχαία κατανομή των ασθενών σε δύο ομάδες (N=38 σε κάθε μία): Ομάδα-A ή ομάδα θεραπείας με ΗΜΔ και ομάδα-B ή ομάδα ελέγχου (Control).

Όλοι οι ασθενείς υπεβλήθησαν σε επέμβαση αρthroπλαστικής του πάσχοντος από ΟΑ γόνατος από τρεις Ορθοπαιδικούς χειρουργούς. Η προσπέλαση που ακολουθήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις ήταν η έσω παρα-επιγονατιδική και η πρόθεση που χρησιμοποιήθηκε (Multigen Plus knee system, Lima-Lto, Udine, Italy) είχε σταθερό πολυαιθυλένιο και τοποθετήθηκε με τσιμέντο διατηρώντας την ακεραιότητα του οπισθίου χιαστού συνδέσμου. Επιφανειοπλαστική της επιγονατίδας με πολυαιθυλένιο δεν έγινε σε καμιά περίπτωση, ενώ τρυπανισμοί διενεργήθηκαν στις αρθρικές επιφάνειες της επιγονατίδας σε περιοχές με πλήρη απώλεια του χόνδρου.

Το ίδιο πρωτόκολλο συμβατικής φυσικοθεραπείας (Παράρτημα-8), εφαρμόστηκε και στις δύο ομάδες ασθενών τις πρώτες 6 μετεγχειρητικές εβδομάδες. Επιλέξαμε να μην περιλάβουμε στο σχήμα συμβατικής φυσικοθεραπείας τη συνεχή παθητική κινητοποίηση του γόνατος (Continuous passive motion: CPM) με μηχανήμα, έχοντας επίγνωση του αυξημένου κινδύνου επιπλοκών από το χειρουργικό τραύμα που σχετίζεται με τη χρήση του⁸⁰. Ακόμη, μελέτες όπως αυτές των Pope¹⁰⁴ και Nielsen⁹⁶ θέτουν σε αμφισβήτηση την ύπαρξη μακροπρόθεσμης (μετά από 1 έτος) βελτίωσης του εύρους κινήσεως του γόνατος ασθενών που έκαναν χρήση μηχανήματος παθητικής κινητοποίησης της άρθρωσης στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο συγκριτικά με άλλους που δεν έκαναν. Επιπρόσθετα στην ομάδα-A, ξεκινώντας από τη

δεύτερη μετεγχειρητική ημέρα ηλεκτρική διέγερση του τετρακεφάλου μηριαίου μυός (40Hz, 300μs) εφαρμόστηκε για 4 ώρες το 24ωρο (συνεχείς ή διακοπτόμενες) όταν ο/η ασθενής βρισκόταν στο κρεβάτι ή καθόταν στην πολυθρόνα με το γόνατο σε έκταση (Ισομετρική διέγερση, Εικ. 10). Οι περισσότεροι ασθενείς χρησιμοποιούσαν τον διεγέρτη 2 ώρες το πρωί και 2 ώρες το απόγευμα.

Τρεις ασθενείς αποσύρθηκαν από την ομάδα-A μέσα στις πρώτες μέρες εφαρμογής της ΗΜΔ επειδή τους ήταν δυσάρεστη η αίσθηση της ηλεκτρικής διέγερσης (Υπο-ομάδα-A1). Τρεις ασθενείς της ομάδας-B μετακόμισαν σε άλλη πόλη και δεν ήταν σε θέση να προσέλθουν για επανεξέταση, συνεπώς αποκλείστηκαν από τη μελέτη (Υπο-ομάδα-B1). Τα στάδια εξέλιξης της μελέτης και η κατανομή των ασθενών στις ομάδες που περιγράφονται, απεικονίζονται στο Διάγραμμα-1. Έτσι τελικά, συμπλήρωσαν όλα τα στάδια της έρευνας και διαθέτουμε πλήρη στοιχεία για 35 ασθενείς σε κάθε ομάδα. Αυτοί ήταν 13 άνδρες και 57 γυναίκες με 33 δεξιά και 37 αριστερά χειρουργημένα γόνατα. Αυτοί οι 70 ασθενείς εξετάστηκαν προ-εγχειρητικά και στις 6, 12 και 52 εβδομάδες μετά την επέμβαση. Τα δημογραφικά τους στοιχεία παρατίθενται αναλυτικά στον Πίνακα-1. Οι δύο ομάδες (A & B) είναι αριθμητικά ίσες και δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ηλικία, το φύλο και το δείκτη σωματικής μάζας (Body Mass Index - BMI). Πιο συγκεκριμένα, μια ανάλυση χ^2 (Chi-squared analysis) διενεργήθηκε για τη μεταβλητή του φύλου, η οποία απέτυχε να καταδείξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ($p=0.759$), ενώ για τη σύγκριση των μεταβλητών της ηλικίας και του BMI οι υπολογισμοί που έγιναν με δύο t-tests επίσης δεν απέδωσαν σημαντικές διαφορές ($p=0.91$ και $p=0.726$ αντίστοιχα). Επιπλέον, οι δύο ομάδες ήταν όμοιες και όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους που εξετάστηκαν. Έτσι, δεν ανιχνεύτηκαν διαφορές μεταξύ τους στον έλεγχο με t-test για τις παρακάτω μεταβλητές: OKS ($p=0.671$), PCI ($p=0.728$), WS ($p=0.369$), Knee Score ($p=0.504$), Function Score ($p=0.89$), Total Score ($p=0.724$) και SF-36 ($p=0.38$).

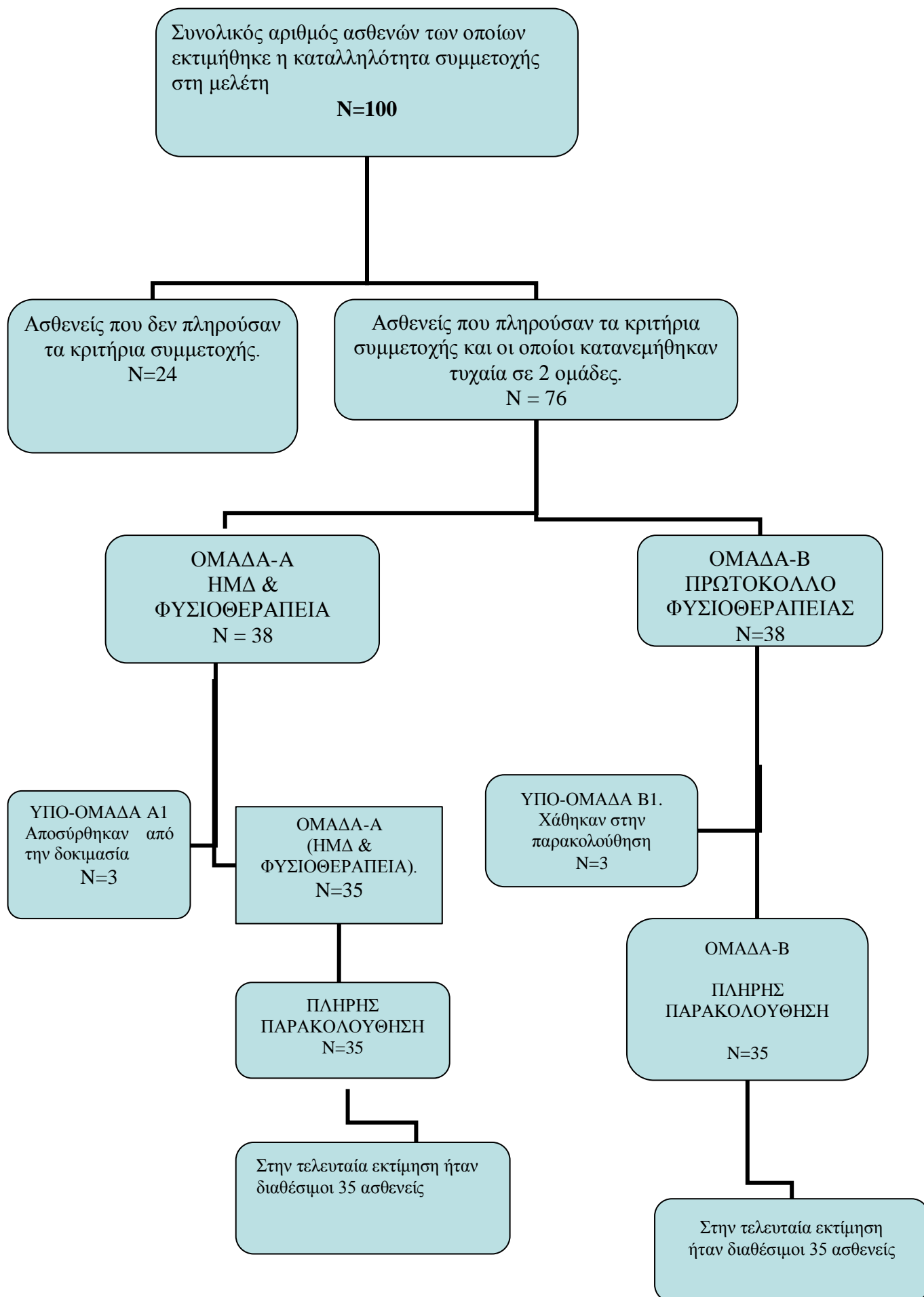
ΠΙΝΑΚΑΣ – 1

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ

ΟΜΑΔΕΣ	ΟΜΑΔΑ-A (ΗΜΔ)	ΟΜΑΔΑ-B (ΕΛΕΓΧΟΥ)
Αριθμός ασθενών	35	35
Εύρος ηλικιών	60-75	61-75
Μέση ηλικία \pm SD [‡]	70.54 \pm 4.68	70.66 \pm 3.73
Φύλο	Άνδρες = 7 Γυναίκες = 28	Άνδρες = 6 Γυναίκες = 29
Πλευρά	Δεξιό γόνατο = 16 Αριστερό γόνατο = 19	Δεξιό γόνατο = 17 Αριστερό γόνατο = 18
Mean BMI [†] \pm SD [‡]	27.38 \pm 2.65	27.14 \pm 3.31
<u>Κατανομή δεικτών σωματικής μάζας (Body Mass Index Distribution):</u> 18.5 – 24.9 (Φυσιολογικό Β. Σ.) 25 – 29.9 (Υπέρβαροι) > 30 (Παχύσαρκοι)	 N = 7 N = 20 N = 8	 N = 8 N = 19 N = 8

†Mean BMI: Μέσος Δείκτης Σωματικής Μάζας

‡SD: Σταθερή Απόκλιση



Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης μόνο το ένα από τα δύο κανάλια (Α ή Β) του νευρομυϊκού διεγέρτη MS-2 χρησιμοποιήθηκε. Τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια πολλαπλών χρήσεων Pals – Plus (Nidd Valley Medical, Conyngham Hall, Knaresborough, North Yorkshire, HG5 9AY, UK), διαμέτρου 70mm, τοποθετήθηκαν στο δέρμα της περιοχής πάνω από τον έσω πλατύ μυ και στην εξωτερική επιφάνεια του μηρού. Αυτά συνδέθηκαν με τον «ενεργό» και τον «ουδέτερο» αγωγό του κυκλώματος αντίστοιχα (Εικ. 9,10). Για την επιλογή της θέσης των ηλεκτροδίων και της έντασης της ηλεκτρικής διέγερσης που θα εφαρμοζόταν σε κάθε ασθενή χρησιμοποιήθηκε αρχικά για λίγα λεπτά το πρόγραμμα 5 όπου η παροχή ρεύματος είναι συνεχής με συχνότητα 40Hz. Ταυτόχρονα η ένταση του ηλεκτρικού ερεθίσματος αυξανόταν βαθμιαία μέχρι του σημείου όπου δεν ήταν πλέον «καλώς ανεκτή» και σημειώνονταν η «μεγίστη ένταση ερεθίσματος» που μπορούσε να δεχτεί ο/η κάθε ασθενής χωρίς ιδιαίτερη ενόχληση. Στη συνέχεια δινόταν στον/στην ασθενή η οδηγία να χρησιμοποιεί το κύκλωμα στο πρόγραμμα 6 όπου η παροχή ρεύματος ήταν εναλλασσόμενη, με συχνότητα 40 Hz και στο προκαθορισμένο επίπεδο έντασης για 4 ώρες την ημέρα. Με το εναλλασσόμενο σχήμα παροχής ηλεκτρικού ερεθίσματος του MS-2 η διέγερση διατηρούνταν στο μέγιστο επίπεδο για 8 δευτερόλεπτα και ακολουθούσε ένα διάλειμμα άλλων 8 δευτερολέπτων.

Μετρήσεις

Κλινικά αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν προ-οπτικά στα χρονικά διαστήματα πριν την επέμβαση και στις 6, 12 και 52 εβδομάδες μετά, με μετρήσεις της ταχύτητας βαδίσσεως (WS) και του Φυσιολογικού Δείκτη Κόστους (PCI). Σε όλες τις παραπάνω χρονικές στιγμές, εφαρμόστηκε βαθμολόγηση της αρθροπλαστικής του γόνατος με βάση το σύστημα της Αμερικανικής Εταιρείας Γόνατος (American Knee Society Clinical Rating System), το σύστημα Oxford Knee Score και το ερωτηματολόγιο SF-36. Η διενέργεια των δοκιμασιών και καταγραφή των μετρήσεων γινόταν από δύο ανεξάρτητους εκτιμητές που συμμετείχαν στο ερευνητικό πρόγραμμα, οι οποίοι στην αρχή της μελέτης εμφάνισαν ένα βαθμό συμφωνίας (μεταξύ τους και με τον εαυτό του ο καθένας) της τάξεως του 95%. Οι εκτιμητές αυτοί δεν

γνώριζαν σε ποια από τις δύο ομάδες υπό μελέτη ανήκε ο εξεταζόμενος ασθενής, έτσι ώστε να αποφευχθεί η όποια προκατάληψη ή μεροληπτική βαθμολόγηση.

(α) Ταχύτητα βαδίσσεως

Μετρήθηκε μετά από διενέργεια δοκιμασίας βάδισης 3 λεπτών σε βαθμονομημένο διάδρομο 10 μέτρων και καταγραφή της απόστασης βαδίσσεως (Walking Distance) σε μέτρα. Το 1/3 αυτής της απόστασης εκφράζει την ταχύτητα βαδίσσεως (Walking Speed) σε μέτρα/λεπτό (m/min). Ο διάδρομος στον οποίον διενεργούνταν η δοκιμασία ήταν ευρύς και απόλυτα επίπεδος. Η τροχιά που διένυαν οι εξεταζόμενοι ασθενείς, είχε σχήμα ωοειδές, έτσι ώστε η στροφή γινόταν κατά τη διάρκεια της βάδισης χωρίς να χρειάζεται να σταματούν προκειμένου να αλλάξουν κατεύθυνση. Οδηγίες δίδονταν στους ασθενείς να βαδίζουν συνεχόμενα, χωρίς στάσεις, αλλά και χωρίς επιτάχυνση του ρυθμού του βηματισμού τους. Η βάδιση γινόταν λοιπόν στο ρυθμό που επέλεγε ο κάθε εξεταζόμενος, σε μια άνετη και φυσιολογική ταχύτητα. Η τελευταία για υγιείς ενήλικες έχει βρεθεί να κυμαίνεται από 60m/min έως 100m/min^{38,139}. Δεν εφαρμόστηκαν περιορισμοί ως προς το χρόνο που είχε διαρρεύσει από το πλέον πρόσφατο γεύμα ή κάπνισμα και από την λήψη της τελευταίας δόσης φαρμάκων.

(β) Ο Φυσιολογικός Δείκτης Κόστους (Physiological Cost Index - PCI)

Αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο μέτρησης της ενεργειακής δαπάνης. Βασίζεται στην παρατήρηση ότι μεταβολές της κατανάλωσης οξυγόνου στους μύες συνοδεύονται από ανάλογες μεταβολές του καρδιακού ρυθμού και έτσι η δαπάνη ενέργειας είναι ανάλογη με την αύξηση του καρδιακού ρυθμού μετά από άσκηση σε σχέση με τον αντίστοιχο ρυθμό σε κατάσταση ηρεμίας^{1,5,138}.

Ο άμεσος τρόπος υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας που σχετίζεται με δραστηριότητα είναι τεχνικά περίπλοκος, καθώς απαιτεί μέτρηση της πρόσληψης οξυγόνου με τη χρήση μάσκας με αναπνευστήρα για συλλογή του εκπνεόμενου αέρα και ανάλυση της περιεκτικότητάς του σε οξυγόνο. Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει χρησιμοποίηση

υποδομών αναπνευστικού εργαστηρίου και είναι δύσκολη σε συνθήκες καθημερινής κλινικής πράξης^{5,94}.

Η μεταβολή του καρδιακού ρυθμού έχει αποδειχθεί αξιόπιστη παράμετρος κατανάλωσης ενέργειας⁹⁴. Άλλοι παράγοντες, εκτός από την κατανάλωση ενέργειας, μπορεί να επηρεάσουν τον καρδιακό ρυθμό όπως οι συναισθηματικές μεταβολές· στη φάση όμως έντονης σωματικής δραστηριότητας, η επίδραση των τελευταίων είναι αμελητέα³. Τόσο η αύξηση του καρδιακού ρυθμού (HR), όσο και η ταχύτητα βαδίσσεως (WS), είναι μεγέθη ανάλογα με την κατανάλωση οξυγόνου και η σχέση τους είναι γραμμική⁵. Ο MacGregor⁷⁹ επινόησε το συνδυασμό των δύο αυτών παραμέτρων, από τον οποίο προκύπτει ο δείκτης PCI με βάση τον παρακάτω τύπο. Ο δείκτης PCI αποτελεί μια αντικειμενική ένδειξη της ικανότητας μετακίνησης του ατόμου⁹⁵ και οι μονάδες μέτρησής του είναι **καρδιακοί κτύποι ανά μέτρο (Heart beats/m)**.

Τύπος υπολογισμού του Φυσιολογικού Δείκτη Κόστους (PCI):

$$\text{PCI} = \text{Working HR} - \text{Resting HR (heart beats/min)} / \text{Walking Speed (m/min)}$$

Για τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού χρησιμοποιήθηκε όργανο ανίχνευσης που τοποθετούνταν στο θώρακα Polar Heart Rate Monitor (Polar Electro Oy Professorintie 5, FIN-90440, Kempele, Finland) και η καταγραφή γινόταν σε δέκτη υπό μορφή ωρολογίου χειρός.

Ως καρδιακός ρυθμός άσκησης (Working HR) λαμβάνονταν η καταγραφή στο τέλος της δοκιμασίας βάδισης 3 λεπτών. Ακολουθήθηκε ο πλέον ακριβής τρόπος υπολογισμού του καρδιακού ρυθμού ηρεμίας (Resting HR), με εξαγωγή αριθμητικού μέσου όρου από 3 διαδοχικές μετρήσεις καρδιακής συχνότητας που γινόντουσαν σε διάστημα 2 λεπτών μετά από περίοδο ανάπαυσης του εξεταζόμενου σε ήσυχο χώρο διάρκειας 5 λεπτών¹⁰⁹ προκειμένου να εξασφαλιστούν συνθήκες σταθερού περιβάλλοντος⁵. Η διαφορά των δύο ρυθμών διαιρούταν με την ταχύτητα βαδίσσεως, ώστε να προκύψει ο Φυσιολογικός Δείκτης Κόστους. Οι Butler και συν.¹⁹ καθόρισαν το εύρος τιμών του PCI για παιδιά 3-12 ετών, ενώ οι Nene και συν.⁹⁴ το αντίστοιχο εύρος για εφήβους 11-16 ετών και ενήλικες 19-60 ετών. Ο PCI έχει τύχει ευρείας αποδοχής ως δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης και υπάρχουν μελέτες στη βιβλιογραφία όπου

έχει χρησιμοποιηθεί σαν αντικειμενική παράμετρος αξιολόγησης του αποτελέσματος μιας θεραπευτικής στρατηγικής^{7,91}. Η μέτρησή του όπως περιγράφεται παραπάνω, είναι σχετικά εύκολη και δεν απαιτεί ιδιαίτερο τεχνολογικό εξοπλισμό⁹⁴.

Τα συστήματα βαθμολόγησης της ολικής αρθροπλαστικής του γόνατος έχουν αναπτυχθεί διεξοδικά στο κεφάλαιο ΙΙΙδ του Γενικού μέρους, γι' αυτό συνοπτικά μόνον αναφέρονται παρακάτω (Γ-Ε):

(γ) Το σύστημα της Αμερικανικής Εταιρείας Γόνατος (American Knee Society Clinical Rating System – AKSS)⁶¹.

Αποτελείται από δύο μέρη (βλ. Παράρτημα-6), που είναι αντικειμενικά μέτρα του αποτελέσματος της αρθροπλαστικής: Τη βαθμολογία του γόνατος (Knee Score) και τη βαθμολογία λειτουργίας του ασθενούς (Function Score). Η πρώτη βαθμολογεί τον πόνο, τη σταθερότητα και το εύρος κίνησης με βαθμούς να αφαιρούνται για τη σύγκامψη, το έλλειμμα έκτασης και την απόκλιση του μηχανικού άξονα του γόνατος. Η δεύτερη βαθμολογεί την απόσταση βαδίσεως και την ανάβαση-κατάβαση σκάλας, με βαθμούς να αφαιρούνται για τη χρήση βοηθήματος βάδισης. Η απόδοση δύο ξεχωριστών βαθμολογιών Knee Score και Function Score εξαλείφει το πρόβλημα μείωσης της βαθμολογίας του γόνατος λόγω άλλων παθολογικών προβλημάτων του ασθενούς ή λόγω προχωρημένης ηλικίας⁶⁸.

(δ) Το σύστημα Oxford Knee Score (OKS)²⁷

Είναι ερωτηματολόγιο 12 ερωτήσεων (βλ. Παράρτημα-5), που συμπληρώνεται από τον ασθενή και αποτελεί υποκειμενικό μέτρο του αποτελέσματος της αρθροπλαστικής γόνατος καθώς εκφράζει το πώς αντιλαμβάνεται ο ίδιος την όποια βελτίωση του πόνου και της λειτουργίας της άρθρωσης. Είναι εύχρηστο, αξιόπιστο και ευαίσθητο εργαλείο αξιολόγησης των μεταβολών στο χρόνο. Επιπλέον, με τη χρήση του OKS, αποφεύγεται το σφάλμα απόκλισης της βαθμολογίας που αποδίδεται από διαφορετικούς παρατηρητές σε ένα συγκεκριμένο ασθενή την ίδια χρονική στιγμή (Inter-observer error)⁷⁶.

(ε) Το ερωτηματολόγιο SHORT FORM-36 (SF-36)^{129,135}

Είναι ένα γενικό μέτρο της κατάστασης της υγείας¹²⁸, που αποτιμά τη λειτουργικότητα των ασθενών. Οι 35 από τις 36 ερωτήσεις χρησιμοποιούνται στη βαθμολόγηση των 8 κλιμάκων του ερωτηματολογίου και οι σύνθετες μεταβλητές PCS και MCS προκύπτουν από άθροισμα κλιμάκων με συγκεκριμένη μέθοδο ανάλυσης⁵³. Η ερμηνεία των κλιμάκων και των σύνθετων μεταβλητών PCS και MCS αναλυτικά παρατίθεται στα Παραρτήματα 3 και 4.

Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, που έγινε στο Εργαστήριο Βιομαθηματικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, περιελάμβανε σύγκριση των δύο ομάδων σε διάρκεια χρόνου 0-52 εβδομάδων ($t_0 - t_{52}$), με τη χρήση γενικού γραμμικού μοντέλου για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με διόρθωση Bonferroni. Το πρόγραμμα H.Y. που χρησιμοποιήθηκε ήταν το SPSS v.13.0 (SPSS Chicago, Illinois). Πιο ειδικά, η ανάλυση εξέτασε την επίδραση του χρόνου στην αποκατάσταση του συνολικού δείγματος των ασθενών, την επίδραση της ομάδας (δηλ. κατά πόσο υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων) και την αλληλεπίδραση χρόνου και ομάδων (δηλ. εάν οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων εμφάνιζαν μεταβολή στη διάρκεια του χρόνου). Τα αποτελέσματα θεωρούνταν στατιστικώς σημαντικά όταν $p < 0.05$. Στη σύγκριση των δύο ομάδων σε όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν, χρησιμοποιήθηκε η μη-παραμετρική δοκιμασία Mann-Whitney U test.

