

Διαχρονική Διαφορά στην Ασυμμετρία Δύναμης μεταξύ Τετρακεφάλου και Οπισθίων Μηριαίων μετά από Ρήξη Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου σε Ερασιτέχνες Αθλητές

Η. Τσέπης PhD^{1,2}, Κ. Φουσέκης MSc², Σ. Ριστάνης MD¹, Γ. Βαγενάς PhD³, Α. Γεωργούλης MD¹

¹ Ορθοπαιδικό Αθλητιατρικό Κέντρο Ιωαννίνων, Τμήμα Ορθοπαιδικής Χειρουργικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

² Τμήμα Φυσικοθεραπείας Αιγίου, Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας,

³ Εργαστήριο Αθλητικής Στατιστικής, Τ.Ε.Φ.Α.Α., Πανεπιστήμιο Αθηνών

Επικοινωνία: Ηλίας Τσέπης, Ενεργετών 18, 45 333, Ιωάννινα, Fax: 26510 64980, Email: itsepis@cc.uoi.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ), αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό των αθλητικών τραυματισμών και συνδέεται με διάφορες λειτουργικές προσαρμογές (Andriacchi 1990; Georgoulis et al., 2003; Tsepis et al., 2004a; Wexler et al., 1998). Η μέτρηση των ελλειμμάτων δύναμης κατέχει κεντρική θέση στην πορεία των ασθενών με ανεπάρκεια ΠΧΣ (Bonamo et al., 1990; Kannus et al., 1992; Kvist et al., 2001; Lephart et al., 1992; Pincivero et al., 1996) και η επίτευξη αποδεκτών επιπέδων ασυμμετρίας στη μυϊκή δύναμη είναι ένα από τα κύρια κριτήρια προόδου της αποκατάστασης ειδικά σε περιπτώσεις αθλητών που επιδιώκουν πλήρη επάνοδο στην αθλητική δραστηριότητα (Shelbourne et

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της εργασίας ήταν να αξιολογήσει τη χρονική εξέλιξη των ελλειμμάτων δύναμης του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων, σε ασθενείς με μη χειρουργημένη ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) που δεν ακολούθησαν ένα οργανωμένο πρόγραμμα φυσικοθεραπείας. Τριάντα έξι (36) ερασιτέχνες αθλητές με ρήξη ΠΧΣ χωρίστηκαν σε τρεις (3) ισοπληθείς ομάδες (BX=EX=MX=12) χρονιότητας του τραυματισμού (<6 μήνες, 6-18 μήνες και >18 μήνες). Οι πειραματικές υπο-ομάδες συγκρίθηκαν μεταξύ τους και με ομοιογενή ομάδα ελέγχου (N=12) ως προς τη δύναμη του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων. Επίσης εξετάστηκε ο βαθμός αποκατάστασης της συμμετρίας στη δύναμη μεταξύ των πλευρών. Ο ισοκινητικός έλεγχος στις 60 μοίρες/δευτ. αποκάλυψε σημαντικά ελλείμματα δύναμης στις δυο μυϊκές ομάδες του μηρού συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου σε όλες τις περιπτώσεις χρονιότητας. Στην ποσοστιαία διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών, ο τετρακέφαλος έδειξε σημαντικά ελλείμματα δύναμης που κυμάνθηκαν από 23% έως 10% (βραχεία έως μακρά χρονιότητα, αντίστοιχα), ενώ τα ανάλογα ελλείμματα των οπίσθιων μηριαίων ήταν από 14% μέχρι σχεδόν 0%. Η μη συμμετοχή σε οργανωμένο πρόγραμμα φυσικοθεραπείας οδήγησε στην ανάπτυξη στατιστικά και κλινικά σημαντικών ελλειμμάτων δύναμης στον τετρακέφαλο μυ. Το έλλειμμα των οπίσθιων μηριαίων ήταν σημαντικά μικρότερο και στους 12 μήνες (ενδιάμεση χρονιότητα) μειώθηκε σε φυσιολογικά επίπεδα ασυμμετρίας. Η εξισορρόπηση της αδυναμίας των οπίσθιων μηριαίων εμφανίζεται ως φυσιολογική αντίδραση του σώματος για τον έλεγχο της πρόσθιας αστάθειας της κνήμης. Ανεξάρτητα από τη φυσιολογική τάση των οπίσθιων μηριαίων για προοδευτική επαναφορά της συμμετρίας δύναμης με μόνο ερέθισμα τις καθημερινές δραστηριότητες, η απουσία μη εξειδικευμένης άσκησης προκάλεσε χρόνια αδυναμία και στις δυο μυϊκές ομάδες του μηρού και γι αυτό το λόγο οι ασθενείς με ανεπάρκεια ΠΧΣ πρέπει να ενθαρρυνονται ώστε να συμμετέχουν σε οργανωμένα προγράμματα αποκατάστασης.