Διενεργήθηκε post-hoc ανάλυση ισχύος του κριτηρίου της μελέτης^{65,116}, που εξέτασε τη διαφορά των μέσων όρων σε τέσσερις παραμέτρους των δύο ομάδων στη χρονική στιγμή των 12 εβδομάδων, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και με 35 ασθενείς κατανεμημένους σε κάθε ομάδα, δίνοντας τα εξής αποτελέσματα: 99% για το Function Score, 81% για το Total Score, 99.9% για το OKS και 93.9% για την ταχύτητα βάδισης (WS). Αυτά καταδεικνύουν ότι υπήρχε ικανοποιητικός αριθμός ασθενών στη μελέτη για να επιβεβαιωθεί ή να απορριφθεί η ερευνητική υπόθεση ότι η ηλεκτρική μυϊκή διέγερση του έσω πλατέως μυός έχει

βραχυπρόθεσμη ή/και μεσοπρόθεσμη επίδραση στην αποκατάσταση των ασθενών μετά από αρthroπλαστική γόνατος (πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής ερευνητικός στόχος).

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

(α) Ταχύτητα βαδίσσεως

Οι ασθενείς της ομάδας-A εμφάνισαν υψηλότερες τιμές ταχύτητας βαδίσσεως (WS) σε σχέση με τους αντίστοιχους της ομάδας-B, σε επίπεδα που ήταν από στατιστικής άποψης σημαντικά, τόσο στις 6 εβδομάδες ($p = 0.003$) όσο και στις 12 εβδομάδες ($p = 0.001$) ενώ στις 52 εβδομάδες η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p = 0.386$). Στον Πίνακα-2 αναγράφονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων της απόστασης βαδίσσεως (WD) και της ταχύτητας βαδίσσεως (WS), στις 4 χρονικές στιγμές με τις σταθερές αποκλίσεις (SD) και τιμές p .

ΠΙΝΑΚΑΣ – 2

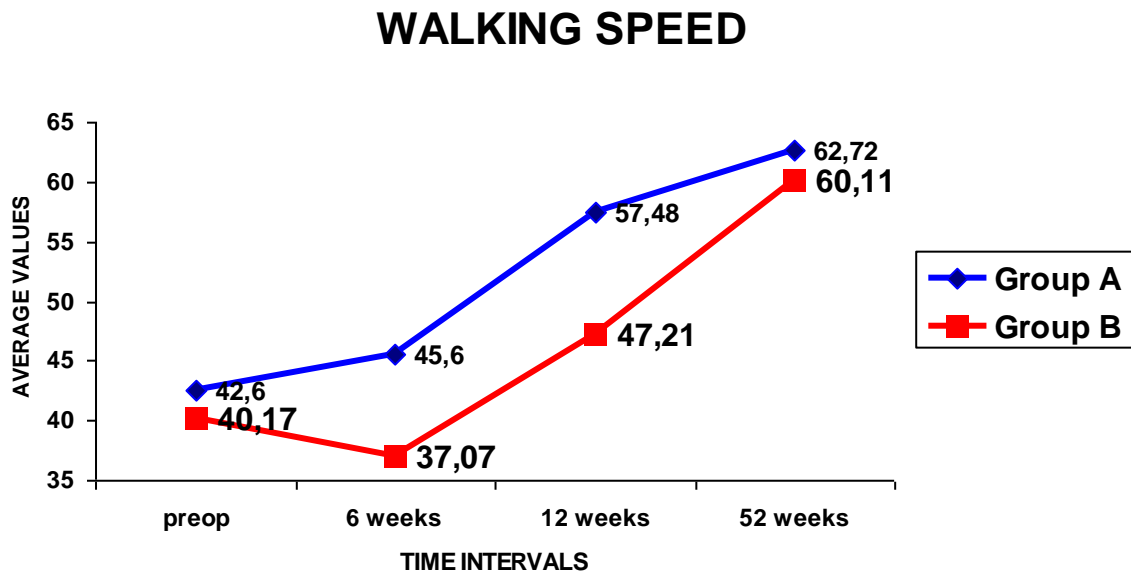
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΒΑΔΙΣΕΩΣ (ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΘΗΚΑΝ ΣΕ 3 ΛΕΠΤΑ) ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΒΑΔΙΣΕΩΣ (ΜΕΤΡΑ / ΛΕΠΤΟ) ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΜΑΔΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ

	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΒΑΔΙΣΕΩΣ (W.D.)			ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΒΑΔΙΣΕΩΣ (W.S.)		
	Ομάδα ΗΜΔ	Ομάδα Ελέγχου	Τιμή-p	Ομάδα ΗΜΔ	Ομάδα Ελέγχου	Τιμή-p
	Μέσος ± SD* (m)	Μέσος ± SD* (m)	P<0.001	Μέσος ± SD* (m/min)	Μέσος ± SD* (m/min)	P<0.001
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση						
0	127.8±37.25	120.43±29.76	0.314	42.6 ± 12.42	40.17 ± 9.92	0.322
6	136.71±42.58	111.2±31.36	0.003	45.6 ± 14.19	37.07 ± 10.45	0.003
12	172.43±42.62	141.63±28.35	< 0.001	57.48 ± 14.21	47.21 ± 9.45	< 0.001
52	188.17±38.89	180.34±26.55	0.39	62.72 ± 12.96	60.11 ± 8.85	0.386

* SD = Standard Deviation (Σταθερά απόκλιση)

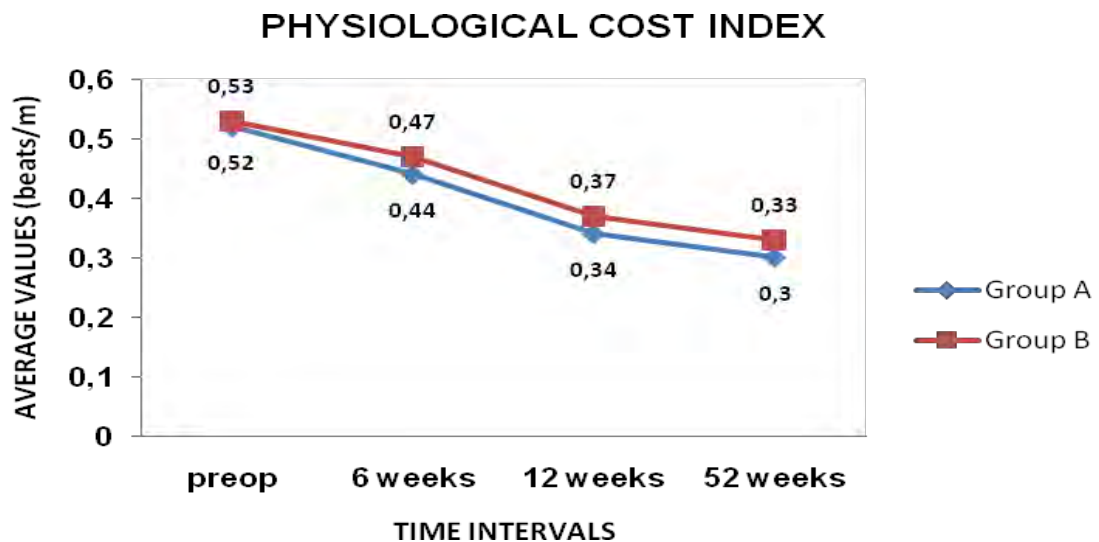
Στο γράφημα-1 παρουσιάζεται σχηματικά η μεταβολή των μέσων όρων της ταχύτητας βαδίσσεως στις διάφορες χρονικές στιγμές.

Γράφημα - 1



(β) Ο Φυσιολογικός Δείκτης Κόστους (Physiological Cost Index-PCI)

Οι τιμές του PCI εμφάνισαν μια στατιστικά σημαντική προοδευτική μείωση στο χρόνο και στις δύο ομάδες ($p = 0.001$), κάτι που αντανακλά τη μείωση του ενεργειακού κόστους βάδισης που λαμβάνει χώρα μετά από αρθροπλαστική γόνατος¹⁰⁸. Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ($p=0.613$).



Γράφημα - 2: Μέσες τιμές PCI στις διάφορες χρονικές στιγμές. Οι καμπύλες εμφανίζονται παράλληλες καταδεικνύοντας ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων δεν εμφάνισαν μεταβολή στη διάρκεια του χρόνου.

Στον Πίνακα-3 αναγράφονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων του PCI στις 4 χρονικές στιγμές με τις σταθερές αποκλίσεις (SD) και τιμές p.

ΠΙΝΑΚΑΣ – 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ΚΑΡΔΙΑΚΟΙ ΚΤΥΠΟΙ / ΛΕΠΤΟ)

PHYSIOLOGICAL COST INDEX (PCI)			
	Ομάδα ΗΜΔ	Ομάδα Ελέγχου	Τιμή-p
	Μέσος ± SD* (Heart beats / min)	Μέσος ± SD* (Heart beats / min)	P=0.613
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση			
0	0.52 ± 0.11	0.53 ± 0.09	0.715
6	0.44 ± 0.10	0.47 ± 0.08	0.151
12	0.34 ± 0.06	0.37 ± 0.07	0.052
52	0.30 ± 0.06	0.33 ± 0.06	0.129

* SD = Standard Deviation (Σταθερά απόκλιση)

(γ) American Knee Society Clinical Rating System (AKSS)

Οι ασθενείς της ομάδας-A εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες τιμές Function Score στις 6 εβδομάδες (p=0.001) και στις 12 εβδομάδες (p=0.001), καθώς και στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες τιμές Total Score στις 6 εβδομάδες (p=0.001) και 12 εβδομάδες (p=0.003) σε σχέση με τους ασθενείς της ομάδας B (Πίνακας-4). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο Knee Score μεταξύ των δύο ομάδων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (p=0.285). Στα γραφήματα 3, 4 και 5 απεικονίζονται οι μέσες τιμές των Knee, Function και Total Score στις χρονικές στιγμές των μετρήσεων. Οι καμπύλες του Knee Score των δύο ομάδων, σχεδόν συμπίπτουν καταδεικνύοντας αμελητέες διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων.

ΠΙΝΑΚΑΣ – 4

ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΓΟΝΑΤΟΣ
AMERICAN KNEE SOCIETY (AKS) CLINICAL RATING SYSTEM (1989)
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ

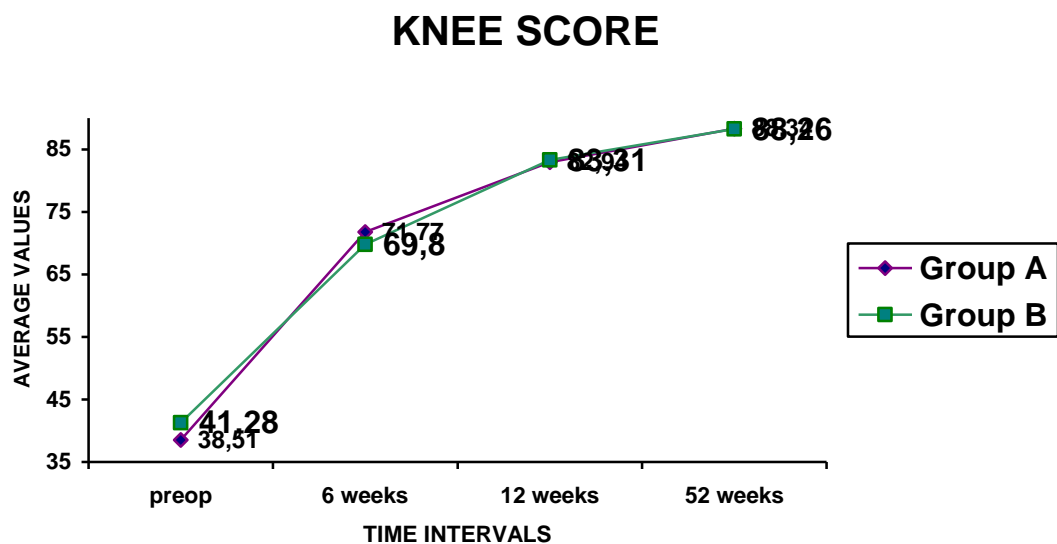
	KNEE SCORE		Τιμή-p P=0.285
	Ομάδα ΗΜΔ Μέσος ± SD*	Ομάδα Ελέγχου Μέσος ± SD*	
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση			
0	38.51 ± 21.66	41.28 ± 11.26	0.226
6	71.77 ± 9.5	69.8 ± 6.47	0.236
12	82.94 ± 8.29	83.31 ± 5.15	0.804
52	88.34 ± 6.13	88.26 ± 5.16	0.953

	FUNCTION SCORE		Τιμή-p P=0.007
	Ομάδα ΗΜΔ Μέσος ± SD*	Ομάδα Ελέγχου Μέσος ± SD*	
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση			
0	52.14 ± 12.85	51.71 ± 12.94	0.811
6	38.14 ± 13.12	26.28 ± 10.6	< 0.001
12	68 ± 8.33	58.43 ± 9.98	< 0.001
52	71.28 ± 9.34	68.14 ± 9.08	0.198

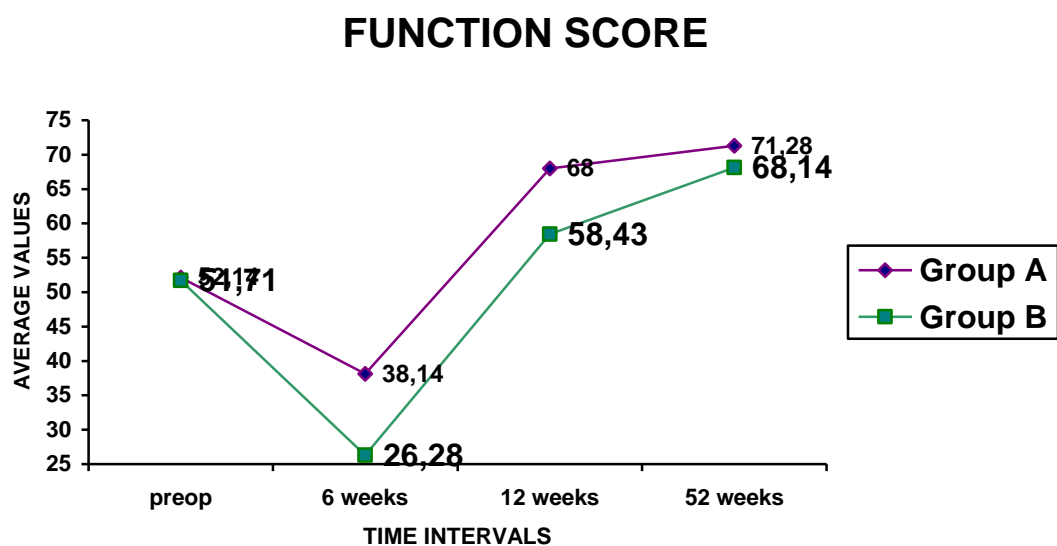
	TOTAL SCORE		Τιμή-p P=0.075
	Ομάδα ΗΜΔ Μέσος ± SD*	Ομάδα Ελέγχου Μέσος ± SD*	
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση			
0	90.66 ± 32.34	93 ± 21.84	0.247
6	109.91 ± 19.53	96.08 ± 12.57	< 0.001
12	150.94 ± 14.26	141.74 ± 12.38	0.003
52	159.63 ± 12.69	156.40 ± 12.11	0.349

* SD = Standard Deviation (Σταθερά απόκλιση)

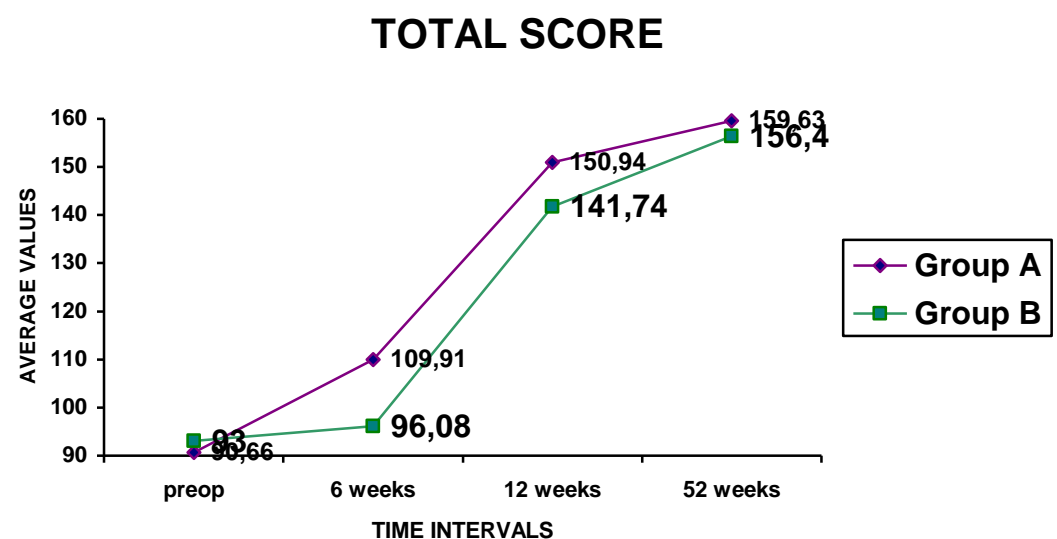
Γράφημα-3



Γράφημα-4



Γράφημα-5



(δ) Το σύστημα Oxford Knee Score (OKS)

Μία στατιστικά σημαντική βελτίωση του OKS ($p = 0.001$) και στις δύο ομάδες σε σχέση με τις προ-εγχειρητικές μετρήσεις παρατηρήθηκε μέχρι και την 52^η εβδομάδα (Πίνακας-5). Οι ασθενείς της ομάδας-Α εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες τιμές OKS στις 6 εβδομάδες ($p=0.001$) και στις 12 εβδομάδες ($p=0.001$) σε σχέση με τους ασθενείς της ομάδας Β. Στο γράφημα-6, απεικονίζονται οι μέσες τιμές OKS στις χρονικές στιγμές των μετρήσεων.

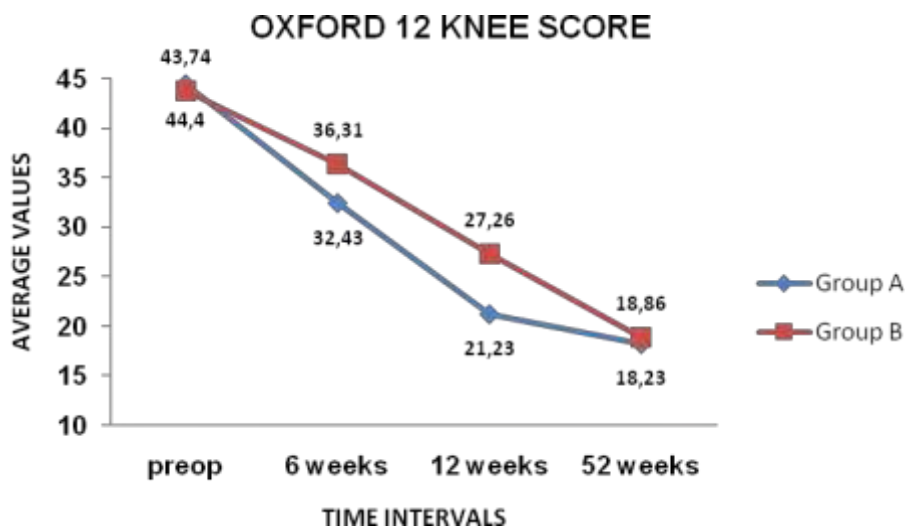
ΠΙΝΑΚΑΣ – 5

ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΟΝΑΤΟΣ ΤΟΥ OXFORD
OXFORD KNEE SCORE (ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ 12 ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ)
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ

	OXFORD KNEE SCORE (OKS)		
	Ομάδα ΗΜΔ Μέσος \pm SD*	Ομάδα Ελέγχου Μέσος \pm SD*	Τιμή-p P<0.001
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση			
0	44.40 \pm 6.23	43.74 \pm 6.66	0.698
6	32.43 \pm 4.57	36.31 \pm 5.13	< 0.001
12	21.23 \pm 3.97	27.26 \pm 3.81	< 0.001
52	18.23 \pm 2.8	18.86 \pm 2.21	0.134

* SD = Standard Deviation (Σταθερά απόκλιση)

Γράφημα-6



(ε) Το ερωτηματολόγιο SHORT FORM-36 (SF-36)

Η βελτίωση και των 8 κλιμάκων του ερωτηματολογίου SF-36 ήταν στατιστικά σημαντική και στις δύο ομάδες (Πίνακας-6). Ειδικότερα στη σύγκριση μεταξύ των δύο ομάδων, ασθενείς της ομάδας-A εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες τιμές των PF, BP, GH και VT συγκριτικά με ασθενείς της ομάδας-B στις 6 εβδομάδες (με τιμές $p = 0.001, 0.004, 0.001$ και 0.019 αντίστοιχα), στις 12 εβδομάδες (όλες οι κλίμακες είχαν τιμή $p = 0.001$) και στις 52 εβδομάδες μετά την εγχείρηση (όλες με $p = 0.001$). Επιπλέον, ασθενείς της ομάδας-A εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες τιμές των κλιμάκων RP, SF, RE και MH συγκριτικά με αυτούς της ομάδας-B στις 12 εβδομάδες (με τιμές $p = 0.003, 0.001, 0.001$ και 0.002 αντίστοιχα).

Οι σύνθετες μεταβλητές PCS και MCS εμφανίζουν μια σημαντική αύξηση στο χρόνο τόσο στην ομάδα ΗΜΔ όσο και στην ομάδα Ελέγχου ($p = 0.001$), που αντανακλά τη συνολική βελτίωση της λειτουργικότητας των ασθενών ως συνέπεια της αρθροπλαστικής του οστεοαρθρικού γόνατος. Οι ασθενείς της ομάδας-A εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες τιμές PCS στις 6, 12 και 52 εβδομάδες (τιμή $p=0.001$ σε όλες αυτές τις χρονικές στιγμές) σε σχέση με τους ασθενείς της ομάδας-B, κάτι που θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως μια σημαντική μείωση του περιορισμού των φυσικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων καθώς και μείωση του σωματικού πόνου, της κόπωσης και ανικανότητας στην ομάδα που υπεβλήθη σε ΗΜΔ ακόμη και ένα χρόνο μετά την εγχείρηση. Τέλος, ασθενείς της ομάδας-A εμφάνισαν υψηλότερες τιμές MCS σε σχέση με τους αντίστοιχους της ομάδας-B (Πίνακας-6), σε επίπεδα που ήταν από στατιστικής άποψης σημαντικά μόνο στις 12 εβδομάδες ($p = 0.001$), αντανακλώντας έτσι μειωμένη επίδραση της θεραπείας με ΗΜΔ στη βελτίωση εκείνων των περιορισμών που οφείλονται σε συναισθηματικά προβλήματα.

Στα γραφήματα 7 και 8 εμφανίζονται οι μέσες τιμές του PCS και MCS στις χρονικές στιγμές που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Στα γραφήματα 9-16 εμφανίζονται οι καμπύλες των μέσων τιμών των 8 κλιμάκων του SF-36 στο χρόνο.

ΠΙΝΑΚΑΣ – 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΚΩΝ[†] ΤΟΥ SF-36 ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ[‡] PCS & MCS

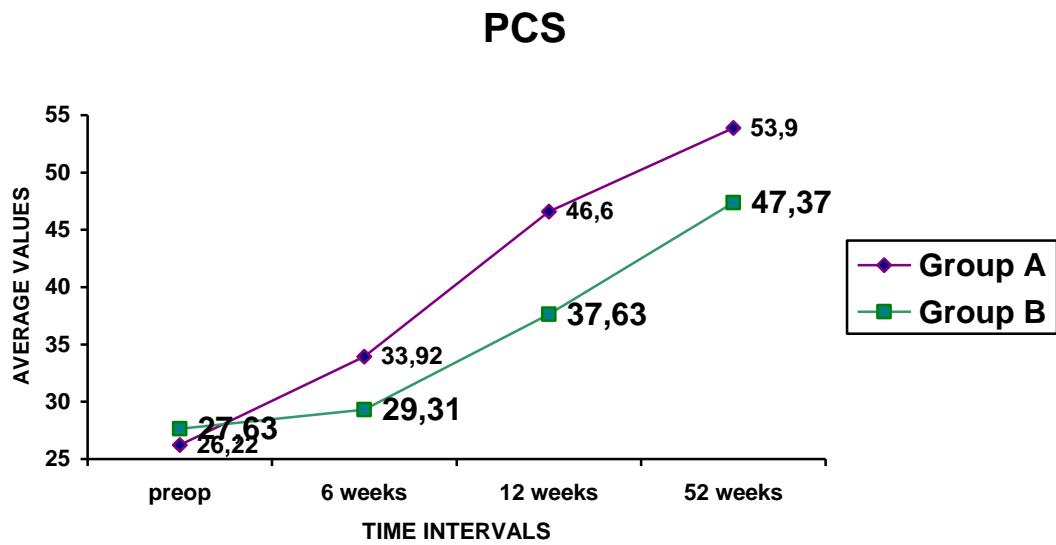
	PF (Physical Functioning)			RP (Role Physical)		
	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p
	HMA	Ελέγχου		HMA	Ελέγχου	
	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	P=0.001	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p = 0.002
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση						
0	18.28 ± 8.04	22.71 ± 14.16	0.294	15.71 ± 21.08	21.43 ± 23.59	0.293
6	32.86 ± 13.84	22.28 ± 12.56	< 0.001	17.14 ± 18.95	15 ± 20.29	0.523
12	65.00 ± 13.88	44.14 ± 15.41	< 0.001	74.28 ± 20.55	55 ± 26.98	0.003
52	77 ± 9.72	66.85 ± 9.71	< 0.001	92.14 ± 14.57	82.86 ± 17.96	0.016
	BP (Bodily Pain)			GH (General Health)		
	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p
	HMA	Ελέγχου		HMA	Ελέγχου	
	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση						
0	13.03 ± 12.18	13.68 ± 12.05	0.721	33.83 ± 17.81	35.54 ± 17.36	0.612
6	43.77 ± 13.03	35.43 ± 14.06	0.004	53.63 ± 14.21	39.2 ± 15.48	< 0.001
12	78.6 ± 15.29	57.46 ± 16.11	< 0.001	67.28 ± 12.16	45.68 ± 15.83	< 0.001
52	92 ± 10.57	79.48 ± 12.72	< 0.001	74.8 ± 8.71	53.77 ± 13.29	< 0.001
	VT (Vitality)			SF (Social Functioning)		
	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p
	HMA	Ελέγχου		HMA	Ελέγχου	
	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση						
0	41.57 ± 12.82	44.71 ± 9.15	0.219	25 ± 15.16	28.21 ± 14.96	0.263
6	56.28 ± 10.45	49.85 ± 9.66	0.019	32.50 ± 17.2	27.50 ± 17.1	0.195
12	73.86 ± 8.23	59.43 ± 10.83	< 0.001	69.29 ± 16.42	53.21 ± 15.26	< 0.001
52	81.28 ± 6.9	68.28 ± 8.4	< 0.001	67.50 ± 20.15	65 ± 17.36	0.738
	RE (Role Emotional)			MH (Mental Health)		
	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p
	HMA	Ελέγχου		HMA	Ελέγχου	
	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p=0.002	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση						
0	25.72 ± 26.92	18.09 ± 20.36	0.179	56.11 ± 14.37	60.80 ± 7.5	0.158
6	34.28 ± 18.94	31.43 ± 25.49	0.583	65.26 ± 14.54	63.77 ± 9.75	0.538
12	92.38 ± 14.2	71.43 ± 28.17	< 0.001	77.26 ± 9.74	70.86 ± 7.36	0.002
52	83.81 ± 21.95	84.76 ± 16.85	0.882	77.26 ± 7.75	74.28 ± 6.88	0.063
	PCS (Physical Component Summary)			MCS (Mental Component Summary)		
	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p	Ομάδα	Ομάδα	Τιμή-p
	HMA	Ελέγχου		HMA	Ελέγχου	
	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001	Μέσος ± SD*	Μέσος ± SD*	p < 0.001
Εβδομάδες μετά την εγχείρηση						
0	26.22 ± 4.4	27.63 ± 5.39	0.53	39.34 ± 6.12	39.73 ± 4.15	0.986
6	33.92 ± 5.28	29.31 ± 4.27	< 0.001	42.69 ± 5.93	42.08 ± 5.45	0.865
12	46.6 ± 5.13	37.63 ± 6.43	< 0.001	53.51 ± 4.2	49.2 ± 4.23	< 0.001
52	53.9 ± 4.26	47.37 ± 3.84	< 0.001	50.49 ± 5.32	50.1 ± 3.69	0.694

[†]SF-36 Scales

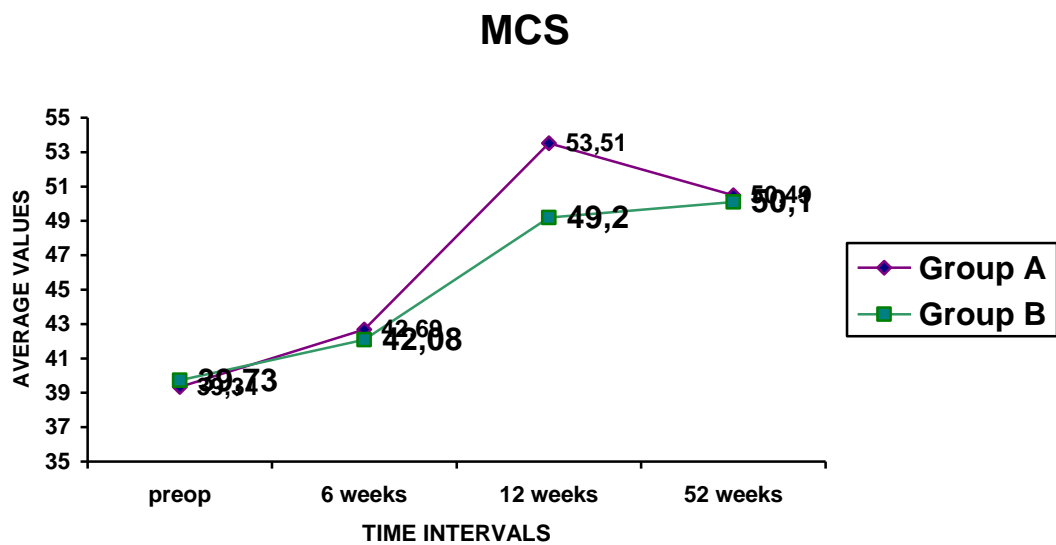
[‡] Σύνθετες Μεταβλητές ή Περιληπτικά μέτρα “Summary measures” ή Μέτρα των συστατικών μερών “Component Measures”

* SD = Standard Deviation (Σταθερά απόκλιση)

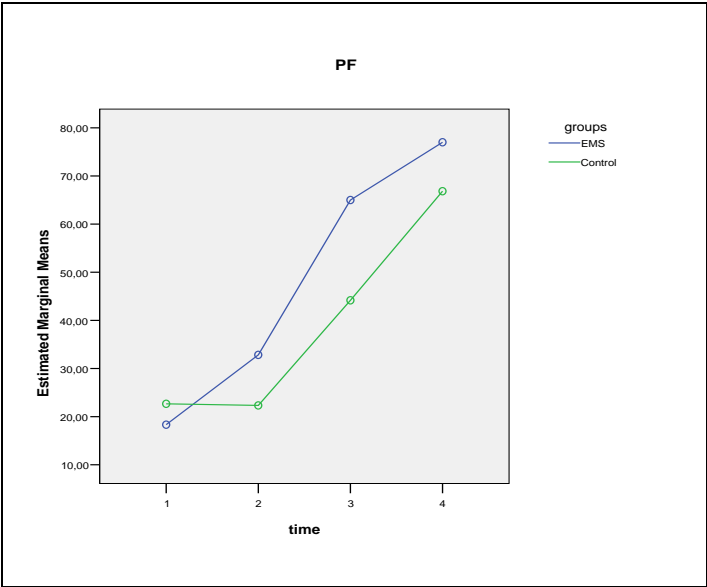
Γράφημα-7



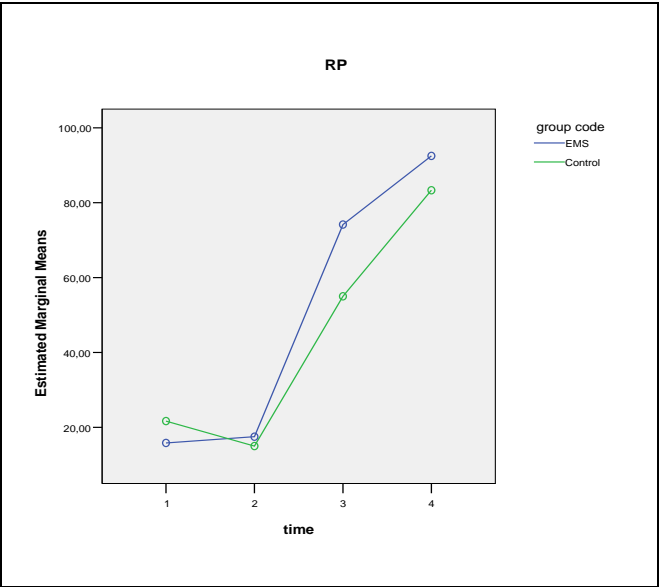
Γράφημα-8



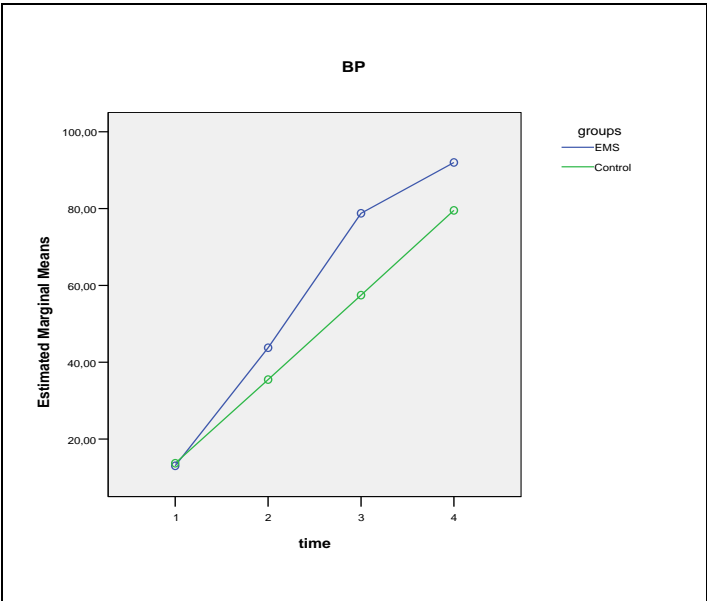
Γράφημα-9



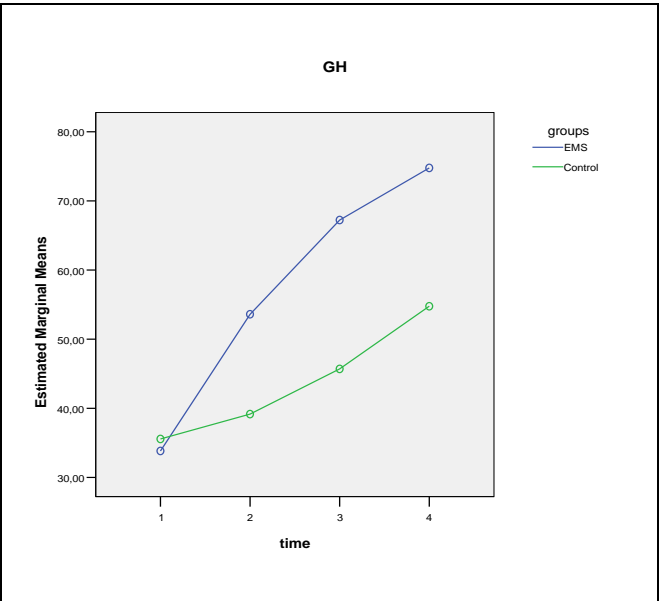
Γράφημα-10



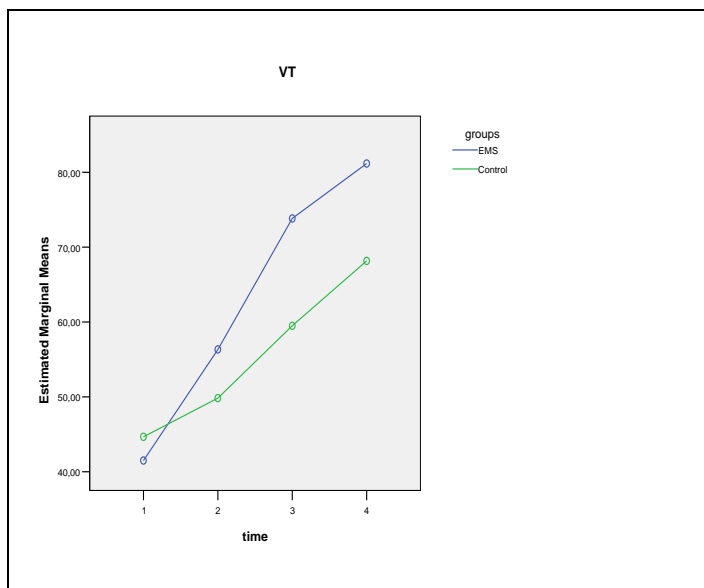
Γράφημα-11



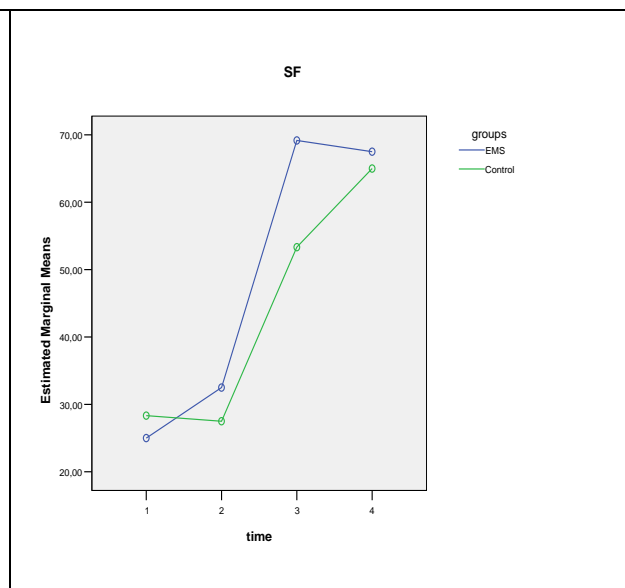
Γράφημα-12



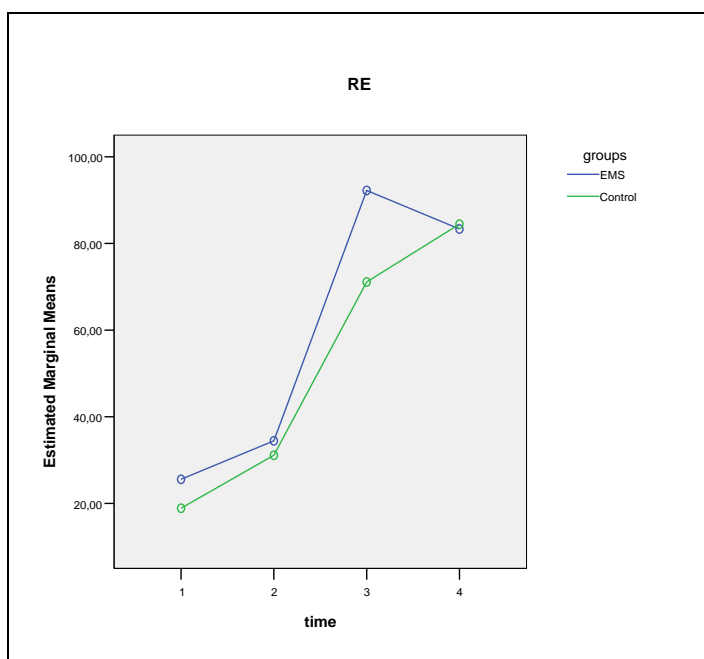
Γράφημα-13



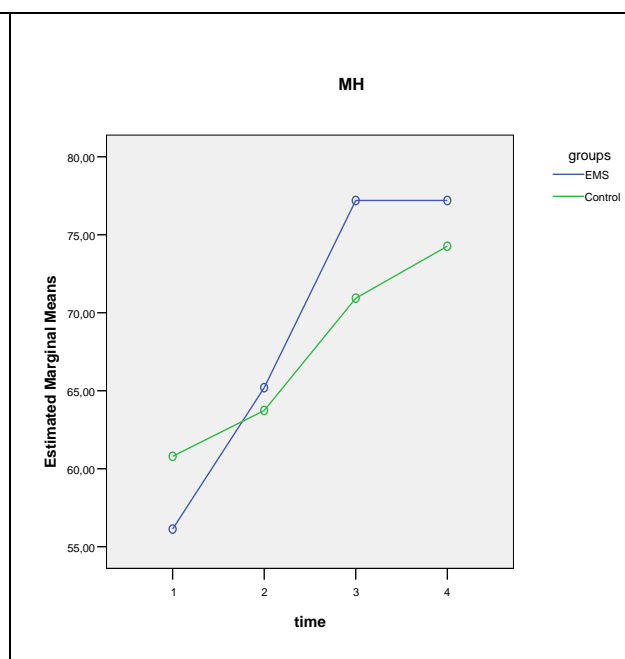
Γράφημα-14



Γράφημα-15



Γράφημα-16



IV. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη μελέτη αυτή, ο συνδυασμός εφαρμογής ΗΜΔ και συνήθους πρωτοκόλλου φυσικοθεραπείας, βρέθηκε να βελτιώνει τη λειτουργική ανάνηψη και πρώιμη αποκατάσταση των ασθενών με οστεοαρθρίτιδα του γόνατος που υποβλήθηκαν σε ολική αρθροπλαστική. Έτσι οι ασθενείς της ομάδας-A συγκριτικά με αυτούς της ομάδας-B, εμφάνισαν σημαντική βελτίωση της ταχύτητας βαδίσσεως (W.S.), της βαθμολογίας με το σύστημα Oxford-12 (OKS) και της βαθμολογίας λειτουργίας γόνατος με το σύστημα AKS (AKS-Function Score). Επιπλέον, η φυσική και σωματική συνιστώσα του επιπέδου υγείας όπως εκφράζεται με τη σύνθετη μεταβλητή PCS, παρουσίαζε σημαντική βελτίωση μέχρι και την 52^η εβδομάδα μετά την επέμβαση στους ασθενείς στους οποίους εφαρμόστηκε ΗΜΔ. Η βελτίωση της ταχύτητας βαδίσσεως, της βαθμολογίας OKS και του AKS-Function Score στις 6 εβδομάδες, ήταν πιθανώς το αποτέλεσμα μιας πιο γρήγορης ανάκαμψης της ισχύος του τετρακεφάλου μηριαίου μυός και συνεπώς μιας αυξημένης ικανότητας των ασθενών αυτών να συμμετέχουν ενεργά σε ένα εντατικό πρόγραμμα άμεσης μετεγχειρητικής αποκατάστασης. Ένα σαφές «μεταφερόμενο» αποτέλεσμα παρατηρήθηκε στις 12 εβδομάδες αλλά όχι στις 52 εβδομάδες, κάτι που υποδηλώνει ότι η όποια λειτουργική βελτίωση επισυνέβη λόγω του συγκεκριμένου θεραπευτικού σχήματος ήταν παροδική. Αξιόλογο εύρημα αποτελεί η σημαντική βελτίωση της σύνθετης μεταβλητής PCS του ερωτηματολογίου SF-36 στην ομάδα-A τόσο στις 6 και 12, όσο και στις 52 εβδομάδες ($p < 0.001$) και ανάλογη ήταν η βελτίωση για τις κλίμακες PF, BP, GH και VT. Οι τρεις πρώτες κλίμακες είναι συστατικά του PCS που δεν σχετίζονται αποκλειστικά με την ταχύτητα βαδίσσεως αλλά και με την παρουσία σοβαρού σωματικού πόνου καθώς και με καθημερινές δραστηριότητες όπως φυσικές και κοινωνικές δραστηριότητες, η απόδοση στην εργασία και η δυνατότητα ατομικής φροντίδας, ενώ η κλίμακα VT εκφράζει ένα υποκειμενικό αίσθημα ζωντάνιας και ενεργητικότητας. Η σύνθετη μεταβλητή MCS που εκφράζει τη νοητική και ψυχική-συναισθηματική συνιστώσα του επιπέδου υγείας, προοδευτικά αυξάνει και στις δύο ομάδες μέχρι τη 12^η εβδομάδα και στη

συνέχεια η τιμή της εμφανίζει σταθεροποίηση ή και μείωση μέχρι την 52^η εβδομάδα. Μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων παρατηρείται μόνο στις 12 εβδομάδες ($p < 0.001$) και συνεπώς μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ηλεκτρική μυϊκή διέγερση ουσιαστικά δεν επηρέασε το συγκεκριμένο συστατικό μέτρο του ερωτηματολογίου SF-36.

Το κόστος μιας συσκευής ηλεκτρικής διέγερσης ανέρχεται στη Ελληνική αγορά σε 600€ περίπου και έτσι εύλογα εγείρεται το ερώτημα του κατά πόσο δικαιολογείται μια τέτοια δαπάνη για όλους τους ασθενείς με ΟΑ γόνατος που υποβάλλονται σε αρθροπλαστική. Τεκμηριωμένη απάντηση σε ένα τέτοιο ερώτημα θα μπορούσε να δοθεί μόνο μέσα από μια μελέτη ανάλυσης κόστους-οφέλους (Cost-benefit study) σε εθνικό ή έστω περιφερειακό επίπεδο. Πάντως, με βάση τα αποτελέσματα της δικής μας μελέτης, μπορούμε να διατυπώσουμε την άποψη ότι η ταχύτερη βελτίωση των φυσικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων θα ήταν ιδιαίτερος ωφέλιμος σε δύο υπο-κατηγορίες των παραπάνω ασθενών: (α) Σε εκείνους που είναι επαγγελματικά δραστήριοι ή/και ικανοί για ψυχαγωγική σωματική άσκηση και επιθυμούν πιο γρήγορη αποκατάσταση και (β) σε εκείνους που εμφανίζουν εξαιρετικά μεγάλο βαθμό μυϊκής ατροφίας - αδυναμίας και δεν είναι σε θέση να συμμετέχουν στο πρόγραμμα συμβατικής φυσικοθεραπείας με συνέπεια να καθίσταται αμφίβολη η όποια αποκατάσταση. Για τους υπολοίπους, το κόστος της προσθήκης ηλεκτρικής διέγερσης του τετρακεφάλου μυός στο συμβατικό πρωτόκολλο φυσικοθεραπείας ίσως να είναι αποτρεπτικό, ιδιαίτερα αν αναλογιστεί κανείς ότι το λειτουργικό αποτέλεσμα 1 χρόνο μετά την εγχείρηση ήταν στη παρούσα μελέτη παρόμοιο με αυτό των ασθενών της ομάδας ελέγχου. Απ' την άλλη πλευρά, η έλλειψη μεταφερόμενου αποτελέσματος στις 52 εβδομάδες ίσως να οφείλεται στη μικρή χρονική διάρκεια της θεραπευτικής μας παρέμβασης (6 εβδομάδες). Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί και ως μία σημαντική «αδυναμία» της μελέτης.