Λέξεις-κλειδιά: Πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος, συντηρητική θεραπεία, δύναμη τετρακεφάλου, δύναμη ισchioκνημιαίων, ισοκινητική αξιολόγηση.

Key words: Interior cruciate ligament, conservative treatment, quadriceps strength, hamstrings strength isokinetic evaluation

al., 1996; Wilk et al., 2003). Το προφύλ της δύναμης του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων επηρεάζεται από τις νευρομυϊκές επιδράσεις της κάκωσης του ΠΧΣ (Konishi et al., 2002; Snyder-Mackler et al., 1994; Solomonow et al., 1987; Tsuda et al., 2001), όπως επίσης και από την πλημμυλή φόρτιση του κάτω άκρου (Chmielewski et al., 2002; Gerber et al., 1985).

Η σταθεροποίηση του γόνατος με ανεπάρκεια ΠΧΣ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις προσαρμογές της δύναμης των μυών του μηρού. Η σύσπαση των οπίσθιων μηριαίων έχει τη δυναμική λόγω ανατομικής θέσης να μειώνει το υπεξάρθρομα της κνήμης και να διατηρεί μια σχεδόν φυσιολογική αρθρική επαφή στην κνημομηριαία άρθρωση (Liu et al., 2000; More et al., 1993) προστατεύοντας έτσι τα γόνατα με ανεπάρκεια ΠΧΣ στις καθημερινές δραστηριότητες.

Παρά τις δισταμένους απόψεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα της δράσης των οπίσθιων μηριαίων στον έλεγχο της πρόσθιας κνημιαίας ολίσθησης, η αδυναμία των οπίσθιων μηριαίων έχει συνδεθεί με μειωμένη λειτουργικότητα του γόνατος (Tsepis et al., 2004b; Wojtys et al., 1994) και η ενδυνάμωση των ασθενών με ανεπάρκεια ΠΧΣ που δεν συμμετείχαν σε ένα οργανωμένο πρόγραμμα αποκατάστασης, έχει προταθεί σαν βασικός στόχος κατά τη συντηρητική αποκατάσταση των γονάτων με ανε-

πάρκεια ΠΧΣ (Giove et al., 1983; Hagood et al., 1990).

Η σταθεροποίηση του γόνατος με ανεπάρκεια ΠΧΣ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις προσαρμογές της δύναμης των μυών του μηρού

Η δύναμη του τετρακεφάλου μετά από ρήξη ΠΧΣ ακολουθεί ένα διαφορετικό πρότυπο από τους οπίσθιους μηριαίους με σημαντικό έλλειμμα δύναμης, αφού η σύσπαση του συγκεκριμένου μυός αυξάνει την πρόσθια ολίσθηση της κνήμης μετά τη ρήξη του ΠΧΣ (Beynon et al., 1995; Hirokawa et al., 1992). Προκειμένου να εξουδετερωθεί η πιο πάνω επίπτωση της δράσης του τετρακέφαλου, οι ασθενείς με ανεπάρκεια ΠΧΣ συχνά αναπτύσσουν τη λεγόμενη "βάδιση αποφυγής τετρακέφαλου" (quadriceps avoidance gait) (Andriacchi, 1990; Wexler et al., 1998). Αυτή η προσαρμογή είναι στην ουσία ένας προστατευτικός μηχανισμός για την αποφυγή του πρόσθιου υπεξάρθροματος της κνήμης αφού κατά τη φάση στήριξης οι κινηματικές τροποποιήσεις του προτύπου βάδισης μειώνουν στο ελάχιστο δυνατό την ενεργοποίηση του τετρακέφαλου. Η μειωμένη χρησιμοποίηση του μυός σε συνάρτηση με τη νευρογενή αναχαίτιση που προκαλείται από τον ενδο-αρθρικό τραυματισμό (Konishi et al., 2002; Snyder-Mackler et al., 1994) φαίνεται να είναι υπεύθυνη για τα σημαντικά και μακροχρόνια ελλείμματα δύναμης στον τετρακέφαλο.