Ως επιπλέον «αδυναμία», θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί ότι δεν εξετάστηκαν και άλλες παράμετροι, όπως π.χ. η επίδραση της ηλεκτρικής διέγερσης στην ιστολογική εικόνα του τετρακεφάλου και στην παραγωγή μυϊκής δύναμης. Αντιθέτως, η αξιοπιστία αυτής της

έρευνας ενισχύεται από το γεγονός ότι είναι μια προ-οπτική μελέτη, με ιδανική μεθοδολογία τυχαιοποίησης και με επαρκές δείγμα ασθενών στις δύο ομάδες που συγκρίνονται όπως καταδεικνύεται από την post-hoc ανάλυση ισχύος του ελέγχου. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας εντόπισε μόνο μία συστηματική σύνθεση πειραματικών αποτελεσμάτων πάνω στο θέμα. Συγκεκριμένα, το 2000 δημοσιεύθηκε από τους Marks, Ungar και Ghasemmi⁸² μία συστηματική ανασκόπηση των μελετών που εξέτασαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής ΗΜΔ στη βελτίωση της λειτουργικής κατάστασης ασθενών με ΟΑ γόνατος. Καθώς έχουν παρέλθει 11 χρόνια, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μία παρόμοια συστηματική ανασκόπηση που θα περιελάμβανε και τις πιο πρόσφατες μελέτες εφαρμογών στην ΟΑ του γόνατος ή μια ανασκόπηση και αξιολόγηση της επίδρασης (meta-analysis) της ΗΜΔ σε άλλα ορθοπεδικά προβλήματα.

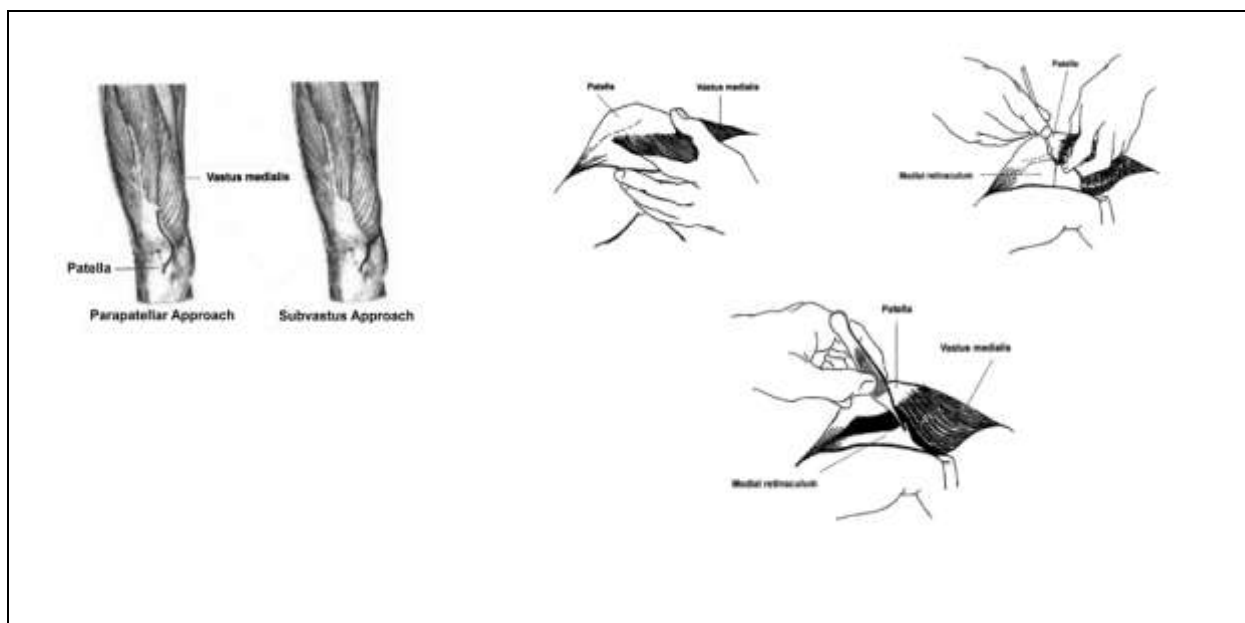
Ασθενείς με προχωρημένου σταδίου ΟΑ γόνατος που απαιτεί ολική αρθροπλαστική, έχουν γενικευμένη ατροφία όλων των τύπων μυϊκών ινών I, II_A και II_B του τετρακεφάλου, κυρίως λόγω μειωμένης χρήσης του μυός⁴⁹. Επιπρόσθετα, μετά από μείζονες ορθοπαιδικές επεμβάσεις, παρατηρείται αυξημένος καταβολισμός πρωτεϊνών ή/και αποκλεισμός της πρωτεϊνοσύνθεσης στους μύες²². Σαν αποτέλεσμα ο ασθενής που ανανήκει από μια εγχείρηση αρθροπλαστικής γόνατος, έρχεται αντιμέτωπος με τη δυσκολία να ανταποκριθεί σε ένα πρόγραμμα φυσικοθεραπείας και αποκατάστασης μιας επώδυνης άρθρωσης με περιβάλλοντες μύες που είναι ατροφικοί και σε αρνητικό μεταβολικό ισοζύγιο^{77,88}. Οι Stevens και συν.¹²¹ αναφέρουν μείωση της δύναμης του τετρακεφάλου κατά 60% και αύξηση του ελλείμματος της εκούσιας ενεργοποίησής του κατά 17% μετά από αρθροπλαστική γόνατος, ενώ οι Mizner και συν.⁸⁸, κατέδειξαν ότι η συμβολή του ελλείμματος ενεργοποίησης στην απώλεια μυϊκής δύναμης, είναι διπλάσια από εκείνη της ατροφίας του μυός. Προγράμματα αποκατάστασης που περιλαμβάνουν ασκήσεις και νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση, έχουν προταθεί για την αντιστροφή της έκπτωσης της εκούσιας ενεργοποίησης και της αδυναμίας που παρατηρείται στον τετρακέφαλο μετά από αρθροπλαστική γόνατος^{11,89,117,121}. Οι Martin και συν.⁸³,

εφαρμόζοντας ΗΜΔ στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο παρατήρησαν αποτελεσματική μείωση της ατροφίας του τετρακεφάλου μυός που λαμβάνει χώρα μετά από αρthroπλαστική, αλλά δεν διαπίστωσαν κάποια επίδραση της ηλεκτρικής διέγερσης σε εκείνες τις μεταβολικές ιδιότητες που καθορίζουν τον τύπο των μυϊκών ινών. Οι Gibson και συν.⁴⁷ εφήρμοσαν ΗΜΔ προ-εγχειρητικά σε ασθενείς με ΟΑ γόνατος και παρατήρησαν μείωση της ατροφίας των μυϊκών ινών, εξομάλυνση του πρωτεϊνικού μεταβολισμού καθώς και αύξηση της μεγίστης εκούσιας συσπάσεως του μυός κατά 12%. Οι Eriksson και Häggmark³⁴ απέδειξαν ότι η ηλεκτρική μυϊκή διέγερση του τετρακεφάλου στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο μετά από ανακατασκευή του προσθίου χιαστού συνδέσμου, προλαμβάνει την ατροφία και βελτιώνει τη λειτουργία του μυός. Εφαρμογή ΗΜΔ του τετρακεφάλου σε συνδυασμό με φυσικοθεραπεία στην φάση αποκατάστασης μετά από αρthroπλαστική γόνατος μπορεί να μειώσει το έλλειμμα ενεργητικής έκτασης της άρθρωσης και το χρόνο μετεγχειρητικής νοσηλείας⁵¹, καθώς και να επιφέρει μια βραχυπρόθεσμη βελτίωση της ταχύτητας βαδίσσεως αυτών των ασθενών⁴. Στην παρούσα έρευνα εφαρμόστηκε ΗΜΔ του τετρακεφάλου μυός κατά τη διάρκεια των πρώτων 6 εβδομάδων μετά την αρthroπλαστική σε συνδυασμό με φυσικοθεραπεία και εκτιμήθηκε η επίδραση αυτής της εφαρμογής στην ταχύτητα βαδίσσεως, στο ενεργειακό κόστος βαδίσσεως, στη λειτουργία του γόνατος και συνολικά του ασθενούς με μετρήσεις που έλαβαν χώρα στις 6, 12 και 52 εβδομάδες μετά την επέμβαση. Αναζητήθηκε έτσι, το πιθανό «μεταφερόμενο» βραχυπρόθεσμο και μεσοπρόθεσμο αποτέλεσμα στις 12 και στις 52 εβδομάδες αντίστοιχα.

Η χρονική στιγμή του ενός έτους από την επέμβαση επελέγη για την τελική εκτίμηση των δύο ομάδων ασθενών, καθώς τα αποτελέσματα από προηγούμενη εμπειρία των Insall και συν.⁶² με τη χρήση της πρόθεσης Total Condylar knee system καταδεικνύουν ότι η βαθμολογία του γόνατος με βάση την κλίμακα Hospital for Special Surgery (HSS) Knee Rating Scale βελτιώνεται σημαντικά (από μέσο όρο 42 σε 81) στο πέρας του πρώτου έτους από την αρthroπλαστική. Ελαφριά βελτίωση επισυμβαίνει μεταξύ 1^{ου} και 2^{ου} έτους (από μέσο όρο 81 σε 82) και κατόπιν η βαθμολογία του γόνατος παραμένει σταθερή σε βάθος χρόνου. Στο δικό

μας, λοιπόν, ερευνητικό πρωτόκολλο παρακολουθήσαμε τη βελτίωση της βαθμολογίας του γόνατος στον 1^ο χρόνο, που βάση των παραπάνω ισοδυναμεί περίπου με τη μέγιστη δυνατή.

Ο έσω πλατύς μυς διαδραματίζει ένα εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην ομαλή βάδιση και τον κινητικό έλεγχο του γόνατος^{99,126}. Οι Benedetti και συν.¹⁰ σε μια μελέτη ασθενών με όγκο του κατωτέρου τριτημορίου του μηρού που υποβλήθηκαν σε εκτομή του νεοπλάσματος, τμηματική αφαίρεση μυϊκών κεφαλών του τετρακεφάλου και αρθροπλαστική γόνατος, παρατήρησαν ότι αυτοί στους οποίους είχε αφαιρεθεί ο έσω πλατύς μυς εμφάνιζαν καλύτερη απόδοση βαδίσσεως και ένα πιο φυσιολογικό μοντέλο φόρτισης του κάτω άκρου σε σχέση με αυτούς στους οποίους είχε αφαιρεθεί ο έσω πλατύς μυς. Οι Roysam και συν.¹¹⁰ κατέδειξαν τα πρώιμα πλεονεκτήματα της προσπέλασης κάτω από τον έσω πλατύ μυ (Subvastus-Southern approach⁵⁴) στη διενέργεια αρθροπλαστικών γόνατος (Εικ. 11).



Εικ. 11: Η προσπέλαση στο γόνατο κάτω από τον έσω πλατύ μυ.

Αναφέρουν μείωση του μετεγχειρητικού πόνου, γρηγορότερη αποκατάσταση του εύρους κίνησης του γόνατος, διατήρηση της ισχύος του εκτατικού μηχανισμού και διατήρηση της αιμάτωσης της επιγονατίδας. Επιπλέον, σε ασθενείς με ΟΑ γόνατος, ο έσω πλατύς μυς εμφανίζει μεγαλύτερο βαθμό ατροφίας από οποιαδήποτε άλλη κεφαλή του τετρακεφάλου

μηριαίου μυός¹²⁶. Για όλους τους παραπάνω λόγους, επιλέξαμε τον συγκεκριμένο μυ για την εφαρμογή ΗΜΔ.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο ΙΙΙδ του γενικού μέρους, έχει προταθεί από τους Katz και συν⁶⁴ μια συνδυασμένη προσέγγιση των ασθενών με ΟΑ γόνατος που υποβάλλονται σε εγχείρηση αρθροπλαστικής, τόσο με εφαρμογή γενικών όσο και εξειδικευμένων μέτρων υγείας. Τα γενικά μέτρα εκφράζουν τη συνολική κλινική κατάσταση των ασθενών, ενώ τα εξειδικευμένα μέτρα εκτιμούν παραμέτρους όπως η φυσική λειτουργία, ο περιορισμός των ρόλων και ο πόνος. Έχοντας υπόψη αυτά, μπορεί να εκτιμηθεί η κλινική συνάφεια των ευρημάτων της μελέτης μας. Επιλέξαμε να εφαρμόσουμε το ερωτηματολόγιο SF-36, ένα πολύ χρήσιμο γενικό μέτρο υγείας που προϋποθέτει αυτο-αξιολόγηση των ασθενών και είναι ευαίσθητο στη συνδυασμένη επίδραση παθολογικών ή/και συναισθηματικών προβλημάτων που πιθανώς συνυπάρχουν^{64,122}. Τα εξειδικευμένα μέτρα που χρησιμοποιήσαμε ως εργαλεία στην έρευνά μας, ήταν τα συστήματα βαθμολόγησης του γόνατος Oxford Knee Score (OKS) και American Knee Society (AKS) Knee και Function Score. Και τα δύο αυτά συστήματα έχουν αξιολογηθεί διεξοδικά ως προς την αξιοπιστία και εγκυρότητά τους και είναι συνεπώς κατάλληλα για την εκτίμηση του κλινικού αποτελέσματος της αρθροπλαστικής του γόνατος²⁶. Το Function Score επηρεάζεται σημαντικά από την ταχύτητα βαδίσεως και μέτρια από την ηλικία και το δείκτη σωματικής μάζας (BMI), ενώ το Knee Score δεν επηρεάζεται από αυτούς τους παράγοντες⁶⁸. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας επιβεβαιώνουν τα παραπάνω, καθώς το Knee Score ήταν παρόμοιο και στις δύο ομάδες σε όλες τις χρονικές στιγμές των μετρήσεων, ενώ το Function Score εμφάνιζε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην ομάδα θεραπείας με ΗΜΔ στις 6 και 12 εβδομάδες ανάλογη με την βελτίωση της ταχύτητας βαδίσεως αυτών των ασθενών.

Οι ασθενείς με συμπτωματική ΟΑ γόνατος είναι συνήθως παχύσαρκοι και έχουν μειωμένη μυϊκή δύναμη, αντοχή στην άσκηση και αερόβια ικανότητα^{69,107,142}. Εμφανίζουν αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου και συνεπώς υψηλό ενεργειακό κόστος βάδισης¹⁴². Η κακή φυσική

κατάσταση, προκύπτει από μια προοδευτική μείωση των λειτουργικών τους δραστηριοτήτων λόγω του αρθρικού πόνου¹⁴², με συνοδό απώλεια της φυσιολογικής λειτουργίας της άρθρωσης και των μυών που την περιβάλλουν ως επακόλουθο αχρησίας^{137,142}. Φαίνεται να υπάρχει αναλογία μεταξύ της βαρύτητας της αρθρικής καταστροφής και του βαθμού καρδιαγγειακής απορρύθμισης^{102,107}. Οι ασθενείς αυτοί εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης στεφανιαίας νόσου¹⁰². Ιδιαίτερη απορρύθμιση του καρδιαγγειακού συστήματος παρατηρείται σε όσους προγραμματίζονται για αρthroπλαστική γόνατος (ακριβώς επειδή αποτελούν την υποομάδα με τη βαρύτερη αρθρική προσβολή), κάτι που προδιαθέτει σε εμφάνιση περι-εγχειρητικών επιπλοκών¹⁰⁷. Μετά την αρthroπλαστική οι περισσότεροι ασθενείς ανακτούν τις συνήθεις δραστηριότητες βάδισης και έτσι επέρχεται μια βαθμιαία βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και καρδιαγγειακής λειτουργίας¹⁰⁸. Η ανάληψη δραστηριοτήτων μετρίου βαρύτητας από άτομα που ακολουθούσαν καθιστική ζωή, μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο θανάτου από καρδιαγγειακές επιπλοκές σε βάθος χρόνου κατά 23% περίπου⁹⁸. Στη μελέτη μας διαπιστώσαμε μία ελάττωση της προσπάθειας βαδίσσεως των ασθενών και των δύο υπό μελέτη ομάδων, συγκρίνοντας τις προ-εγχειρητικές τιμές PCI με αυτές των 52 εβδομάδων μετά την επέμβαση. Η μείωση αυτών των τιμών ήταν στατιστικά σημαντική τόσο στην ομάδα θεραπείας ($p < 0.001$) όσο και στην ομάδα ελέγχου ($p < 0.001$), αλλά δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων.

Τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια Pals-Plus με επικάλυψη γέλης που χρησιμοποιήσαμε, είναι εύκολα στην τοποθέτησή τους και η συγκολλητική ουσία που τα επαλείφει επιτρέπει την προσαρμογή τους σε διάφορους βαθμούς τάσεως⁹³ της επιφάνειας του δέρματος. Παρόλα αυτά η χρήση τους στην μυϊκή διέγερση, έχει συνδεθεί με ήπιες δερματικές αντιδράσεις όπως παροδικό εξάνθημα που εξαφανίζεται μετά την διακοπή της ηλεκτροθεραπείας ή μετά από αλλαγή της γέλης αγωγιμότητας¹⁴⁴. Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο IV₈ του γενικού μέρους, υπεύθυνα για αυτές τις δερματικές αλλοιώσεις είναι συστατικά που εμπεριέχονται στη γέλη και όχι καθαυτή η ηλεκτρική διέγερση²¹. Η πλέον ερεθιστική για το δέρμα ουσία της

γέλης είναι η προπυλενο-γλυκόλη που είναι υπεύθυνη για την πρόκληση δερματικού εξανθήματος^{21,144}.

Στην ομάδα-A ασθενών που εφαρμόσαμε ΗΜΔ, η χρήση του διεγέρτη MS-2 και των ηλεκτροδίων Pals-plus ήταν καλώς ανεκτή και η ηλεκτροθεραπεία απεδείχθη αξιόπιστη. Με την εξαίρεση των τριών ασθενών που αποσύρθηκαν από την ομάδα-A επειδή τους ήταν δυσάρεστη η αίσθηση της ηλεκτρικής διέγερσης, όλοι οι υπόλοιποι συμμετέχοντες δεν αντιμετώπισαν προβλήματα και συμμορφώθηκαν με το ερευνητικό πρωτόκολλο.

V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανασκόπηση των αποτελεσμάτων, καθίσταται σαφές, ότι όλες οι υπό μελέτη παράμετροι εμφάνισαν μια στατιστικά μεγαλύτερη βελτίωση στην ομάδα θεραπείας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου μέχρι και την 12^η εβδομάδα. Αυτή αφορά ειδικότερα, την ταχύτητα βαδίσεως και τη λειτουργική απόδοση του γόνατος όπως εκφράζεται από το AKS-Function score και το Oxford Knee Score. Στις 12 εβδομάδες διατηρείται ένα βραχυπρόθεσμο «μεταφερόμενο» αποτέλεσμα που δεν παραμένει όμως, τουλάχιστον ως στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων 52 εβδομάδες μετά την αρθροπλαστική. Η ερμηνεία των παραπάνω μεταβολών, είναι ότι η ΗΜΔ επιταχύνει την αποκατάσταση της μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου και βελτιώνει την ικανότητα των ασθενών να συμμετέχουν στο πρόγραμμα ασκήσεων συμβατικής φυσικοθεραπείας.

Η σύνθετη μεταβλητή PCS και οι κλίμακες PF, BP, GH, VT του ερωτηματολογίου SF-36 εμφανίζονται αυξημένες στην ομάδα-A στις 6, 12 και 52 εβδομάδες, σε στατιστικώς σημαντικό επίπεδο σε σχέση με την ομάδα-B, κάτι που θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως μια σημαντική μείωση του περιορισμού των φυσικών δραστηριοτήτων στην ομάδα που υπεβλήθη σε ΗΜΔ ακόμη και ένα χρόνο μετά την εγχείρηση.

Δεδομένου ότι η μέθοδος είναι αρκετά ασφαλής, προτείνουμε την εφαρμογή της ιδίως σε νεότερους, επαγγελματικά δραστήριους και νοήμονες ασθενείς των οποίων η γρηγορότερη αποκατάσταση αποκτά κεφαλαιώδη σημασία.

Κεφάλαιο-4: ΣΥΝΟΨΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ.

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Ν. ΜΑΛΙΖΟΣ

«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΤΟΥ ΕΣΩ ΠΛΑΤΕΟΣ ΜΥΟΣ ΣΤΗΝ

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΟΛΙΚΗ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΓΟΝΑΤΟΣ».

Υπό

ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΑΒΡΑΜΙΔΗ, MD, MSc, FRCS(Ed)

ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς ασθενών με οστεοαρθρίτιδα (ΟΑ) γόνατος εμφανίζει σημαντική ατροφία και αδυναμία. Η τελευταία μαζί με τον πόνο είναι πιο σημαντικοί παράγοντες προσδιορισμού σωματικής ανικανότητας από την ακτινολογική βαρύτητα της νόσου. Η ολική αρθροπλαστική του γόνατος είναι μια αποτελεσματική επέμβαση που μειώνει τον πόνο και βελτιώνει τη λειτουργία της άρθρωσης, αλλά δεν έχει θετική επίδραση στη μυϊκή αδυναμία του τετρακεφάλου η οποία παραμένει για χρόνια μετά την εγχείρηση. Η Ηλεκτρική μυϊκή διέγερση (ΗΜΔ) του τετρακεφάλου μειώνει την ατροφία του σε ασθενείς με ΟΑ γόνατος όταν εφαρμόζεται τόσο πριν όσο και μετά την εγχείρηση αρθροπλαστικής. Στη μετεγχειρητική μάλιστα περίοδο, ο συνδυασμός ΗΜΔ τετρακεφάλου και ενεργητικών ασκήσεων προκαλεί αύξηση της δύναμης συσπάσεως του μυός, μείωση του ελλείμματος ενεργητικής έκτασης του γόνατος και μείωση της διάρκειας νοσηλείας, ενώ έχει καταδειχθεί και άμεση λειτουργική βελτίωση των ασθενών.

Η διατριβή αυτή αποτελεί μια προ-οπτική, τυχαιοποιημένη, συγκριτική μελέτη των βραχυπρόθεσμων και μεσοπρόθεσμων αποτελεσμάτων της ΗΜΔ του έσω πλατέος μυός στην ταχύτητα βάδισης και το ενεργειακό κόστος βάδισης, στην λειτουργία του γόνατος και συνολικά των ασθενών μετά από ολική αρθροπλαστική. Εβδομήντα-έξι ασθενείς με ετερόπλευρη ΟΑ γόνατος, υποψήφιοι για

αρθροπλαστική τοποθετήθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: Α (Θεραπείας) και Β (Ελέγχου), όπου N=38 στην κάθε μία. Στη διάρκεια των πρώτων 6 εβδομάδων μετά την εγχείρηση και οι δύο ομάδες ακολούθησαν πρόγραμμα συμβατικής φυσικοθεραπείας, ενώ επιπρόσθετα στην ομάδα-Α εφαρμόστηκε ΗΜΔ του έσω πλατέος μυός για 4 ώρες την ημέρα. Τρεις ασθενείς της ομάδας-Α αποσύρθηκαν της συμμετοχής τους στην έρευνα διότι δεν ανέχτηκαν το αίσθημα της ηλεκτρικής διέγερσης ενώ τρεις ασθενείς της ομάδας-Β αποσύρθηκαν επειδή δεν προσήλθαν για την προγραμματισμένη τους επανεξέταση. Έτσι 35 ασθενείς έμειναν σε κάθε ομάδα και παρακολούθηθηκαν μέχρι τελικής επανεξέτασης ένα χρόνο μετά την επέμβαση.

Εφαρμόστηκαν τόσο υποκειμενικά όσο και αντικειμενικά συστήματα κλινικής βαθμολόγησης του γόνατος καθώς και γενικά μέτρα της υγείας προ-εγχειρητικά και στις 6, 12, & 52 εβδομάδες μετά την επέμβαση. Οι ασθενείς της ομάδας-Α εμφάνισαν μια στατιστικά σημαντική αύξηση της ταχύτητας βαδίσσεως, του Oxford Knee Score και του American Knee Society - Function Score σε σύγκριση με αυτούς της ομάδας-Β στις 6 εβδομάδες ($p = .003$, $.001$, και $.001$ αντίστοιχα) και στις 12 εβδομάδες (σε όλες τις συγκρίσεις $p = .001$). Η σύνθετη μεταβλητή PCS του ερωτηματολογίου SF-36 παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση στην ομάδα-Α στις 6,12 και 52 εβδομάδες σε σχέση με την ομάδα-Β (σε όλες $p = .001$). Στη μελέτη αυτή, η χρήση ΗΜΔ δεν συνοδεύτηκε από επιπλοκές όπως δερματικά εξανθήματα ή φλεγμονές χειρουργικών τραυμάτων. Συμπερασματικά, η ΗΜΔ του έσω πλατέος μυός σε συνδυασμό με τη συμβατική φυσικοθεραπεία βελτιώνει τη λειτουργική απόδοση του γόνατος και επιταχύνει την αποκατάσταση των σθενών μετά από ολική αρθροπλαστική.