Η μείωση της μυοδυναμικής ασυμμετρίας ανάμεσα στην τραυματισμένη και στην υγιή πλευρά αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο της επιτυχίας της αποκατάστασης της ρήξης ΠΧΣ, είτε αυτή γίνεται συντηρητικά είτε αρθροσκοπικά. Το ισοκίνητο δυναμόμετρο αποτελεί εύκολο, γρήγορο και αξιόπιστο «εργαλείο» αξιολόγησης της μυϊκής απόδοσης και η γνώση της χρονικής εξέλιξης των προσαρμογών της δύναμης παρέχει σημαντική πληροφόρηση για την καταγραφή της προόδου κατά την περίοδο της αποκατάστασης. Ωστόσο, η έρευνα σχετικά με την αδυναμία των μηριαίων μυών σε διάφορα επίπεδα χρονιότητας μετά από ρήξη ΠΧΣ, έχει επικεντρωθεί κυρίως σε μετεγχειρητικούς ασθενείς (Goradia et al., 2001; Harter et al., 1990; Risberg et al., 1999; Sommerlath et al., 1991).

Η μείωση της μυοδυναμικής ασυμμετρίας ανάμεσα στην τραυματισμένη και στην υγιή πλευρά αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο της επιτυχίας της αποκατάστασης της ρήξης ΠΧΣ

Οι Wojtys και Huston (1994) εξετάζοντας διάφορους παράγοντες της λειτουργίας του γόνατος σε μη εγχειρισμένους ασθενείς με ανεπάρκεια ΠΧΣ δεν ανέφεραν σημαντική επίδραση του χρόνου στα ελλείμματα δύναμης σε οξεία, υποξεία και χρόνια ανεπάρκεια ΠΧΣ. Εντούτοις, μια ελεγχόμενη

μελέτη με αυστηρά κριτήρια συγκρότησης ομογενών ομάδων και ειδική έμφαση στη μηχανική απόδοση κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος σε ασθενείς με ανεπάρκεια ΠΧΣ είναι αναγκαία για να φωτίσει τη χρονική εξέλιξη των αδυναμιών του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων.

Είναι γεγονός, ότι η αφοσίωση των ασθενών σε προγράμματα αποκατάστασης έχει μεγάλες διαφοροποιήσεις από άτομο σε άτομο (Feller et al., 2004) και κατά συνέπεια επικρατεί σύγχυση ως προς την πραγματική εξέλιξη των μυοδυναμικών ελλειμμάτων στο χρόνο. Για το λόγο αυτό, η εξέταση ασθενών με ανεπάρκεια ΠΧΣ, που δεν έχουν ακολουθήσει κανένα οργανωμένο σχήμα αποκατάστασης, μπορεί να αποδώσει ποσοτικά την πραγματική επίπτωση της ρήξης ΠΧΣ στη μυϊκή δύναμη του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων, προσδιορίζοντας στην ουσία το μέγεθος του ελλείμματος που πρέπει να καλυφθεί από τη φυσικοθεραπεία στα διάφορα στάδια χρονιότητας του τραυματισμού. Έτσι, ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν διπλός: α) να μετρήσει τα ελλείμματα δύναμης στον τετρακέφαλο και τους οπίσθιους μηριαίους ασθενών με ανεπάρκεια ΠΧΣ, που απείχαν από οργανωμένη αποκατάσταση, σε διακριτές περιόδους από τον τραυματισμό και β) να εντοπίσει τυχόν διαφορές

στην εξέλιξη των προσαρμογών των μυϊκών ομάδων του μηρού. Οι διαφορές αυτές, με την απουσία παρέμβασης, θα αναδείξουν τη φυσιολογική τάση για εξισορρόπηση της αρθρικής αστάθειας μετά από ρήξη του ΠΧΣ, και θα τονίσουν την ανάγκη ενίσχυσης αυτής της τάσης με ειδικό πρόγραμμα ασκήσεων.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Δείγμα

Σαράντα-οκτώ (N=48) άνδρες αθλητές, που συμμετείχαν σε ερασιτεχνικά πρωταθλήματα αθλημάτων με στροφικές φορτίσεις γόνατος (ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση, χειροσφαίριση με τουλάχιστον 3 συμμετοχές σε προπονήσεις και αγώνες την εβδομάδα), πήραν μέρος στην έρευνα εθελοντικά δίνοντας γραπτή συγκατάθεση.

Τριάντα-έξι από αυτούς είχαν μονόπλευρη ρήξη του ΠΧΣ διαγνωσμένη με μαγνητική τομογραφία και χωρίστηκαν σε τρεις ισοπληθείς ομάδες (N=12) σύμφωνα με την χρονιότητα του τραυματισμού. Όλοι οι αθλητές απείχαν από οργανωμένη φυσικοθεραπεία για διάφορους λόγους παρά τις συστάσεις.

Η ομάδα βραχείας χρονιότητας (BX) απαρτίστηκε από όσους είχαν τραυματιστεί το πολύ μέχρι 6 μήνες πριν τη μέτρηση, η ομάδα ενδιάμεσης χρονιότητας (EX) αποτελούνταν από τραυματισμέ-

νους αθλητές μεταξύ 6 και 18 μηνών και η ομάδα μακράς χρονιότητας (MX) περιελάμβανε εκείνους με χρονιότητα μεγαλύτερη των 18 μηνών. Οι υπόλοιποι ήταν υγιή άτομα και αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου (N=12).

Κανένας από τους ασθενείς δεν ακολούθησε κάποιο εξειδικευμένο πρόγραμμα αποκατάστασης μετά τον τραυματισμό του, εκτός από την κλασική στρατηγική για την οξεία φάση, της ανάπαυσης, ακινητοποίησης, περίδεσης και ανύψωσης για να περιοριστεί το οίδημα της άρθρωσης.

Έτσι, απείχαν από οργανωμένη φυσικοθεραπεία, είτε λόγω δύσκολης προσβασιμότητας για φυσικοθεραπεία, είτε για άλλους προσωπικούς, οικονομικούς και επαγγελματικούς λόγους.

Τα κριτήρια για τη μη συμμετοχή στην μελέτη ήταν, εκτός από τη συμμετοχή σε κάποιο πρόγραμμα αποκατάστασης, η παρουσία σοβαρών συμπτωμάτων κατά τη διάρκεια της εξέτασης, οι κακώσεις μηνίσκου με έκταση μεγαλύτερη από το ένα τρίτο του μηνίσκου, η οποιαδήποτε χειρουργική επέμβαση στο πάσχον γόνατο καθώς και στο ετερόπλευρο υγιές ή ακόμη ιστορικό άλλης συνδεσμικής αστάθειας και σοβαρών τραυματισμών στα κάτω άκρα.

Τα ανθρωπομετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων ομάδων παρατίθενται στους Πίνακες 1 και 2, αντίστοιχα.

| | Ομάδες Χρονιότητας | | | Ομάδα Ελέγχου |
|-----------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|
| | Βραχεία | Ενδιάμεση | Μακρά | |
| Ηλικία -έτη- | 25.75 (7.42) | 28.33 (6.83) | 26.92 (7.14) | 22.67 (3.11) |
| Σωμ. Μάζα -Kg- | 81.83 (12.04) | 80.75 (8.26) | 76.08 (11.44) | 76.58 (7.37) |
| Ύψος -cm- | 178.92 (8.87) | 176.92 (10.04) | 176.00 (6.98) | 179.58 (8.46) |
| Χρονιότητα -μήνες- | 3.83 (1.40) | 11.33 (4.74) | 56.83 (45.30) | - |