“USE OF ELECTRICAL STIMULATION OF THE VASTUS MEDIALIS MUSCLE IN THE
REHABILITATION OF PATIENTS AFTER TOTAL KNEE REPLACEMENT”

By

Kyriakos Avramidis M.D., MSc (Orth. Engin), FRCS(Ed)

SUMMARY

Patients with knee osteoarthritis present with reduced quadriceps muscle strength, which is partially responsible for impaired function and disability. Quadriceps weakness in combination with arthritic pain is likely a more important determinant of disability than radiographic severity of the disease. Although total knee replacement (TKR) is an effective surgical procedure, that reliably reduces pain and improves function in patients with knee osteoarthritis, residual muscle weakness is not usually addressed and may persist for years postoperatively. Electric muscle stimulation of the quadriceps prevents muscle atrophy in patients with knee osteoarthritis who are awaiting or recovering from replacement surgery. It has been shown that its application after TKR is equal to or more effective than active exercises alone in increasing quadriceps muscle force and reducing knee extension lag and length of hospital stay. It also improves functional recovery of patients in the immediate postoperative period.

This dissertation reports the results of a prospective, randomized, controlled trial evaluating the effect of electric muscle stimulation of the vastus medialis on the speed and effort of walking, knee performance, overall function and health state in patients undergoing TKR for osteoarthritis. Seventy six patients (meeting certain inclusion criteria) who underwent TKR were randomly divided into 2 groups. Patients in group A (N=38) received electric muscle stimulation and standard physiotherapy for 6 weeks, while patients in group B (N=38) received physiotherapy only. Three patients from Group-A found the sensation of the electrical stimulation uncomfortable and abandoned its use and three Group-B patients were later lost to follow-up. Thus 35 patients were left in each group and were

available for final follow-up. All patients were assessed with both subjective and objective clinical scales preoperatively and at 6, 12, and 52 weeks postoperatively. Patients in group A demonstrated a statistically significant increase in walking speed, Oxford Knee Score, and American Knee Society function score compared to those in group B at 6 weeks ($P=.003$, $.001$, and $.001$, respectively) and at 12 weeks (all $P=.001$). A statistically significant increase in the SF-36 physical component summary score was observed at 6, 12, and 52 weeks (all $P=.001$). No skin reactions and surgical site infections were observed. Electrical stimulation of the vastus medialis muscle in addition to conventional physiotherapy improves functional recovery and early rehabilitation after TKR.

Κεφάλαιο-5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] **Andrews RB.** Estimation of values of energy expenditure rate from observed values of heart rate. *Hum Factors* 1967; 9(6): 581-586.
- [2] **Arvidsson I, Arvidsson H, Eriksson E, Jansson E.** Prevention of quadriceps wasting after immobilization: an evaluation of the effect of electrical stimulation. *Orthopedics* 1986; 9(11): 1519-1528.
- [3] **Astrand PO, Rodhal K.** *Textbook of work physiology*. New York: McGraw Hill, 1977.
- [4] **Avramidis K, Strike PW, Taylor PN, Swain ID.** Effectiveness of electric stimulation of the vastus medialis muscle in the rehabilitation of patients after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84(12): 1850-3.
- [5] **Bailey MJ, Ratcliffe CM.** Reliability of Physiological Cost Index in walking normal subjects using steady-state and non-steady state and post-exercise recordings. *Physiotherapy* 1995; 81(10): 618-23.
- [6] **Balmaseda Jr MT, Fatehi MT, Koozekanani SH, Sheppard J.** Burns in functional electrical stimulation: two case reports. *Arch Phys Med Rehabil* 1987; 68(7): 452.
- [7] **Bartlett DJ.** Testing gait efficiency of limb deficient children using the Physiological Cost Index. *J Assoc Child Pros-Orth Clinics* 1989; 24(2): 51-52.
- [8] **Beaton DE, Richards RR:** Assessing the reliability and responsiveness of five shoulder questionnaires. *J Shoulder Elbow Surg* 1998; 7(6): 565-572.

- [9] **Beaton DE, Schemitsch E.** Measures of health-related quality of life and physical function. *Clin Orthop Relat Res.* 2003; (413): 90-105.
- [10] **Benedetti MG, Catani F, Donati D, Simoncini L, Giannini S.** Muscle performance about the knee joint in patients who had distal femoral replacement after resection of a bone tumor. *J Bone Joint Surg Am.* 2000; 82(11): 1619-1625.
- [11] **Berman AT, Bosacco SJ, Israelite C.** Evaluation of total knee arthroplasty using isokinetic testing. *Clin Orthop Relat Res* 1991; (271): 106-113.
- [12] **Bose K, Kanagasuntheram R, Osman MBH.** Vastus medialis oblique: an anatomic and physiologic study. *Orthopedics* 1980; 3: 880-883.
- [13] **Brander VA, Mullarkey CF, Stulberg SD.** Rehabilitation after total joint replacement for osteoarthritis: An evidence-based approach. *Phys Med Rehabil State Art Rev* 2001; 15(1): 175-197.
- [14] **Brandt K:** Putting some muscle into osteoarthritis. *Ann Intern Med* 1997; 127(2): 154-156).
- [15] **Brandt KD, Radin EL, Dieppe PA, Van de Putte L.** Yet more evidence that osteoarthritis is not a cartilage disease. *Ann Rheum Dis* 2006; 65(10): 1261-1264.
- [16] **Brown JMC, Henriksson J, Salmons S.** Restoration of fast muscle characteristics following cessation of chronic stimulation: physiological, histochemical and metabolic changes during slow-to-fast transformation. *Proc R Soc B* 1989; 235: 321-346.

- [17] **Buller AJ, Eccles JC, Eccles RM.** Interactions between motoneurons and muscles in respect of the characteristic speeds of their responses. *J Physiol* 1960; 150: 417-439.
- [18] **BurrIDGE JH, Taylor PN, Hagan SA, Wood DE, Swain ID.** The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil* 1997; 11(3): 201-10.
- [19] **Butler P, Engelbrecht M, Major RE, Tait JH, Stallard JS, Patrick JH.** Physiological Cost Index of walking for normal children and its use as an indicator of physical handicap. *Dev Med Child Neurol* 1984; 26(5): 607-12.
- [20] **Callahan CM, Drake BG, Heck DA, Dittus RS.** Patient outcomes following tricompartmental total knee replacement. A meta-analysis. *JAMA* 1994; 271 (17): 1349-57.
- [21] **Castelain PY, Chabeau G:** Contact dermatitis after transcutaneous electric analgesic. *Contact dermatitis* 1986; 15(1): 32-5.
- [22] **Crane CW, Picou D, Smith R, Waterlow JC.** Protein turnover in patients before and after elective orthopaedic operations. *Br J Surg* 1977; 64(2): 129-133.
- [23] **Cuthbertson D.P.** The disturbance of metabolism produced by bone and non-bony injury, with notes on certain abnormal conditions of bone. *Biochem J.* 1930; 24(4): 1244-1263.
- [24] **Cuthbertson D.P.** Alterations in metabolism following injury: *part I, Injury* (1980a); 11(3): 175-189.

- [25] **Cuthbertson D.P.** Alterations in metabolism following injury: *part II, Injury* (1980b); 11(4): 286-303.
- [26] **Davies AP.** Rating systems for total knee replacement. *Knee* 2002; 9(4): 261-266.
- [27] **Dawson J, Fitzpatrick R, Murray D, Carr A.** Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement. *J. Bone Joint Surg Br.* 1998; 80(1): 63-69.
- [28] **Diduch DR, Insall JN, Scott WN, et al.** Total knee arthroplasty in young active patients: Long-term follow-up and functional outcome. *J Bone Joint Surg Am.* 1997; 79(4): 575-582.
- [29] **Dieppe P.** Some recent clinical approaches to osteoarthritis research. *Semin Arthritis Rheum* 1990; 20(3, Suppl.1): 2-11.
- [30] **Doherty M, Lanyon P, Hosie G.** Osteoarthritis of the knee and hip. *Arthritis Research Campaign* 2001; Rheumatic disease: in practice no 4.
- [31] **Drake BG, Callahan CM, Dittus RS, Wright JG.** Global rating systems used in assessing knee arthroplasty outcomes. *J. Arthroplasty* 1994; 9(4): 409-417.
- [32] **Dunbar MJ, Robertsson O, Ryd L, Lidgren L.** Translation and validation of the Oxford – 12 Item Knee Score for use in Sweden. *Acta Orthop Scand* 2000; 71(3): 268-274.
- [33] **Elder GCB, Bradbury K, Roberts R.** Variability of fiber type distributions within human muscles. *J Appl Physiol* 1982; 53(6): 1473- 1480.

- [34] **Eriksson E, Häggmark T.** Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. *Am J Sports Med.* 1979; 7(3): 169-171.
- [35] **Ewald FC.** The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (248): 9-12.
- [36] **Felson DT, Naimark A, Anderson J, Kazis L, Castelli W, Meenan RF.** The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis study. *Arthritis Rheum* 1987; 30(8): 914-918.
- [37] **Finch E, Walsh M, Thomas SG, Woodhouse LJ.** Functional ability perceived by individuals following total knee arthroplasty compared to age matched individuals without knee disability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 27(4): 255-263.
- [38] **Finley FR, Cody KA.** Locomotive characteristics of urban pedestrians. *Arch Phys Med Rehabil* 1970; 51(7): 423-426.
- [39] **Fitzgerald GK, Piva SR, Irrgang JJ, Bouzubar F, Starz TW.** Quadriceps activation failure as a moderator of the relationship between quadriceps strength and physical function in individuals with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2004; 51 (1): 40-48.
- [40] **Font-Rodriguez DE, Scuderi GR, Insall JN.** Survivorship of cemented total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1997; (345): 79-86.

- [41] **Ford KS, Shrader MW, Smith J, Mclean TJ, Dahm DL.** Full-thickness burn formation after the use of electrical stimulation for rehabilitation of unicompartmental knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2005; 20(7): 950-953.
- [42] **Fortin PR, Penrod JR, Clarke AE, St-Pierre Y, Joseph L, Belisle P, Liang MH, Ferland D, Phillips CB, Mahomed N, Tanzer M, Sledge C, Fossel AH, Katz JN.** Timing of total joint replacement affects clinical outcomes among patients with osteoarthritis of the hip or knee. *Arthritis Rheum.* 2002; 46(12): 3327-3330.
- [43] **Fries JF, Spitz PW, Young DY.** The dimensions of health outcomes: the Health Assessment Questionnaire, disability and pain scales. *J Rheumatol* 1982; 9(5): 789-93.
- [44] **Garrett WE, Best TM.** Anatomy, Physiology and Mechanics of skeletal muscle. In: Orthopaedic Basic Science. Biology and biomechanics of the musculoskeletal system, 2nd ed. *American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)* 2000; 691-694.
- [45] **Gartsman GM, Brinker MR, Khan M:** Early effectiveness of arthroscopic repair for full-thickness tears of the rotator cuff: An outcome analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 1998; 80(1): 33-40.
- [46] **Gibson JNA.** The Sir David Cuthbertson Medal lecture 1990. The effects of injury and joint disease on muscle mass and protein turnover. *Proc Nutr Soc.* 1991 Aug; 50(2): 501-512.
- [47] **Gibson JNA, Morrison WL, Scrimgeour CM, Smith K, Stoward PJ, Rennie MJ.** Effects of therapeutic percutaneous electrical stimulation of atrophic human quadriceps on muscle composition, protein synthesis and contractile properties. *Eur J Clin Invest.* 1989; 19(2): 206-212.

- [48] **Glanz M, Klawansky S, Stason W, Berkey C, Chalmers TC.** Functional electrostimulation in post-stroke rehabilitation: A meta-analysis of the randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77(6): 549-553.
- [49] **Glasberg MR, Glasberg JR, Jones RE.** Muscle pathology in total knee replacement for severe osteoarthritis: A histochemical and morphometric study. *Henry Ford Hosp Med J* 1986; 34 (1): 37-40.
- [50] **Goh JC, Lee PY, Bose K.** A cadaver study of the function of the oblique part of vastus medialis. *J Bone Joint Surg Br.* 1995; 77(2): 225-31.
- [51] **Gotlin RS, Hershkowitz S, Juris PM, Gonzalez EG, Scott N, Insall JN.** Electrical stimulation effect on extensor lag and length of hospital stay after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75(9): 957-9.
- [52] **Greve JMD, Muszkat PT, Schmidt B, Chiovatto J, Barros TEP, Batistella LR.** Functional electrical stimulation (FES): muscle histochemical analysis. *Paraplegia* 1993; 31: 764-770.
- [53] **Harman HH.** *Modern factor analysis.* Third ed. revised. Chicago: University of Chicago Press, 1976.
- [54] **Hofmann AA, Plaster RL, Murdock LE.** Subvastus (Southern) approach for primary total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1991; (269): 70-77.

- [55] **Huang CH, Cheng CK, Lee YT, Lee KS.** Muscle strength after successful total knee replacement. A 6- to 13- year followup. *Clin Orthop Relat Res.* 1996; (328): 147-154.
- [56] **Hurley MV.** Quadriceps weakness in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 1998; 10(3): 246-250.
- [57] **Hurley MV.** The role of muscle weakness in the pathogenesis of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 1999; 25(2): 283-98.
- [58] **Hurley MV, Newham DJ.** The influence of arthrogenous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early unilateral osteoarthritic knees. *Br J Rheumatol* 1993; 32(2): 127-31.
- [59] **Hurley MV, Scott DL, Rees J, Newham DJ.** Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1997; 56(11): 641-648.
- [60] **Ikeda S, Tsumura H, Torisu T.** Age-related quadriceps-dominant muscle atrophy and incident radiographic knee osteoarthritis. *J Orthop Sci* 2005; 10(2): 121-126.
- [61] **Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN.** Rationale of the Knee Society Clinical Rating System. *Clin Ortop Relat Res.* 1989; (248): 13-4.
- [62] **Insall J, Tria AJ, Scott WN.** The total condylar knee prosthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1979; (145): 68-77.
- [63] **Jorn LP, Johnsson R, Toksvig-Larsen S.** Patient satisfaction, function and return to work after knee arthroplasty. *Acta Ortop Scand* 1999; 70(4): 343-347.

- [64] **Kantz ME, Harris WJ, Levitsky K, Ware JE, Davies AR.** Methods for assessing condition-specific and generic functional status outcomes after total knee replacement. *Med Care*, 1992; 30(Suppl. 5): MS240-MS252.
- [65] **Karachalios Th, Giotikas D, Roidis N, Poultides L, Bargiotas K, Malizos KN.** Total knee replacement performed with either a mini-midvastus or a standard approach. A prospective randomised clinical and radiological trial. *J Bone Joint Surg Br.* 2008; 90(5): 584-91.
- [66] **Kellgren JH, Lawrence JS.** Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957; 16(4): 494-502.
- [67] **Kennedy LG, Newman JH, Ackroyd CE, Dieppe PA.** When should we do knee replacements? *Knee* 2003; 10(2): 161-166.
- [68] **König A, Scheidler M, Rader C, Eulert J.** The need for a dual rating system in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1997; (345): 161-167.
- [69] **Leach RE, Baumgard S, Broom J:** Obesity: Its relationship to osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1973; (93): 271-273.
- [70] **Lewek M, Stevens J, Snyder-Mackler L.** The use of electrical stimulation to increase quadriceps femoris muscle force in an elderly patient following a total knee arthroplasty. *Phys Ther* 2001; 81(9): 1565-71.

- [71] **Liberson WT, Holmquest HJ, Scot D, Dow M.** Functional electrotherapy: Stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1961; 42: 101-5.
- [72] **Lieb FJ, Perry J.** Quadriceps function. An anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg Am.* 1968; 50(8): 1535-1548.
- [73] **Lieber RL.** Comparison between animal and human studies of skeletal muscle adaptation to chronic stimulation. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; (233): 19-24.
- [74] **Lingard EA, Katz JN, Wright EA, Sledge CB and the Kinemax outcomes group.** Predicting the outcome of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004; 86(10): 2179-2186.
- [75] **Lingard EA, Katz JN, Wright JR, Wright EA, Sledge CB.** Validity and responsiveness of the Knee Society Clinical Rating System in comparison with the SF-36 and WOMAC. *J. Bone Joint Surg Am.* 2001; 83(12): 1856-1864.
- [76] **Liow RY, Walker K, Wajid MA, Bedi G, Lennox CM.** Functional rating for knee arthroplasty: comparison of three scoring systems. *Orthopedics* 2003; 26(2): 143-9.
- [77] **Ljungqvist O, Soop M, Hedstrom M.** Why metabolism matters in elective orthopedic surgery. A review. *Acta Orthop Scand* 2007; 78(5): 610-615.
- [78] **Lloyd T, De Domenico G, Strauss GR, Singer K.** A review of the use of electro-motor stimulation in human muscles. *Aust J Physiother* 1986; 32 (1): 18-30.

- [79] **MacGregor J.** The evaluation of patient performance using long term ambulatory monitoring technique in the domiciliary environment. *Physiotherapy* 1981; 67(2): 30-33.
- [80] **Maloney WJ, Schurman DJ, Hangen D, Goodman SB, Edworthy S, Bloch DA:** The influence of continuous passive motion on outcome in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; (256): 162-168.
- [81] **Mankin HJ, Mow VC, Buckwalter JA.** Articular Cartilage repair and osteoarthritis. In *Orthopaedic Basic Science – Biology and biomechanics of the musculoskeletal system* (2nd Edition). *American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)* 1999; 18: 471-87.
- [82] **Marks R, Ungar M, Ghasemmi M.** Electrical muscle stimulation for osteoarthritis of the knee: Biological basis and systematic review. *NZ J. Physiother.* 2000; 28(3): 6-20.
- [83] **Martin TP, Gundersen LA, Blevins FT, Coutts RD.** The influence of functional electrical stimulation on the properties of vastus lateralis fibres following total knee arthroplasty. *Scand J Rehab Med* 1991; 23(4): 207-210.
- [84] **McAlindon TE, Cooper C, Kirwan JR, Dieppe PA.** Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis* 1993; 52(4): 258 – 262.
- [85] **McMinn R.M.H.** Last's Anatomy Regional and Applied. Ninth ed. Edinburgh: Churchill-Livingstone, 1994: 156-8.
- [86] **Miller ME, Rejeski WJ, Messier SP, Loeser RF.** Modifiers of change in physical functioning in older adults with knee pain: the Observational Arthritis Study in Seniors (OASIS). *Arthritis Rheum* 2001; 45(4): 331-9.

- [87] **Mizner RL, Petterson SC, Stevens JE, Axe MJ, Snyder-Mackler L.** Preoperative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. *J Rheumatol.* 2005; 32(8): 1533-9.
- [88] **Mizner RL, Petterson SC, Stevens JE, Vandenborne K, Snyder-Mackler L.** Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty. The contributions of muscle atrophy and failure of voluntary muscle activation. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87(5): 1047-53.
- [89] **Mizner RL, Stevens JE, Snyder Mackler L.** Voluntary activation and decreased force production of the quadriceps femoris muscle after total knee arthroplasty. *Phys Ther.* 2003; 83(4): 359-365.
- [90] **Moran CG, Horton TC.** Total knee replacement: the joint of the decade. A successful operation for which there's a large unmet need. *BMJ* 2000 Mar25; 320 (7238):820-820.
- [91] **Mossberg KA, Linton KA, Friske K.** Ankle foot orthosis: effect on energy expenditure of gait in spastic diplegic children. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71(7): 490-94.
- [92] **Munsat TL, McNeal D, Waters R.** Effects of nerve stimulation on human muscle. *Arch Neurol* 1976; 33(9): 608-617.
- [93] **Nelson HE, Smith MB, Bowman BR, Waters RL.** Electrode effectiveness during transcutaneous motor stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 1980; 61(2): 73-77.
- [94] **Nene AV.** Physiological cost index of walking in able-bodied adolescents and adults. *Clin Rehabil.* 1993; 7(4): 319-26.

- [95] **Nene AV, Jennings SJ.** Physiological cost index of paraplegic locomotion using the ORLAU ParaWalker. *Paraplegia* 1992; 30(4): 246-252.
- [96] **Nielsen PT, Rechnagel K, Nielsen SE.** No effect of continuous passive motion after arthroplasty of the knee. *Acta Orthop Scand* 1988; 59(5): 580-581.
- [97] **O'Reilly SC, Jones A, Muir KR, Doherty M.** Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann Rheum Dis* 1998; 57(10): 588 – 594.
- [98] **Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC:** Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med.* 1986; 314: 605-613.
- [99] **Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M, Scuderi G.** Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14(1): 7-12.
- [100] **Peckham PH, Mortimer JT, Marsolais EB.** Alteration in the force and fatigability of skeletal muscle in quadriplegic humans following exercise induced by chronic electrical stimulation. *Clin Orthop Relat Res.* 1976; (114): 326-334.
- [101] **Peeler J, Cooper J, Porter MM, Thliveris JA, Anderson JE.** Structural parameters of the vastus medialis muscle. *Clin Anat* 2005; 18(4): 281-9.
- [102] **Philbin EF, Groff GD, Ries MD, Miller TE.** Cardiovascular fitness and health in patients with end-stage osteoarthritis. *Arthrit. and Rheumat.* 1995; 38(6): 799-805.

- [103] **Pinals RS.** Mechanisms of joint destruction, pain and disability in osteoarthritis. *Drugs* 1996; 52(Suppl. 3): 14-20.
- [104] **Pope RO, Corcoran S, McCaul K, Howie DW.** Continuous passive motion after primary total knee arthroplasty. Does it offer any benefits? *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79(6): 914-917.
- [105] **Quality Metric Incorporated:** <http://www.qualitymetric.com>.
- [106] **Ranawat CS, Flynn WF Jr, Deshmukh RG.** Impact of modern technique on long-term results of total condylar knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; (309): 131-135.
- [107] **Ries MD, Philbin EF, Groff GD.** Relationship between severity of gonarthrosis and cardiovascular fitness. *Clin Orthop Relat Res* 1995; (313): 169-176.
- [108] **Ries MD, Philbin EF, Groff GD, Sheesley KA, Richman JA, Lynch F.** Improvement in cardiovascular fitness after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78(11): 1696-1701.
- [109] **Rose J, Gamble JG, Lee J, Lee R, Haskell WL.** The energy expenditure index: a method to quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 1991; 11(5): 571-578.
- [110] **Roysam GS, Oakley MJ.** Subvastus approach for total knee arthroplasty. A prospective, randomized, and observer-blinded trial. *J Arthroplasty* 2001; 16(4): 454-457.

- [111] **Salmons S.** Exercise, stimulation and type transformation of skeletal muscle. *Int. J. Sports Med* 1994; 15(3): 136-141.
- [112] **Salmons S, Henriksson J.** The adaptive response of skeletal muscle to increased use. *Muscle & Nerve* 1981; 4(2): 94-105.
- [113] **Salmons S, Sréter FA.** Significance of impulse activity in the transformation of skeletal muscle type. *Nature* 1976; 263: 30-34.
- [114] **Salmons S, Vrbová G.** The influence of activity on some contractile characteristics of mammalian fast and slow muscles. *J. Physiol* 1969; 201(3): 535-549.
- [115] **Scremin AME, Kurta L, Gentili A, Wiseman B, Perell K, Kunkel C, Scremin OU.** Increasing muscle mass in spinal cord injured persons with a functional electrical stimulation exercise program. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80(12): 1531-6.
- [116] **Sheskin DJ.** *Handbook of parametric and non-parametric statistical procedures*. Third ed.: Chapman & Hall/CRC, 2004.
- [117] **Silva M, Shepherd EF, Jackson WO, Pratt JA, McClung CD, Schmalzried TP.** Knee strength after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2003; 18 (5): 605-611.
- [118] **Širca A, Sušec-Michieli M.** Selective type II fibre muscular atrophy in patients with osteoarthritis of the hip. *J Neurol Sci* 1980; 44(2-3): 149-159.

- [119] Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, Mazzuca S, Braunstein EM, Katz BP, Wolinsky FD. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med.* 1997; 127(2): 97-104.
- [120] **Slemenda C, Heilman DK, Brandt KD, Katz BP, Mazzuca SA, Braunstein EM, Byrd D.** Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum.* 1998; 41(11): 1951-9.
- [121] **Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L.** Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *J Orthop Res.* 2003; 21(5): 775-779.
- [122] **Stewart AL, Greenfield S, Hays RD, Wells KB, Rogers WH, Berry SD, McGlynn EA, Ware JE.** Functional status and well-being of patients with chronic conditions: Results from the Medical Outcomes Study. *JAMA* 1989; 262(7): 907-913.
- [123] **Stokes M, Young A.** The contribution of reflex inhibition to arthrogenous muscle weakness. Editorial review. *Clin Sci* 1984; 67(1): 7-14.
- [124] **Taylor PN, Burridge JH, Dunkerley AL, Wood DE, Norton JA, Singleton C, Swain ID.** Clinical use of the Odstock dropped foot stimulator: Its effect on the speed and effort of walking. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80(12): 1577-1583.
- [125] **Taylor P, Singleton C, Wright P, Mann G, Johnson C, Swain ID.** Correction of dropped foot following multiple sclerosis by functional electrical stimulation, an audit of walking speed and physiological cost index. *Proceedings: 1st ISPRM Congress*, Amsterdam, the Netherlands, 2001.

- [126] **Travnik L, Pernus F, Erzen I.** Histochemical and morphometric characteristics of the normal human vastus medialis longus and vastus medialis obliquus muscles. *J Anat* 1995; 187(2): 403-411.
- [127] **Walsh M, Woodhouse LJ, Thomas SG, Finch E.** Physical impairments and functional limitations: A comparison of individuals 1 year after total knee arthroplasty with control subjects. *Phys Ther.* 1998; 78(3): 248-258.
- [128] **Ware Jr JE:** Conceptualizing and measuring generic health outcomes. *Cancer* 1991; 67(3): 774 – 779.
- [129] **Ware Jr JE:** SF-36 health survey update. *Spine* 2000; 25(24): 3130-3139.
- [130] **Ware Jr JE, Kosinski M.** *SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A Manual for users of version 1.* Second ed. Lincoln, RI: Quality Metric Inc, 2001.
- [131] **Ware Jr JE, Kosinski M.** Appendix C: Scoring algorithms. 1990 Norm-based scoring of PCS and MCS. In: *SF-36 Physical & Mental Health Summary Scales: A manual for users of version 1.* Second ed. Lincoln RI, 2004.
- [132] **Ware Jr JE, Kosinski M.** Chapter 4: Norm-based scoring and interpretation. In: *SF-36 Physical & Mental Health Summary Scales: A manual for users of version 1.* Second ed. Lincoln RI, 2004.
- [133] **Ware Jr JE, Kosinski M, Gandek B.** *SF-36 Health Survey : Manual & Interpretation Guide.* Lincoln RI: Quality Metric Inc, 2004.

- [134] **Ware Jr JE, Kosinski M, Keller S.** *SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual.* Boston, MA: The Health Institute, New England Medical Centre, 1994.
- [135] **Ware JE Jr, Sherbourne CD.** The MOS 36-item short form health survey (SF-36). I: Conceptual framework and item selection. *Med. Care* 1992; 30(6): 473-83.
- [136] **Ware Jr JE, Snow KK, Kosinski M, Gandek B.** *SF-36 Health Survey. Manual and Interpretation Guide.* Boston, MA: The Health Institute, New England Medical Centre, 1993.
- [137] **Waters RL, Hislop HJ, Perry J, Antonelli D.** Energetics: Application to the study and management of locomotor disabilities. Energy cost of normal and pathologic gait. *Orthop Clin. N Am.* 1978; 9(2): 351-356.
- [138] **Waters RL, Hislop HJ, Perry J, Thomas L, Campbell J.** Comparative cost of walking in young and old adults. *J. Orthop. Res.* 1983; 1(1): 73-76.
- [139] **Waters RL, Lunsford BR, Perry J, Byrd R.** Energy – Speed relationship of walking: Standard tables. *J. Orthop. Res.* 1988; 6(2): 215-222.
- [140] **Waters RL, McNeal DR, Faloony W, Clifford B.** Functional electrical stimulation of the peroneal nerve for hemiplegia. Long-term clinical follow up. *J Bone Joint Surg Am.* 1985; 67(5): 792-93.
- [141] **Waters RL, McNeal DR, Perry J.** Experimental correction of foot drop by electrical stimulation of the peroneal nerve. *J Bone Joint Surg Am.* 1975; 57(8): 1047-1054.

- [142] **Waters RL, Perry J, Conaty P, Lunsford B, O'Meara P.** The energy cost of walking with arthritis of the hip and knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; (214): 278-284.
- [143] **Wuolle KS, Van Doren CL, Bryden AM, Peckham PH, Keith MW, Kilgore KL, Grill JH.** Satisfaction with and usage of a hand neuroprosthesis. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80(2): 206-213.
- [144] **Zizic TM, Hoffman KC, Holt PA, Hungerford DS, O'Dell JR, Jacobs MA, Lewis CG, Deal CL, Caldwell JR, Cholewczynski JG, Free SM.** The treatment of osteoarthritis of the knee with pulsed electrical stimulation. *J Rheumatol* 1995; 22(9): 1757-61.
- [145] **Αλέξανδρος Π. Σάββας (1985).** Επίτομη ανατομική του ανθρώπου και άτλας. Εκδόσεις Κυριακίδη – Θεσσαλονίκη.

Κεφάλαιο-6: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 1

Τύποι σκελετικών μυϊκών ινών του ανθρώπου - Ειδικά χαρακτηριστικά

<u>Τύποι μυϊκών ινών</u>	<u>Τύπος I</u>	<u>Τύπος IIA</u>	<u>Τύπος IIB</u>
Άλλες ονομασίες	Ερυθρές βραδείας συσπάσεως. Βραδείες οξειδωτικές.	Λευκές ταχείας συσπάσεως. Ταχείες οξειδωτικές - γλυκολυτικές	Ταχείες γλυκολυτικές
Ταχύτητα συσπάσεως	Αργές	Γρήγορες	Γρήγορες
Δύναμη συσπάσεως	Μικρή	Μεγάλη	Μεγάλη
Κόπωση	Ανθεκτικές	Εύκολη κόπωση	Πολύ εύκολη κόπωση
Αερόβια ικανότητα	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Αναερόβια ικανότητα	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Μέγεθος μυϊκών ινών	Μικρό	Μεγαλύτερο	Μέγιστο
Αγγειακή πυκνότητα	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή

*Αναπαρήχθη από το βιβλίο: Orthopaedic Basic Science. Biology and biomechanics of the musculoskeletal system
2nd Ed. American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) 2000; p.692.*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 2

GREEK (GREECE) ~ SF-36

SF-36 ΕΡΕΥΝΑ ΥΓΕΙΑΣ

ΟΔΗΓΙΕΣ: Το ερωτηματολόγιο αυτό ζητά τις δικές σας απόψεις για την υγεία σας. Οι πληροφορίες σας θα μας βοηθήσουν να εξακριβώσουμε πώς αισθάνεστε από πλευράς υγείας και πόσο καλά μπορείτε να ασχοληθείτε με τις συνηθισμένες δραστηριότητές σας.

Απαντήστε στις ερωτήσεις, βαθμολογώντας κάθε απάντηση με τον τρόπο που σας δείχνουμε. Αν δεν είστε απόλυτα βέβαιος/βέβαιη για την απάντησή σας, παρακαλούμε να δώσετε την απάντηση που νομίζετε ότι ταιριάζει καλύτερα στην περίπτωση σας.

1. Γενικά, θα λέγατε ότι η υγεία σας είναι:

(βάλτε μέσα σε κύκλο)

Άριστη..... 1
Πολύ καλή.....2
Καλή 3
Μέτρια 4
Κακή..... 5

2. Σε σύγκριση με ένα χρόνο πριν, γενικά πώς θα αξιολογούσατε την υγεία σας τώρα;

(βάλτε μέσα σε κύκλο)

Πολύ καλύτερη τώρα απ' ότι ένα χρόνο πριν..... 1
Κάπως καλύτερη τώρα απ' ότι ένα χρόνο πριν 2
Περίπου η ίδια όπως ένα χρόνο πριν 3
Κάπως χειρότερη τώρα απ' ότι ένα χρόνο πριν..... 4
Πολύ χειρότερη τώρα απ' ότι ένα χρόνο πριν..... 5

3. Οι παρακάτω προτάσεις περιέχουν δραστηριότητες που πιθανώς να κάνετε κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης ημέρας. Η τωρινή κατάσταση της υγείας σας, σας περιορίζει σε αυτές τις δραστηριότητες; Εάν ναι, πόσο;

(βάλτε μέσα σε κύκλο έναν αριθμό σε κάθε σειρά)

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	Ναι, με περιορίζει Πολύ	Ναι, με περιορίζει Λίγο	Όχι, δεν με περιορίζει Καθόλου
α. Σε κουραστικές δραστηριότητες, όπως το τρέξιμο, το σήκωμα βαριών αντικειμένων, ή η συμμετοχή σε δυναμικά σπορ	1	2	3
β. Σε μέτριας έντασης δραστηριότητες, όπως η μετακίνηση ενός τραπεζιού, το σπρώξιμο μιας ηλεκτρικής σκούπας, ο περίπατος στην εξοχή ή όταν παίζετε ρακέτες στην παραλία	1	2	3
γ. Όταν σηκώνετε ή μεταφέρετε ψώνια από την αγορά	1	2	3
δ. Όταν ανεβαίνετε μερικές σκάλες	1	2	3
ε. Όταν ανεβαίνετε μία σκάλα	1	2	3
στ. Στο λύγισμα του σώματος, στο γονάτισμα ή στο σκύψιμο	1	2	3
ζ. Όταν περπατάτε πάνω από ένα χιλιόμετρο	1	2	3
η. Όταν περπατάτε μερικές εκατοντάδες μέτρα	1	2	3
θ. Όταν περπατάτε περίπου εκατό μέτρα	1	2	3
ι. Όταν κάνετε μπάνιο ή όταν ντύνεστε	1	2	3

4. Τις τελευταίες 4 εβδομάδες, σας παρουσιάστηκαν είτε στη δουλειά σας – είτε σε κάποια άλλη συνηθισμένη καθημερινή σας δραστηριότητα – κάποια από τα παρακάτω προβλήματα, εξαιτίας της κατάστασης της σωματικής σας υγείας;

(βάλτε μέσα σε κύκλο έναν αριθμό σε κάθε σειρά)

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
α. Μειώσατε το χρόνο που συνήθως αφιερώνετε στη δουλειά ή σε άλλες δραστηριότητες	1	2
β. Επιτελέσατε λιγότερα από όσα θα θέλατε	1	2
γ. Περιορίσατε το είδος δουλειάς ή άλλων δραστηριοτήτων σας	1	2
δ. Δυσκολευτήκατε να εκτελέσετε τη δουλειά ή άλλες δραστηριότητές σας (για παράδειγμα, κατεβάλατε μεγαλύτερη προσπάθεια)	1	2

5. Τις τελευταίες 4 εβδομάδες, σας παρουσιάστηκαν – είτε στη δουλειά σας είτε σε κάποια άλλη συνηθισμένη καθημερινή δραστηριότητα – κάποια από τα παρακάτω προβλήματα εξαιτίας οποιουδήποτε συναισθηματικού προβλήματος (λ.χ., επειδή νιώσατε μελαγχολία ή άγχος);

(βάλτε μέσα σε κύκλο έναν αριθμό σε κάθε σειρά)

	<i>ΝΑΙ</i>	<i>ΟΧΙ</i>
α. Μειώσατε το χρόνο που συνήθως αφιερώνετε στη δουλειά ή σε άλλες δραστηριότητες	1	2
β. Επιτελέσατε λιγότερα από όσα θα θέλατε	1	2
γ. Κάνατε τη δουλειά ή και άλλες δραστηριότητες λιγότερο προσεκτικά απ' ότι συνήθως	1	2

6. Τις τελευταίες 4 εβδομάδες, σε ποιο βαθμό επηρέασε η κατάσταση της σωματικής σας υγείας ή κάποια συναισθηματικά προβλήματα τις συνηθισμένες κοινωνικές σας δραστηριότητες με την οικογένεια, τους φίλους, τους γείτονές σας ή με άλλες κοινωνικές ομάδες;

(βάλτε μέσα σε κύκλο)

Καθόλου 1

Ελάχιστα.....2

Μέτρια 3

Αρκετά 4

Πάρα πολύ 5

7. Πόσο σωματικό πόνο νιώσατε τις τελευταίες 4 εβδομάδες;

(βάλτε μέσα σε κύκλο)

Καθόλου..... 1

Πολύ ήπιο 2

Ήπιο..... 3

Μέτριο 4

Έντονο 5

Πολύ έντονο 6

8. Τις τελευταίες 4 εβδομάδες, πόσο επηρέασε ο πόνος τη συνηθισμένη εργασία σας (τόσο την εργασία έξω από το σπίτι όσο και μέσα σε αυτό);

(βάλτε μέσα σε κύκλο)

Καθόλου 1

Λίγο..... 2

Μέτρια 3

Αρκετά 4

Πάρα πολύ 5

9. Οι παρακάτω ερωτήσεις αναφέρονται στο πώς αισθανόσαστε και στο πώς ήταν γενικά η διάθεσή σας τις τελευταίες 4 εβδομάδες. Για κάθε ερώτηση, παρακαλείστε να δώσετε εκείνη την απάντηση που πλησιάζει περισσότερο σε ότι αισθανθήκατε. Τις τελευταίες 4 εβδομάδες, για πόσο χρονικό διάστημα –

(βάλτε μέσα σε κύκλο ένα αριθμό σε κάθε σειρά)

	Συνεχώς	Το μεγαλύτερο διάστημα	Σημαντικό διάστημα	Μερικές φορές	Μικρό διάστημα	Καθόλου
α. Αισθανόσαστε γεμάτος/γεμάτη ζωντάνια;	1	2	3	4	5	6
β. Είχατε πολύ εκνευρισμό;	1	2	3	4	5	6
γ. Αισθανόσαστε τόσο πολύ πεσμένος/πεσμένη ψυχολογικά, που τίποτε δεν μπορούσε να σας φτιάξει το κέφι;	1	2	3	4	5	6
δ. Αισθανόσαστε ηρεμία και γαλήνη;	1	2	3	4	5	6
ε. Είχατε πολλή ενεργητικότητα;	1	2	3	4	5	6
στ. Αισθανόσαστε απελπισία και μελαγχολία;	1	2	3	4	5	6
ζ. Αισθανόσαστε εξάντληση;	1	2	3	4	5	6
η. Ήσαστε ευτυχισμένος/ευτυχισμένη;	1	2	3	4	5	6
θ. Αισθανόσαστε κούραση;	1	2	3	4	5	6

10. Τις τελευταίες 4 εβδομάδες, για πόσο χρονικό διάστημα επηρέασαν τις κοινωνικές σας δραστηριότητες (π.χ. επισκέψεις σε φίλους, συγγενείς κλπ.) η κατάσταση της σωματικής σας υγείας ή κάποια συναισθηματικά προβλήματα;

(βάλτε μέσα σε κύκλο)

Συνεχώς..... 1

Το μεγαλύτερο διάστημα.....2

Μερικές φορές 3

Μικρό διάστημα 4

Καθόλου..... 5

11. Πόσο ΑΛΗΘΙΝΕΣ ή ΨΕΥΔΕΙΣ είναι οι παρακάτω προτάσεις στη δική σας περίπτωση;

(βάλτε μέσα σε κύκλο ένα αριθμό σε κάθε σειρά)

	Εντελώς Αλήθεια	Μάλλον Αλήθεια	Δεν ξέρω	Μάλλον Ψέμα	Εντελώς ψέμα
α. Μου φαίνεται ότι αρρωσταίνω λίγο ευκολότερα από άλλους ανθρώπους	1	2	3	4	5
β. Είμαι τόσο υγιής όσο όλοι οι γνωστοί μου	1	2	3	4	5
γ. Περιμένω ότι η υγεία μου θα χειροτερεύσει	1	2	3	4	5
δ. Η υγεία μου είναι άριστη	1	2	3	4	5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 3: SF-36 CONCEPTS

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ SF-36

Meaning of scores

Concepts	No of Items	No of levels	Low	High
Physical Functioning (PF)	10	21	Μεγάλος περιορισμός όλων των φυσικών δραστηριοτήτων συμπεριλαμβανομένου του λουσίματος και ντυσίματος λόγω κακής υγείας	Όλες οι φυσικές δραστηριότητες είναι δυνατές ακόμη και οι πιο έντονες χωρίς περιορισμούς λόγω κακής υγείας
Role-Physical (RP)	4	5	Προβλήματα με την εργασία ή άλλες καθημερινές δραστηριότητες σαν αποτέλεσμα κακής φυσικής κατάστασης	Δεν παρατηρούνται προβλήματα με την εργασία ή άλλες καθημερινές δραστηριότητες σαν αποτέλεσμα κακής φυσικής κατάστασης
Bodily Pain (BP)	2	11	Πολύ σοβαρός και άκρως περιοριστικός πόνος	Καθόλου πόνος ή περιορισμοί εξαιτίας του πόνου
General Health (GH)	5	21	Ο/Η ασθενής προσωπικά εκτιμά ότι η υγεία του είναι πτωχή και πιστεύει ότι είναι πιθανό να χειροτερεύσει	Ο/Η ασθενής εκτιμά την υγεία του ως αρίστη
Vitality (VT)	4	21	Ο/Η ασθενής αισθάνεται διαρκώς κουρασμένος και εξουθενωμένος	Ο/Η ασθενής διαρκώς αισθάνεται γεμάτος ζωντάνια και ενέργεια
Social Functioning (SF)	2	9	Προβλήματα της σωματικής ή συναισθηματικής υγείας παρεμβάλλονται συχνά και σε μεγάλο βαθμό στις καθημερινές κοινωνικές δραστηριότητες	Ανταποκρίνεται στις συνήθεις καθημερινές κοινωνικές δραστηριότητες χωρίς παρεμβολές (εμπόδια) από προβλήματα της σωματικής ή συναισθηματικής του υγείας.
Role-Emotional (RE)	3	4	Δυσχέρειες με την εργασία ή άλλες καθημερινές δραστηριότητες σαν αποτέλεσμα συναισθηματικών προβλημάτων	Καμία δυσχέρεια με την εργασία ή άλλες καθημερινές δραστηριότητες λόγω συναισθηματικών προβλημάτων
Mental Health (MH)	5	26	Συνεχές αίσθημα νευρικότητας ή κατάθλιψης	Αίσθημα συνεχούς γαλήνης, ευεξίας και ηρεμίας
Reported Health Transition	1	5	Ο ασθενής πιστεύει ότι η γενική κατάσταση της υγείας του είναι πολύ καλύτερη από ότι ήταν ένα χρόνο πριν	Ο ασθενής πιστεύει ότι η γενική κατάσταση της υγείας του είναι πολύ χειρότερη από ότι ήταν ένα χρόνο πριν

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 4

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ SF-36 PHYSICAL COMPONENT SUMMARY SCALE (PCS) ΚΑΙ SF-36 MENTAL COMPONENT SUMMARY SCALE (MCS)

Λέγονται Μέτρα των Συστατικών μερών (Component Measures) γιατί προκύπτουν και βαθμολογούνται με τη χρήση αναλυτικής μεθόδου παραγόντων που αναφέρεται ως Ανάλυση κυρίων συστατικών (Principal Components analysis).

Παραγοντικές αναλύσεις των συσχετισμών ανάμεσα στις 8 κλίμακες του ερωτηματολογίου SF-36 σταθερά ανιχνεύουν αυτές τις 2 παραμέτρους οι οποίες ερμηνεύονται ως «Φυσική ή/και Σωματική» και «Νοητική ή/και Ψυχική-Συναισθηματική» διάσταση του επιπέδου υγείας.

Το μοντέλο του ερωτηματολογίου SF-36 έχει τρία επίπεδα:

- (1) Στελέχη ερωτήσεων (Items)
- (2) Κλίμακες (Scales)
- και
- (3) Συγκεντρωτικά Μέτρα Συστατικών (Component Summary Measures).

PCS: Προκύπτει από τις κλίμακες PF, RP, BP, GH.

MCS: Προκύπτει από τις κλίμακες VT, SF, RE, MH

SCALE	VERY LOW	VERY HIGH
PCS	Σημαντικοί περιορισμοί στην δυνατότητα ατομικής φροντίδας, στις φυσικές και κοινωνικές δραστηριότητες, σοβαρός σωματικός πόνος, συχνά επεισόδια κόπωσης. Η υγεία εκτιμάται γενικά ως «Φτωχή»	Δεν υπάρχουν περιορισμοί φυσικών δραστηριοτήτων, ανικανότητα, ή μείωση του καλώς αισθάνεσθαι. Υγεία «Άριστη».
MCS	Συχνή ψυχολογική καταπόνηση, σημαντική ανεπάρκεια κοινωνικών και φυσικών δραστηριοτήτων εξαιτίας συναισθηματικών προβλημάτων. Υγεία «Φτωχή».	Συχνές θετικές επιρροές. Έλλειψη ψυχολογικής καταπόνησης και περιορισμών των συνήθων κοινωνικών και φυσικών δραστηριοτήτων εξαιτίας συναισθηματικών προβλημάτων. Υγεία «Άριστη».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ -5

OXFORD KNEE SCORE

QUESTIONNAIRE ON THE PERCEPTIONS OF PATIENTS ABOUT TOTAL KNEE REPLACEMENT

Στη διάρκεια των τελευταίων τεσσάρων εβδομάδων

(1) Πως θα περιγράφατε τον πόνο που συνήθως έχετε από το γόνατό σας;	Καθόλου Πολύ ήπιο Ήπιο Μέτριο Σοβαρό	1 2 3 4 5
(2) Είχατε πρόβλημα να λουστείτε και κατόπιν να στεγνώσετε το κορμί σας με την πετσέτα εξαιτίας του πόνου από το γόνατό σας;	Κανένα απολύτως Πολύ μικρό πρόβλημα Μέτριο πρόβλημα Μεγάλη δυσκολία Αδύνατο να το κάνω	1 2 3 4 5
(3) Είχατε πρόβλημα να μπειτε ή να βγείτε από το αυτοκίνητο ή να χρησιμοποιήσετε το λεωφορείο εξαιτίας του γόνατός σας;	Κανένα απολύτως Πολύ μικρό πρόβλημα Μέτριο πρόβλημα Μεγάλη δυσκολία Αδύνατο να το κάνω	1 2 3 4 5
(4) Για πόσο χρονικό διάστημα μπορείτε να περπατήσετε πριν ο πόνος από το γόνατο γίνει πολύ έντονος; (με ή χωρίς μαστούνι)	Καθόλου πόνος για > 30 λεπτά 16 έως 30 λεπτά 5 έως 15 λεπτά Μέσα στο σπίτι μόνο Καθόλου – έντονος πόνος στο περπάτημα	1 2 3 4 5
(5) Μετά από ένα γεύμα όπου καθόσασταν στο τραπέζι, πόσο επώδυνο ήταν για εσάς να σηκωθείτε όρθιος/α εξαιτίας πόνου από το γόνατο;	Καθόλου επώδυνο Ελαφρά επώδυνο Μετρίως επώδυνο Πολύ επώδυνο Ανυπόφορο	1 2 3 4 5
(6) Κουτσαίνετε στο περπάτημα εξαιτίας του γόνατός σας;	Σπανίως/ποτέ Μερικές φορές ή μόνο στο ξεκίνημα Συχνά (όχι μόνο στο ξεκίνημα) Τον περισσότερο καιρό Συνέχεια	1 2 3 4 5
(7) Μπορείτε να γονατίσετε κάτω και να σηκωθείτε αμέσως μετά;	Ναι εύκολα Με μικρή δυσκολία Με μέτρια δυσκολία Με μεγάλη δυσκολία Όχι, αδύνατον	1 2 3 4 5

(8) Είχατε πόνο τη νύχτα από το γόνατό σας;	Όχι καθόλου	1
	Μόνο 1 ή 2 νύχτες	2
	Μερικές νύχτες	3
	Τις περισσότερες νύχτες	4
	Κάθε νύχτα	5
(9) Κατά πόσον ο πόνος από το γόνατο παρεμβάλλονταν στην καθημερινή σας εργασία; (συμπεριλαμβανομένης της οικιακής απασχόλησης)	Καθόλου	1
	Ελάχιστα	2
	Μέτρια	3
	Πολύ	4
	Πλήρως	5
(10) Αισθανθήκατε ποτέ να χάνετε την ισορροπία σας κατά τη βάδιση ή με άλλα λόγια να σας προδίδει το γόνατό σας;	Σπάνια/Ποτέ	1
	Μερικές φορές ή μόνο στην αρχή	2
	Συχνά, όχι μόνο στην αρχή	3
	Τις περισσότερες φορές	4
	Συνέχεια	5
(11) Μπορούσατε να κάνετε τα ψώνια του σπιτιού μόνοι σας;	Ναι με ευκολία	1
	Με μικρή δυσκολία	2
	Με μέτρια δυσκολία	3
	Με μεγάλη δυσκολία	4
	Όχι, αδύνατον	5
(12) Μπορούσατε να κατεβείτε τις σκάλες ενός ορόφου;	Ναι, με ευκολία	1
	Με μικρή δυσκολία	2
	Με μέτρια δυσκολία	3
	Με μεγάλη δυσκολία	4
	Όχι, αδύνατον	5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 6
KNEE SOCIETY CLINICAL RATING SYSTEM

Κατηγορία ασθενούς

- A. Ετερόπλευρη ή αμφοτερόπλευρη ΟΑ (στο αντίθετο γόνατο έχει γίνει με επιτυχία αρthroπλαστική)
B. Ετερόπλευρη ΟΑ, το άλλο γόνατο έχει συμπτώματα
Γ. Πολλαπλή αρθρίτιδα ή κακή γενική κατάσταση της υγείας.