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και χρονιότητες των τεσσάρων ομάδων, Μέσες Τιμές (Τυπικές Αποκλίσεις)

| | Ομάδες Χρονιότητας | | | Ομάδα Ελέγχου |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------|
| | Βραχεία | Ενδιάμεση | Μακρά | |
| Lysholm -Βαθμοί- | 68.5 (50-87) | 76.0 (60-90) | 77.5 (54-90) | 100 (95-100)* |
| Tegner τιμές Προ ρήξης | 7.5 (6-9) | 8.0 (6-9) | 8.0 (6-9) | 7.0 (6-9) |
| Tegner τιμές Μετά τη ρήξη | 3.5 (2-6) | 3.0 (2-4) | 3.0 (2-4) | - |
| KT-1000 -διαφορά mm- | 5.5 (3-9) | 6.0 (5-9) | 5.5 (3-9) | -0.5 (-2 to 2)* |

Πίνακας 2. Λειτουργικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων ομάδων, Ενδιάμεσες Τιμές (Εύρη τιμών)

* Σημαντικότητα $p < 0.01$

Όργανα Μέτρησης

Ο ισοκινητικός έλεγχος των μυών του μηρού πραγματοποιήθηκε σε ένα Biodex system-3 (Biodex Corp., Shirley, NY) στις 60 μοίρες/δευτ. (1.05 rads/sec). Η επιλογή της συγκεκριμένης ταχύτητας βασίστηκε στο γεγονός ότι τα ελλείμματα δύναμης τείνουν να μεγεθύνονται στις χαμηλές ισοκινητικές ταχύτητες λόγω των υψη-

λότερων φορτίσεων κατά τις μέγιστες αργές σύγκεντρες μυϊκές συστολές (Kaufman et al., 1991). Επιπροσθέτως, οι αργές ταχύτητες αξιολόγησης είναι πιο αξιόπιστες διότι παρέχουν μακρότερη πραγματική ισοκινητική περίοδο αφού ο χρόνος επιτάχυνσης και επιβράδυνσης είναι μειωμένος (Iossifidou & Baltzopoulos, 1998). Οι 60 μοίρες/δευτ. εξασφαλίζουν

τις πιο πάνω προϋποθέσεις αποφεύγοντας τα υπερβολικά φορτία στα οποία υπόκειται η άρθρωση σε ακόμη χαμηλότερη ταχύτητα μέτρησης και επιπλέον παρέχουν τη δυνατότητα συγκρίσεων με άφθονα βιβλιογραφικά δεδομένα. Παρά τους περιορισμούς, εξαιτίας της συσύσπασης των ανταγωνιστών μυών κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας (Kellis &

Baltzopoulos, 1996), η σύγκριση Μέγιστη Ροπή Στρέψης των εκτεινόντων και καμπτήρων του γόνατος αντιπροσωπεύει τη μέγιστη δύναμη του τετρακέφαλου και των οπισθίων μηριαίων, αντίστοιχα.

Η στατική πρόσθια κνημιαία ολίσθηση μετρήθηκε με το KT-1000 αρθρόμετρο (Medmetric Corp., San Diego, CA) με τυχαία σειρά και η διαφορά στην πρόσθια χαλαρότητα μεταξύ υγιούς και πάσχουσας πλευράς εκφράστηκε σε διαφορά χιλιοστών (mm). Τα επίπεδα της λειτουργικότητας των γονάτων αξιολογήθηκαν με το ερωτηματολόγιο Lysholm (Lysholm questionnaire) και τα επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας εκτιμήθηκαν με την κλίμακα Tegner (Tegner scale). Η πλευρική κυριαρχία αξιολογήθηκε με ειδικό ερωτηματολόγιο (Tsepis et al., 2004b).

Ερευνητικό πρωτόκολλο

Κάθε αθλητής εκτέλεσε 5-λεπτη προθέρμανση σε στατικό ποδήλατο με ατομικά επιλεγμένη υπομέγιστη ένταση, και 2 λεπτά διατάσεων. Η θέση και σταθεροποίηση κάθε δοκιμαζόμενου στο ισοκινητικό δυναμόμετρο έγινε σύμφωνα με την προκαθορισμένη διαδικασία. Το εύρος τροχιάς της κίνησης του γόνατος τέθηκε από τις 90° κάμψης μέχρι την τέλεια έκταση. Ακολουθώντας, η ειδική προθέρμανση προοδευτικής αύξησης της έντασης από 50% σε 100% της μέγιστης προσπάθειας εκτελέστηκε στο δυναμόμετρο από κάθε αθλητή. Μετά από ένα λεπτό απόλυτης ξεκούρασης, πέ-

ντε μέγιστες επαναλήψεις συνεχόμενων σύγκριτων κάμψεων και εκτάσεων του γόνατος εκτελέστηκαν στις 60 μοίρες/δευτ. Η σειρά της εξέτασης των γονάτων ήταν τυχαία.

Ανάλυση δεδομένων

Η σύγκριση των σωματομετρικών στοιχείων μεταξύ των πειραματικών ομάδων και της ομάδας ελέγχου έγινε με μονοκατάληκτη ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) με σκοπό να διαπιστωθεί ο βαθμός ομοιογένειας μεταξύ τους. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά (βαθμολογία Lysholm, διαφορά σε τιμές Tegner προ και μετά τον τραυματισμό, διαφορά υγιούς-πάσχουσας πλευράς ως προς την πρόσθια χαλαρότητα του γόνατος) συγκριθήκαν χρησιμοποιώντας τη μη παραμετρική ANOVA Kruskal Wallis (ανεξάρτητα δείγματα). Οι τρεις ομάδες χρονιότητας συγκρίθηκαν μεταξύ τους ως προς τη συχνότητα της ρήξης ΠΧΣ στο κυρίαρχο γόνατο με τη χρήση του ελέγχου χ^2 (chi-square test). Αυτό έγινε για να διασφαλιστεί ότι η πλευρικότητα του τραυματισμού δεν επιδρά στα αποτελέσματα.

Η δύναμη των τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων παρουσιάστηκε με την αντίστοιχη τιμή της Μέγιστης Ροπής Στρέψης (MPΣ=Peak Torque) κατά την έκταση και κάμψη η οποία εξήχθη από αρχεία ASCII του δυναμομέτρου. Με σκοπό να επιβεβαιωθεί ότι η MPΣ για όλες τις δοκιμασίες επιτεύχθηκε μέσα στην προκαθορισμένη γωνιακή ταχύ-

τητα, εξετάστηκαν όλα τα αντίστοιχα διαγράμματα ταχύτητας-Ροπής Στρέψης (Iossifidou & Baltzopoulos, 1996). Στις στατιστικές αναλύσεις εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η MPΣ προς τη σωματική μάζα (MPΣ/ΣΜ).

Η σύγκριση της μέγιστης δύναμης (MPΣ) της τραυματισμένης πλευράς των τριών ερευνητικών ομάδων (BX, EX, MX) με την ομάδα ελέγχου έγινε μέσω ANOVA και ακόλουθη διόρθωση Bonferroni των επιμέρους συγκρίσεων. Η ίδια στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ πάσχουσας-υγιούς πλευράς. Τα ελλείμματα δύναμης εκφράστηκαν ως εκατοστιαία αναλογία της δύναμης των υγιών γονάτων: $(Υγιές - ΠΧΣ) * 100 / Υγιές$ και η ασυμμετρία στην ομάδα ελέγχου εκφράστηκε ως εκατοστιαία αναλογία της δύναμης του κυρίαρχου γόνατος: $(Κυρίαρχο - μη-Κυρίαρχο) * 100 / Κυρίαρχο$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι ομάδες δεν διέφεραν μεταξύ τους όσον αφορά την ηλικία, τη σωματική μάζα και το ύψος (αντίστοιχες τιμές $F=2.019, p=0.125$; $F=0.652, p=0.586$ & $F=1.168, p=0.333$). Η βαθμολογία Lysholm δεν είχε σημαντική διαφοροποίηση στις ερευνητικές ομάδες (BX, EX & MX; $F=0.240, p=0.788$), αλλά όλες τους βαθμολογήθηκαν σημαντικά χαμηλότερα από την ομάδα ελέγχου ($F=21.073, p<0.001$). Οι τιμές Tegner πριν τον

τραυματισμό δεν διέφεραν ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες ($F=2.939$; $p=0.092$), αλλά η ρήξη του ΠΧΣ προκάλεσε μια σημαντική μείωσή τους συγκριτικά με την προ-τραυματική κατάσταση ($F=28.128$; $p=0.000$), που δεν διέφερε όμως ανάμεσα στις ομάδες ($F=2.014$; $p=0.199$). Η πρόσθια χαλαρότητα του γόνατος ήταν παρόμοια στις τρεις ομάδες χρονιότητας ($F=0.527$; $p=0.600$) και σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου ($F=23.644$; $p<0.001$).