KNEE SCORE		FUNCTION SCORE	
<u>ΠΟΝΟΣ</u> Καθόλου Ήπιος ή περιστασιακός Μόνο στη σκάλα Στη βάδιση και στη σκάλα Μέτριος Περιστασιακός Συνεχής Σοβαρός	Βαθμοί 50 45 40 30 20 10 0	<u>ΒΑΔΙΣΗ</u> Απεριόριστη Πάνω από χιλιόμετρο 500 – 1000 μέτρα < 500 m Μόνο μέσα στο σπίτι Τελείως αδύνατη	Βαθμοί 50 40 30 20 10 0
<u>ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ</u> (5° = 1 βαθμός)	βαθμοί 25	<u>ΣΚΑΛΕΣ</u> Φυσιολογικά πάνω & κάτω Φυσιολογικά πάνω – κάτω με τη βοήθεια από το κάγκελο Πάνω & κάτω με τη βοήθεια από το κάγκελο Πάνω με τη βοήθεια από το κάγκελο – κάτω αδύνατον Αδύνατον να εκτελέσει	50 40 30 15 0
<u>ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ</u> (μέγιστη κίνηση σε οποιαδήποτε θέση) Προσθοπίσθια < 5 mm 5 – 10 mm 10 mm Έσω-Έξω < 5° 6°-9° 10°-14° 15°	 10 5 0 15 10 5 0		
SUBTOTAL:		SUBTOTAL:	

KNEE SCORE		FUNCTION SCORE	
ΑΦΑΙΡΕΣΕΙΣ (Αρνητικοί βαθμοί)		ΑΦΑΙΡΕΣΕΙΣ (Αρνητικοί βαθμοί)	
ΣΥΓΚΑΜΨΗ (Flexion contracture) 5°-10° 2 10°-15° 5 16°-20° 10 > 20° 15 ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΕΚΤΑΣΗΣ (Extension lag) < 10° 5 10-20° 10 > 20° 15 ΑΠΟΚΛΙΣΗ του M-K Μηχ. Άξονα 5°-10° 0 0°-4° 3 βαθμοί για κάθε μοίρα 11°-15° 3 βαθμοί για κάθε μοίρα άλλη 20		Ένα μπαστούνι Δύο μπαστούνια Πατερίτσες ή περπατούρα	5 10 20
Συνολικοί βαθμοί που αφαιρούνται:		Συνολικοί βαθμοί που αφαιρούνται:	
TOTAL KNEE SCORE:		TOTAL FUNCTION SCORE:	
* Εάν το σύνολο είναι αρνητικός αριθμός τότε η βαθμολογία είναι μηδέν (score = 0).			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 7

ΣΧΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΤΟΥ MS-2

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ (MODE)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (FREQUENCY)	ΣΧΗΜΑ (FORMAT)	ΠΙΘΑΝΗ ΧΡΗΣΗ
0	10 Hz	ΣΥΝΕΧΕΣ	Επιλογή θέσης ηλεκτροδίων και έντασης διέγερσης
1	10 Hz	ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ	Άσκηση βελτίωσης της αντίστασης στη μυϊκή κόπωση
2	20 Hz	ΣΥΝΕΧΕΣ	Επιλογή θέσης ηλεκτροδίων και έντασης διέγερσης
3	20 Hz	ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ	Άσκηση Τετρακεφάλου
4	20 Hz	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΔΥΟ	Για ταυτόχρονη διέγερση δύο μυϊκών ομάδων π.χ. στο χέρι
5	40 Hz	ΣΥΝΕΧΕΣ	Επιλογή θέσης ηλεκτροδίων και έντασης διέγερσης
6	40 Hz	ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ	Άσκηση του κοινού περονιαίου νεύρου
7	40 Hz	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΔΥΟ	Για ταυτόχρονη διέγερση δύο μυϊκών ομάδων
8 & 9	Εφεδρικά για μελλοντική χρήση	Επί του παρόντος εκτροπή στο κανάλι 7	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – 8

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Το πρόγραμμα συμβατικής φυσιοθεραπείας διαρκεί έξι εβδομάδες μετά την εγχείρηση. Κατόπιν ο ασθενής επιστρέφει στις καθημερινές του δραστηριότητες. Ξεκινώντας από την πρώτη μετεγχειρητική ημέρα και σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος εφαρμόζονται μέτρα ελαχιστοποίησης του οιδήματος και του πόνου. Αυτά συνίστανται στα εξής:

(Α) Συχνή τοποθέτηση πάγου στο χειρουργημένο γόνατο. Ελαστικός επίδεσμος γόνατος εφαρμόζεται κατά την κινητοποίηση του ασθενούς. Στη διάρκεια της κατάκλισης τοποθετείται μαξιλάρι κάτω από το πόδι για βελτίωση της φλεβικής επιστροφής.

(Β) Μαλάξεις με φορά από την άρθρωση του γόνατος φυγόκεντρα προς το πόδι και το ισχίο (χειρομαλάξεις οπισθίων μηριαίων και γαστροκνημίων μυών). Αυτές εφαρμόζονται και στα δύο κάτω άκρα (συνέργια).

Η φυσιοθεραπεία των επιμέρους σταδίων περιλαμβάνει:

1^η Μετεγχειρητική ημέρα	Παθητική κινητοποίηση του γόνατος. Στόχος η επίτευξη παθητικής πλήρους έκτασης (στις 0°).
2^η Μετεγχειρητική ημέρα	Επιχειρείται μετακίνηση στην καρέκλα μετά την αφαίρεση των παροχετεύσεων. Το πόδι τοποθετείται σε σκαμνί ή σε άλλη καρέκλα ώστε το γόνατο να βρίσκεται σε πλήρη έκταση. Έναρξη ισομετρικών ασκήσεων τετρακεφάλου. Ισοτονικές διατάσεις τετρακεφάλου και γαστροκνημίου μυός δύο φορές ημερησίως (2 x 10).
3^η Μετεγχειρητική ημέρα	Συνεχίζονται οι στατικές ασκήσεις: Ισομετρικές και ισοτονικές ασκήσεις εναλλάξ, διάρκειας 45 λεπτών. Προστίθενται ασκήσεις ολισθαίνουσας πτέρνας πάνω σε σανίδα (Heel slides), ασκήσεις προσαγωγών, κάμψης του ισχίου με το γόνατο σε έκταση (2 x 10 την ημέρα) καθώς και ασκήσεις σε πρηνή θέση (οπισθίων μηριαίων). Ασκήσεις παθητικής έκτασης του γόνατος Έναρξη κινητοποίησης με περπατούρα-Π (Υποβοηθούμενη βάδιση με μερική φόρτιση του σκέλους). Αρχίζουν ασκήσεις ενδυνάμωσης τετρακεφάλου και προσαγωγών. Αυτές είναι ενεργητικές ασκήσεις εύρους κινήσεως του γόνατος (κάμψης-έκτασης) χωρίς αντίσταση (2 x 10 την ημέρα).

4^η Μετεγχειρητική ημέρα	<p>Συνεχίζεται η κινητοποίηση με περπατούρα-Π με όση φόρτιση γίνεται καλώς ανεκτή από τον/την ασθενή.</p> <p>Εντείνονται οι ασκήσεις εύρους κινήσεως με στόχο την βελτίωση της ενεργού κάμψης-έκτασης (4x 10 την ημέρα).</p> <p>Συνεχίζονται οι λοιπές ασκήσεις όπως περιγράφηκαν για την τρίτη ημέρα.</p>
Μετεγχειρητικές ημέρες 5-10	<p>Συνεχίζεται η κινητοποίηση με περπατούρα-Π ώστε ο/η ασθενής να βαδίζει προοδευτικά με πλήρη φόρτιση.</p> <p>Συνεχίζονται ενεργητικές ασκήσεις βελτίωσης του εύρους κινήσεως με στόχο την επίτευξη κίνησης 0°-90°.</p> <p>Προσομοίωση καθημερινών δραστηριοτήτων και ασκήσεις σε πρηνή θέση ενίσχυσης οπισθίων μηριαίων μυών.</p> <p>Συνεχίζονται οι λοιπές ασκήσεις όπως περιγράφηκαν για την τρίτη ημέρα.</p>
Μετεγχειρητικές ημέρες 11 έως 42	<p>Έναρξη ενεργητικών ασκήσεων με αντίσταση (4 x 10 έως 8 x 10 την ημέρα, ανάλογα με την αντοχή του ασθενούς) προκειμένου να αυξηθεί η μυϊκή ισχύς.</p> <p>Κινητοποίηση με πατερίτσες η οποία λαμβάνει χώρα σε άλλοτε άλλη χρονική στιγμή εξαρτώμενη από την φυσική κατάσταση και γενικότερη πρόοδο του ασθενούς. Αμέσως μετά ο ασθενής δοκιμάζει ασκήσεις ανόδου-καθόδου σε κλίμακα (σκαλάκια).</p> <p>Προστίθενται ασκήσεις πλάγιας κίνησης και ισορροπίας.</p> <p>Συνεχίζονται οι λοιπές ασκήσεις ομάδων μυών όπως περιγράφηκαν για την τρίτη ημέρα.</p> <p>Στα τελικά στάδια της αποκατάστασης ο ασθενής κινητοποιείται χωρίς πατερίτσες.</p>

ΑΗΜΟΣΙΕΥΣΗ

KNEE

ORTHOPEDICS March 2011; 34(3):175.

Does Electric Stimulation of the Vastus Medialis Muscle Influence Rehabilitation After Total Knee Replacement?

by Kyriakos Avramidis, MD, MSc, FRCS(Ed); Theofilos Karachalios, MD, DSc, PhD; Konstantinos Popotonasios, MD; Dimitrios Sacorafas, MD; Athanasios A. Papathanasiades, MD, PhD; Konstantinos N. Malizos, MD, PhD

Abstract

Patients with knee osteoarthritis present with reduced quadriceps muscle strength, which is partially responsible for impaired function and disability. Although total knee replacement (TKR) is an effective surgical procedure, residual muscle weakness is not usually addressed and may persist for years postoperatively. This article reports the results of a prospective, randomized, controlled trial evaluating the effect of electric muscle stimulation of the vastus medialis on the speed and effort of walking, quality of life, and knee performance in patients undergoing TKR.

Seventy patients who underwent TKR were randomly divided into 2 groups. Patients in group A received electric muscle stimulation and standard physiotherapy for 6 weeks, while patients in group B received physiotherapy only. All patients were assessed with both subjective and objective clinical scales preoperatively and at 6, 12, and 52 weeks postoperatively. Patients in group A demonstrated a statistically significant increase in walking speed, Oxford Knee Score, and American Knee Society function score compared to those in group B at 6 weeks ($P=.003$, $.001$, and $.001$, respectively) and at 12 weeks (all $P=.001$). A statistically significant increase in the SF-36 physical component summary score was observed at 6, 12, and 52 weeks (all $P=.001$). Three patients found the sensation of the electrical stimulation uncomfortable and abandoned its use. No skin reactions and surgical site infections were observed. Electrical stimulation of the vastus medialis muscle in addition to conventional physiotherapy improves functional recovery and early rehabilitation after TKR.

Introduction

Patients with knee osteoarthritis present with reduced quadriceps muscle strength, which is partially responsible for impaired function and disability.¹⁻⁶ Quadriceps weakness in combination with arthritic pain is likely a more important determinant of disability than radiographic severity of the disease.⁶⁻⁹ Although total knee replacement (TKR) is an effective surgical procedure that reliably reduces pain and improves function in patients with knee osteoarthritis, residual muscle weakness is not usually addressed and may persist for years postoperatively.^{10,11}

Electric muscle stimulation of the quadriceps prevents muscle atrophy in patients with knee osteoarthritis who are awaiting or recovering from replacement surgery.¹²⁻¹⁴ It has been shown that its application after TKR is equal to or more effective than active exercises alone in increasing quadriceps muscle force^{13,15} and reducing knee extension lag and length of hospital stay.¹⁶ It also improves functional recovery of patients in the immediate postoperative period.¹⁷

This article reports the results of a prospective, randomized study evaluating the effect of the combination of 6 weeks of electric stimulation of the vastus medialis muscle and standard physiotherapy, as compared to physiotherapy only, on walking speed and effort, knee function, overall function, and quality of life in patients undergoing TKR for osteoarthritis.

Materials and Methods

Between January 2005 and November 2006, one hundred consecutive patients with unilateral osteoarthritis of the knee joint scheduled for TKR who had been admitted under the care of 3 surgeons (K.A., D.S., A.A.P.) were assessed for eligibility to participate in this study (Figure 1). Inclusion criteria were good mental health, unilateral knee osteoarthritis with Kellgren-Lawrence radiographic severity¹⁸ >2, and age between 60 and 75 years. Exclusion criteria were rheumatoid arthritis, symptomatic osteoarthritis of other big joints of the lower extremities, history of epilepsy, a cardiac pacemaker, poor understanding of the use of the stimulator, and lesions of the skin over the vastus medialis and lateral part of the thigh. Seventy-six patients meeting the above criteria agreed to participate in the study and signed an informed consent form. The study was approved by the Hospital Ethics Committee. Allocation of eligible patients to either the electric muscle stimulation treatment group (group A) or control group (group B) was determined using a computer-generated balanced randomization list.

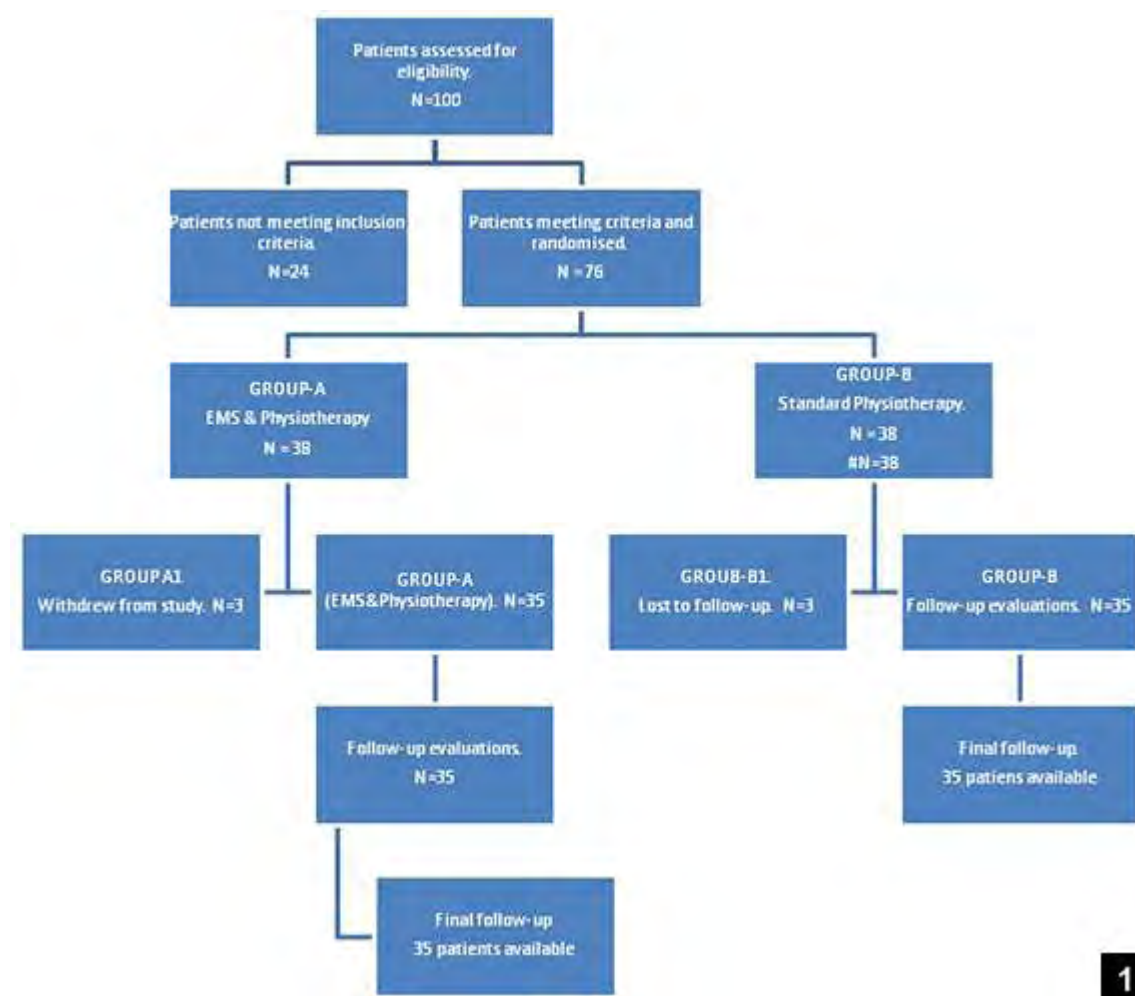


Figure 1: Flow chart for patients involved in the study. Abbreviation: EMS, electric muscle stimulation.

All patients received the same cemented, fixed-bearing, posterior cruciate-retaining knee prosthesis (Multigen Plus knee system; Lima Lto, Udine, Italy) inserted through a medial parapatellar approach. Patellar resurfacing was not performed on any knee that had been operated on. The operations were performed by 3 consultant orthopedic surgeons (K.A., D.S., A.A.P.).

Both groups received the same amount of conventional physiotherapy over the first 6 postoperative weeks. Following drain removal on the second postoperative day, patients were transferred out of bed to a chair, and static quadriceps (isometric) contractions as well as isotonic quadriceps and gastrocnemius stretching exercises were started twice a day. From the third postoperative day, all patients started active range of movement (ROM) exercises with and without resistance, passive knee extension stretches, straight-leg raising, and alternating isometric and isotonic quadriceps exercises of 45 minutes' duration. From the third postoperative day, all patients were also encouraged to start ambulation with a walking frame, initially partially bearing weight and gradually progressing to full weight bearing. Continuous passive motion exercises were not performed by our patients, due to the increased incidence of wound complications and the early temporary functional effect of these types of exercises.¹⁹⁻²¹

In addition, during the same time period, patients in group A received transcutaneous electric muscle stimulation of the vastus medialis muscle. Beginning on the second postoperative day immediately after removal of the surgical drains, electric muscle stimulation was applied twice daily for 2 hours while the patient was sitting or lying in bed with the knee extended. The neuromuscular stimulator used was the portable MicroStim 2-channel (MS-2; Department of Medical Physics and Biomedical Engineering, Salisbury District Hospital, Salisbury, United Kingdom). For the purposes of this study, only 1 channel was selected. The MS-2 has a maximum output of 120 mA, 300 μ s pulse width at a frequency of 40 Hz. With the alternate mode of MS-2, the stimulation was adjusted to remain at maximum level for 8 seconds, followed by a rest interval of another 8 seconds. Stimulus intensity was the maximum tolerated by each patient, sufficient to cause a muscular contraction in each case. Stimulation was applied by means of 70-mm self-adhesive electrodes (Reusable Pals Plus; Nidd Valley Medical, Conyngham Hall, Knaresborough, United Kingdom) applied to the skin over the vastus medialis and lateral side of the thigh and connected with the "active" and "indifferent" leads, respectively.

Clinical outcome data (both objective and subjective) were prospectively collected for all patients preoperatively and 6, 12, and 52 weeks postoperatively. The validated knee-specific rating systems,²² American Knee Society clinical score,^{23,24} and Oxford 12-item knee score^{25,26} were used. The generic measure Short Form 36 (International Quality of Life Assessment [IQOLA] SF-36 Greek standard version 1.1) health survey^{27,28} was also used. Additionally, recordings of walking speed²⁹⁻³³ and physiological cost index^{34,35} were taken. Walking speed (in m/min) was estimated by performing a 3-minute walking test and recording the distance covered in meters. For physiological cost index recordings, a polar heart rate monitor (Polar Electro Oy Professorintie 5; Kempele, Finland) was used. Physiological cost index is calculated by dividing the heart rate increase (heart rate at the end of the 3-minute walk minus resting heart rate) by walking speed (m/min). Recordings at different time intervals were taken by 2 independent assessors (T.K., K.N.M.) blinded as to which group the patients were in, who presented an inter- and intraobserver agreement at the level of 95% at the beginning of the study.

For statistical analysis, a general linear model for repeated measurements with Bonferroni's correction was used to compare the 2 groups over time. Analysis included the estimation of the time effect (for the whole sample), of the group effect (differences between groups), and the time by group effect (consistency of group differences in time). An effect was considered significant when $P < .05$. Differences between groups were assessed with the Mann-Whitney U test. Statistical analysis was performed using SPSS version 13.0 (SPSS, Inc, Chicago, Illinois). A post-hoc power analysis^{36,37} for detecting a mean difference at 12 weeks between the 2 groups at a 5% level of significance, with 35 patients allocated to each group, was 99% for function score, 81% for total score, and 99.9% for Oxford knee score. The power for detecting a 12-week mean difference in walking speed between the 2 groups at a 5% level of significance with 35 patients allocated to each group was 93.9%.

Results

Of the total 38 patients who were initially recruited to each group, 3 from group A were withdrawn from the study within the first few days of electric muscle stimulation treatment due to intolerance. Another 3 patients from group B were later lost to follow-up for reasons unrelated to surgery and treatment (patients moved to another remote part of the country and were not able to attend follow-up evaluations). Thus, 35 patients were left in each group and were available for final follow-up. There were 13 men and 57 women with 33 right and 37 left knees. Patient demographics are shown in Table 1. Possible differences between the 2 groups were examined at baseline. Concerning demographic variables, groups were matched. Nonstatistically significant differences were found for sex (chi-square test, $P=.759$), age, and body mass index (BMI) (t tests, $P=.91$ and $.726$, respectively). Moreover, both groups were also matched concerning the Oxford knee score (t test, $P=.671$), physiological cost index (t test, $P=.728$), walking speed (t test, $P=.369$), knee score (t test, $P=.504$), function score (t test, $P=.89$), total score (t test, $P=.724$) and SF-36 (t test, $P=.38$).

	Group A ^a	Group B ^b
No. of patients	35	35
Mean age \pm SD, y (range)	70.54 \pm 4.68 (60-75)	70.66 \pm 3.73 (61-75)
No. M/F	7/28	6/29
No. right/left knees	16/19	17/18
Mean BMI \pm SD	27.38 \pm 2.65	27.14 \pm 3.31
BMI distribution		
Normal (18.5-24.9)	7	8
Overweight (25-29.9)	20	19
Obese (>30)	8	8

Abbreviations: BMI, body mass index; SD, standard deviation.
^aElectric muscle stimulation group.
^bControl group.

Patients in group A had statistically significantly higher American Knee Society function score values at 6 ($P=.001$) and 12 weeks ($P=.001$) and statistically significantly higher American Knee Society total score values at 6 ($P=.001$) and 12 weeks ($P=.003$) when compared to those in group B (Table 2).

Weeks Postoperative	Knee Score			Function Score			Total Score		
	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P
0	38.51 \pm 21.66	41.28 \pm 11.26	.226	52.14 \pm 12.85	51.71 \pm 12.94	.811	90.66 \pm 32.34	93 \pm 21.84	.247
6	71.77 \pm 9.5	69.8 \pm 6.47	.236	38.14 \pm 13.12	26.28 \pm 10.6	<.001	109.91 \pm 19.53	96.08 \pm 12.57	<.001
12	82.94 \pm 8.29	83.31 \pm 5.15	.804	68 \pm 8.33	58.43 \pm 9.98	<.001	150.94 \pm 14.26	141.74 \pm 12.38	.003
52	88.34 \pm 6.13	88.26 \pm 5.16	.953	71.28 \pm 9.34	68.14 \pm 9.08	.198	159.63 \pm 12.69	156.40 \pm 12.11	.349

Abbreviation: EMS, electric muscle stimulation.

Patients in group A had statistically significantly higher Oxford knee score values at 6 ($P=.001$) and 12 weeks ($P=.001$) and statistically significantly higher walking speed values at 6 ($P=.003$) and at 12 weeks ($P=.001$) when compared to those in group B (Figures 2, 3). Physiological cost index values showed a statistically significant gradual decrease ($P=.001$) over time compared to the baseline in both groups, but no statistically significant differences were found between groups at any time interval (Figure 4).

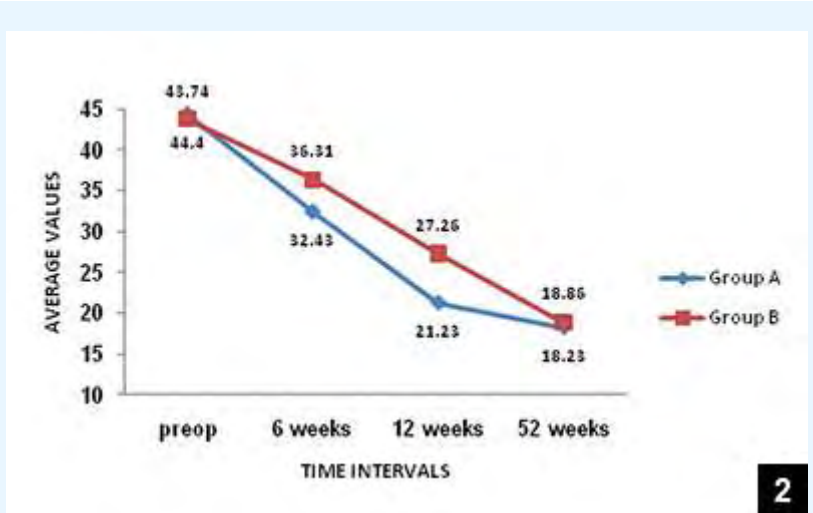


Figure 2: Average values of Oxford 12-item knee score in both groups at different time intervals.

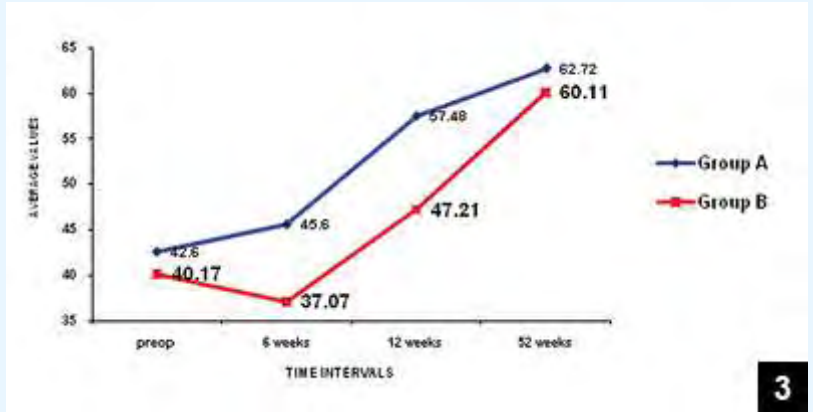


Figure 3: Average values of walking speed score in both groups at different time intervals.

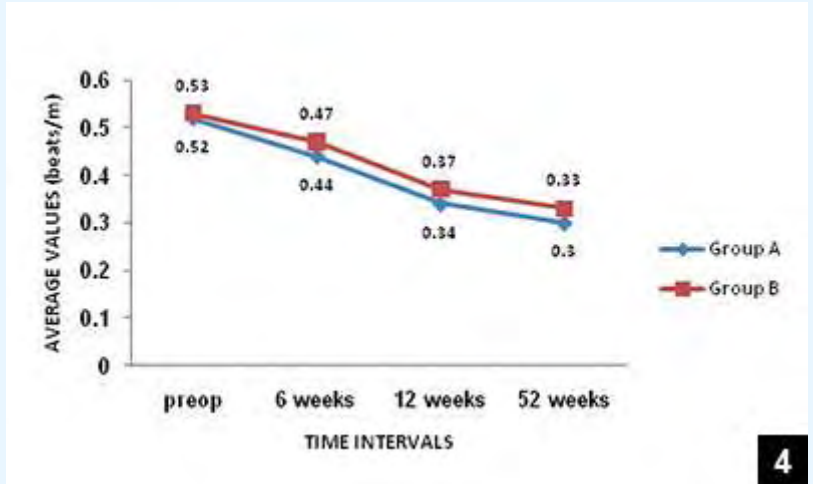


Figure 4: Average values of physiological cost index in both groups at all 4 time intervals.

No statistically significant differences in American Knee Society knee scores were found between groups at all time intervals (Table 2). Concerning the 8 SF-36 domains, the following results in both groups were observed (Table 3). Patients in group A showed statistically significantly higher Physical Functioning, Bodily Pain, General Health, and Vitality domain values compared to those in group B at 6 weeks ($P=.001$, $.004$, $.001$, and $.019$, respectively), 12 weeks (all $P=.001$), and 52 weeks postoperatively (all $P=.001$). Patients in group A showed statistically significantly higher Role-Physical, Social Functioning, Role-Emotional, and Mental Health domain values compared to those in group B at 12 weeks only ($P=.003$, 0.001 , 0.001 , and 0.002 , respectively).

Table 3

SF-36 Scale Results and Summary Measures at Different Time Intervals

Weeks Postop	Physical Functioning			Role Physical			Bodily Pain			General Health			Vitality		
	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P
0	18.28 ±8.04	22.71 ±14.16	.294	15.71 ±21.08	21.43 ±23.59	.293	13.03 ±12.18	13.68 ±12.05	.721	33.83 ±17.81	35.54 ±17.36	.612	41.57 ±12.82	44.71 ±9.15	.219
6	32.86 ±13.84	22.28 ±12.56	<.001	17.14 ±18.95	15 ±20.29	.523	43.77 ±13.03	35.43 ±14.06	.004	53.63 ±14.21	39.2 ±15.48	<.001	56.28 ±10.45	49.85 ±9.66	.019
12	65.00 ±13.88	44.14 ±15.41	<.001	74.28 ±20.55	55 ±26.98	.003	78.6 ±15.29	57.46 ±16.11	<.001	67.28 ±12.16	45.68 ±15.83	<.001	73.86 ±8.23	59.43 ±10.83	<.001
52	77 ±9.72	66.85 ±9.71	<.001	92.14 ±14.57	82.86 ±17.96	.016	92 ±10.57	79.48 ±12.72	<.001	74.8 ±8.71	53.77 ±13.29	<.001	81.28 ±6.9	68.28 ±8.4	<.001
	Social Functioning			Role Emotional			Mental Health			Physical Component Summary			Mental Component Summary		
	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P	EMS	Control	P
0	25 ±15.16	28.21 ±14.96	.263	25.72 ±26.92	18.09 ±20.36	.179	56.11 ±14.37	60.80 ±7.5	.158	26.22 ±4.4	27.63 ±5.39	.53	39.34 ±6.12	39.73 ±4.15	.986
6	32.50 ±17.2	27.50 ±17.1	.195	34.28 ±18.94	31.43 ±25.49	.583	65.26 ±14.54	63.77 ±9.75	.538	33.92 ±5.28	29.31 ±4.27	<.001	42.69 ±5.93	42.08 ±5.45	.865
12	69.29 ±16.42	53.21 ±15.26	<.001	92.38 ±14.2	71.43 ±28.17	<.001	77.26 ±9.74	70.86 ±7.36	.002	46.6 ±5.13	37.63 ±6.43	<.001	53.51 ±4.2	49.2 ±4.23	<.001
52	67.50 ±20.15	65 ±17.36	.738	83.81 ±21.95	84.76 ±16.85	.882	77.26 ±7.75	74.28 ±6.88	.063	53.9 ±4.26	47.37 ±3.84	<.001	50.49 ±5.32	50.1 ±3.69	.694

Abbreviations: EMS, electric muscle stimulation; Postop, postoperative.

Concerning SF-36 summary measures, the Physical Component Summary significantly improved ($P=.001$) over time in both groups compared to baseline. Patients in group A showed statistically significantly higher Physical Component Summary values at 6, 12, and 52 weeks (all $P=.001$) as compared to those in group B. Finally, patients in group A had statistically significantly higher Mental Component Summary values at 12 weeks only ($P=.001$) compared to those in group B (Table 3).

Discussion

In this study, the combination of electric muscle stimulation of the vastus medialis and standard physiotherapy was found to improve functional recovery and early rehabilitation in osteoarthritic patients who underwent TKR. Patients who received electric muscle stimulation and physiotherapy for 6 weeks, compared to those who received physiotherapy only, had better walking speed, Oxford 12 knee score, and American Knee Society function score up to 12 weeks. Moreover, the physical component of SF-36 was found to be better up to 52 weeks in those patients who received electric muscle stimulation.

The shortcomings of this study mainly concern the duration of the intervention: ie, electrical muscle stimulation could have been applied for longer than 6 weeks, therefore generating a longer lasting effect. Furthermore, additional parameters could have been examined, such as the effect of electric muscle stimulation on quadriceps muscle histology and force production. The strengths of the study lie in the prospective trial design adopted, where optimal randomization procedures were followed and adequate samples were involved as demonstrated by the post-hoc power analysis.

Histochemical and morphometric studies have shown that patients with severe osteoarthritis of the knee have both significant neuropathic and myopathic changes in quadriceps biopsies, consisting of atrophy of types IIb, IIa, and I myofibers, primarily a result of disuse.³⁸ Additionally, after major

orthopedic operations, an increased breakdown and perhaps a block in the synthesis of muscle proteins is observed.³⁹ As a result, postoperatively a patient is faced with the task of completing a rehabilitation program of a painful joint with groups of muscles that are atrophic and in a negative metabolic balance.^{40,41}

Electric muscle stimulation can be applied either during the preoperative or the immediate postoperative period, in an attempt to reduce muscle atrophy and to improve functional recovery of the patients.¹²⁻¹⁵ Application of quadriceps electric muscle stimulation in combination with physiotherapy in patients recovering from TKR has been shown to reduce knee extensor lag and decrease the length of hospital stay, as well as having a beneficial short-term effect on their walking speed.^{16,17}

In this study, we evaluated both the 6- and 12-week effect of quadriceps electrical stimulation on the walking speed, walking effort, knee function, and quality of life of patients undergoing TKR and the possible carry-over effect 1 year postoperatively. The 1-year interval was selected as the final assessment because previous experience has demonstrated that most of the improvement occurs over the first year post-TKR.⁴² Electric muscle stimulation was applied to the vastus medialis because of its involvement in the osteoarthritic process and its importance for gait performance and knee motor control.^{43,44} The vastus medialis is also the quadriceps segment that electric muscle stimulation mainly affects, as has been shown in a study for the prevention of muscle wasting after anterior cruciate ligament reconstruction.⁴⁵

The increase in walking speed and the improvement of Oxford knee score and American Knee Society function score in those patients receiving electric muscle stimulation, observed at 6 weeks, may be the result of a more rapid recovery of quadriceps muscle strength and the ability of patients in participating in active exercise programs. A definitive short-term carryover effect at 12 but not at 52 weeks has also been seen, indicating the functional benefit is temporary. An important finding is the improvement of the Physical Component Summary of the SF-36 at 6, 12, and 52 weeks. The Physical Component Summary does not merely reflect improvement in walking speed, but is related to other activities of daily living, including performance at work and the subjective feelings of pep and energy. Electric muscle stimulation did not alter the Mental Component Summary of the SF-36.

For the assessment of the clinical relevance of the study findings, it has been suggested that a combined approach, using both generic and knee-specific measures of key health concepts (including physical function, role limitations, and pain) is likely to reveal greater differences in functional recovery and quality of life in patients undergoing TKR. Short Form-36 is the generic measure that is a particularly useful research tool in projects requiring patient-based assessments and is sensitive to the combined effects of pathology.^{46,47} Additionally, we used the Oxford knee score and the American Knee Society clinical rating systems, which are well-accepted, validated outcome measures, appropriate for the assessment of outcome after TKR.²²⁻²⁶ The function score element of the American Knee Society was influenced significantly by the walking distance and moderately by age and BMI, while the knee score element is not affected by any of these factors.²⁴

Patients who have symptomatic osteoarthritis of the knee are typically overweight and have reduced strength and reduced endurance for exercise and aerobic capacity as a result of a progressive decline in functional activities due to osteoarthritic pain.^{48,49} Resumption of routine walking activities after TKR leads to a gradual improvement in aerobic capacity and cardiovascular fitness of these patients.⁵⁰ In our study, a reduction in the effort of walking was observed, as assessed by physiological cost index, at 1 year after TKR.

The stimulator's self-adhering pre-gelled electrodes are easy to apply, and the adhesive backing allows them to adjust well to the various postural stresses of the skin. However, the use of pre-gelled electrodes for muscle stimulation has been linked to mild skin reactions such as transient skin rash that disappears after stopping the stimulation or changing the conducting electrode gel.⁵¹ Propylene

glycol, a gel ingredient, is a common skin irritant and may be the cause of these reactions.⁵² One of our theoretical concerns was the risk of infection caused by the manipulation of the skin near the wound shortly postoperatively. Thus special care was taken to keep the wounds covered at all times with an adhesive dressing over the 14 postoperative days. Although no wound infection was observed in our patients, the number of individuals participating in our study was small, and so the infection risk issue of electrical muscle stimulation cannot be addressed.

In our study, the use of the MS-2 stimulator and Pals Plus electrodes was generally well tolerated and reliable. With the exception of 3 patients who found the sensation of the electrical stimulation uncomfortable and abandoned its use, no other participants encountered difficulties in using the equipment and complied well with the stimulation protocol.

References

1. Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, et al. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med.* 1997; 127(2):97-104.
2. Fitzgerald GK, Piva SR, Irrgang JJ, Bouzubar F, Starz TW. Quadriceps activation failure as a moderator of the relationship between quadriceps strength and physical function in individuals with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2004; 51(1):40-48.
3. O'Reilly SC, Jones A, Muir KR, Doherty M. Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann Rheum Dis.* 1998; 57(10):588-594.
4. Miller ME, Rejeski WJ, Messier SP, Loeser RF. Modifiers of change in physical functioning in older adults with knee pain: the Observational Arthritis Study in Seniors (OASIS). *Arthritis Rheum.* 2001; 45(4):331-339.
5. Brandt KD, Radin EL, Dieppe PA, van de Putte L. Yet more evidence that osteoarthritis is not a cartilage disease. *Ann Rheum Dis.* 2006; 65(10):1261-1264.
6. Hurley MV. The role of muscle weakness in the pathogenesis of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am.* 1999; 25(2):283-298.
7. Slemenda C, Heilman DK, Brandt KD, et al. Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum.* 1998; 41(11):1951-1959.
8. Hurley MV. Quadriceps weakness in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol.* 1998; 10(3):246-250.
9. McAlindon TE, Cooper C, Kirwan JR, Dieppe PA. Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis.* 1993; 52(4):258-262.
10. Moran CG, Horton TC. Total knee replacement: the joint of the decade. A successful operation, for which there's a large unmet need. *BMJ.* 2000; 320(7238):820.
11. Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *J Orthop Res.* 2003; 21(5):775-779.
12. Gibson JN, Morrison WL, Scrimgeour CM, Smith K, Stoward PJ, Rennie MJ. Effects of therapeutic percutaneous electrical stimulation of atrophic human quadriceps on muscle composition, protein synthesis and contractile properties. *Eur J Clin Invest.* 1989; 19(2):206-212.
13. Marks R, Ungar M, Ghasemmi M. Electrical muscle stimulation for osteoarthritis of the knee: biological basis and systematic review. *N Z J Physiother.* 2000; (28):6-20.
14. Martin TP, Gundersen LA, Blevins FT, Coutts RD. The influence of functional electrical stimulation on the properties of vastus lateralis fibres following total knee arthroplasty. *Scand J Rehabil Med.* 1991; 23(4):207-210.
15. Lewek M, Stevens J, Snyder-Mackler L. The use of electrical stimulation to increase quadriceps femoris muscle force in an elderly patient following a total knee arthroplasty. *Phys Ther.* 2001; 81(9):1565-1571.

16. Gotlin RS, Hershkowitz S, Juris PM, Gonzalez EG, Scott WN, Insall JN. Electrical stimulation effect on extensor lag and length of hospital stay after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994; 75(9):957-959.
17. Avramidis K, Strike PW, Taylor PN, Swain ID. Effectiveness of electric stimulation of the vastus medialis muscle in the rehabilitation of patients after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84(12):1850-1853.
18. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis.* 1957; 16(4):494-502.
19. Maloney WJ, Schurman DJ, Hangen D, Goodman SB, Edworthy S, Bloch DA. The influence of continuous passive motion on outcome in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; (256):162-168.
20. Pope RO, Corcoran S, McCaul K, Howie DW. Continuous passive motion after primary total knee arthroplasty. Does it offer any benefits? *J Bone Joint Surg Br.* 1997; 79(6):914-917.
21. Nielsen PT, Rechnagel K, Nielsen SE. No effect of continuous passive motion after arthroplasty of the knee. *Acta Orthop Scand.* 1988; 59(5):580-581.
22. Davies AP. Rating systems for total knee replacement. *Knee.* 2002; 9(4):261-266.
23. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (248):13-14.
24. König A, Scheidler M, Rader C, Eulert J. The need for a dual rating system in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1997; (345):161-167.
25. Dawson J, Fitzpatrick R, Murray D, Carr A. Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1998; 80(1):63-69.
26. Liow RY, Walker K, Wajid MA, Bedi G, Lennox CM. Functional rating for knee arthroplasty: comparison of three scoring systems. *Orthopedics.* 2003; 26(2):143-149.
27. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care.* 1992; 30(6):473-483.
28. Quality Metric Web site. <http://www.qualitymetric.com>.
29. Waters RL, Perry J, Conaty P, Lunsford B, O'Meara P. The energy cost of walking with arthritis of the hip and knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; (214):278-284.
30. Waters RL, Hislop HJ, Perry J, Thomas L, Campbell J. Comparative cost of walking in young and old adults. *J Orthop Res.* 1983; 1(1):73-76.
31. Waters RL, Lunsford BR, Perry J, Byrd R. Energy-speed relationship of walking: standard tables. *J Orthop Res.* 1988; 6(2):215-222.
32. Taylor PN, BurrIDGE JH, Dunkerley AL, et al. Clinical use of the Odstock dropped foot stimulator: its effect on the speed and effort of walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80(12):1577-1583.
33. BurrIDGE JH, Taylor PN, Hagan SA, Wood DE, Swain ID. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil.* 1997; 11(3):201-210.
34. Bailey MJ, Ratcliffe CM. Reliability of Physiological Cost Index in walking normal subjects using steady-state and non-steady state and post-exercise recordings. *Physiotherapy.* 1995; 81(10):618-623.
35. Nene AV. Physiological cost index of walking in able-bodied adolescents and adults. *Clin Rehabil.* 1993; 7(4):319-326.
36. Karachalios T, Giotikas D, Roidis N, Poultsides L, Bargiotas K, Malizos KN. Total knee replacement performed with either a mini-midvastus or a standard approach: a prospective randomised clinical and radiological trial. *J Bone Joint Surg Br.* 2008; 90(5):584-591.
37. Sheskin DJ. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures.* 3rd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC; 2004.
38. Glasberg MR, Glasberg JR, Jones RE. Muscle pathology in total knee replacement for severe osteoarthritis: a histochemical and morphometric study. *Henry Ford Hosp Med J.* 1986; 34(1):37-40.

39. Crane CW, Picou D, Smith R, Waterlow JC. Protein turnover in patients before and after elective orthopaedic operations. *Br J Surg*. 1977; 64(2):129-133.
40. Ljungqvist O, Soop M, Hedström M. Why metabolism matters in elective orthopedic surgery: a review. *Acta Orthop*. 2007; 78(5):610-615.
41. Mizner RL, Petterson SC, Stevens JE, Vandenborne K, Snyder-Mackler L. Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty. The contributions of muscle atrophy and failure of voluntary muscle activation. *J Bone Joint Surg Am*. 2005; 87(5):1047-1053.
42. Insall J, Tria AJ, Scott WN. The total condylar knee prosthesis: the first 5 years. *Clin Orthop Relat Res*. 1979; (145):68-77.
43. Travnik L, Pernus F, Erzen I. Histochemical and morphometric characteristics of the normal human vastus medialis longus and vastus medialis obliquus muscles. *J Anat*. 1995; 187(Pt 2):403-411.
44. Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M, Scuderi G. Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament [published online ahead of print July 7, 2005]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006; 14(1):7-12.
45. Arvidsson I, Arvidsson H, Eriksson E, Jansson E. Prevention of quadriceps wasting after immobilization: an evaluation of the effect of electrical stimulation. *Orthopedics*. 1986; 9(11):1519-1528.
46. Kantz ME, Harris WJ, Levitsky K, Ware JE Jr, Davies AR. Methods for assessing condition-specific and generic functional status outcomes after total knee replacement. *Med Care*. 1992; 30(5 Suppl):MS240-MS252.
47. Stewart AL, Greenfield S, Hays RD, et al. Functional status and well-being of patients with chronic conditions. Results from the Medical Outcomes Study. *JAMA*. 1989; 262(7):907-913.
48. Leach RE, Baumgard S, Broom J. Obesity: its relationship to osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1973; (93):271-273.
49. Ries MD, Philbin EF, Groff GD. Relationship between severity of gonarthrosis and cardiovascular fitness. *Clin Orthop Relat Res*. 1995; (313):169-176.
50. Ries MD, Philbin EF, Groff GD, Sheesley KA, Richman JA, Lynch F Jr. Improvement in cardiovascular fitness after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1996; 78(11):1696-1701.
51. Zizic TM, Hoffman KC, Holt PA, et al. The treatment of osteoarthritis of the knee with pulsed electrical stimulation. *J Rheumatol*. 1995; 22 (9):1757-1761.
52. Castelain PY, Chabeau G. Contact dermatitis after transcutaneous electric analgesia. *Contact Dermatitis*. 1986; 15(1):32-35.

Authors

Drs Avramidis, Popotonasios, Sacorafas, and Papathanasiades are from the Department of Orthopedics, Larissa General Hospital, and Drs Karachalios and Malizos are from the Department of Orthopedics, School of Medicine, Faculty of Health Sciences, University of Thessaly, University General Hospital of Larissa, Larissa, Hellenic Republic.

Drs Avramidis, Karachalios, Popotonasios, Sacorafas, Papathanasiades, and Malizos have no relevant financial relationships to disclose.