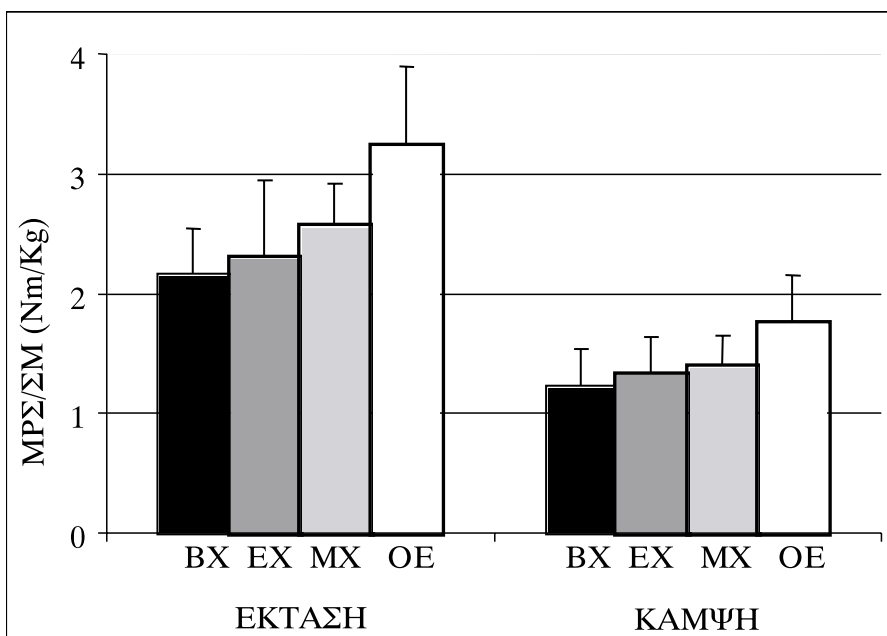
Όλες οι ομάδες είχαν ένα παρό-

μοιο ποσοστό τραυματισμού στο κυρίαρχο άκρο ($p=0.564$; 0.248 & 0.564 στις ομάδες BX, EX & MX, αντίστοιχα). Η σύγκριση της δύναμης των κυρίαρχων και μη κυρίαρχων πλευρών της ομάδας ελέγχου αποκάλυψε μη στατιστικές διαφορές είτε στην έκταση ($t= 1.177$, $p=0.264$) είτε στην κάμψη του γόνατος ($t= 1.611$, $p=0.135$). Για το λόγο αυτό το κυρίαρχο πόδι χρησιμοποιήθηκε στις ακόλουθες στατιστικές συγκρίσεις.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, οι τρεις ομάδες χρονιότητας παρή-

γαγαν μικρότερες τιμές ΜΡΣ/ΣΜ από την ομάδα ελέγχου για την έκταση ($F= 9.834$, $p<0.001$; αντίστοιχες τιμές για BX, EX & MX: $p<0.001$; $p<0.001$; $p=0.011$) και κάμψη ($F= 6.642$, $p=0.001$; αντίστοιχες τιμές για BX, EX & MX: $p<0.001$; $p=0.005$; $p=0.006$) (Σχήμα 3). Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην ΜΡΣ/ΣΜ ανάμεσα στις ομάδες χρονιότητας είτε στην έκταση ($F= 2.468$, $p=0.100$) είτε στην κάμψη ($F= 0.560$, $p=0.577$) του γόνατος.

Σχήμα 1. Γράφημα σύγκρισης μεταξύ των 4 ερευνητικών ομάδων (Βραχείας χρονιότητας: BX, ενδιάμεσης χρονιότητας: EX και μακράς χρονιότητας: MX, OE: ομάδας ελέγχου) ως προς τη Μέγιστη Ροπή Στρέψης ανά μονάδα Σωματικής Μάζας (ΜΡΣ/ΣΜ)



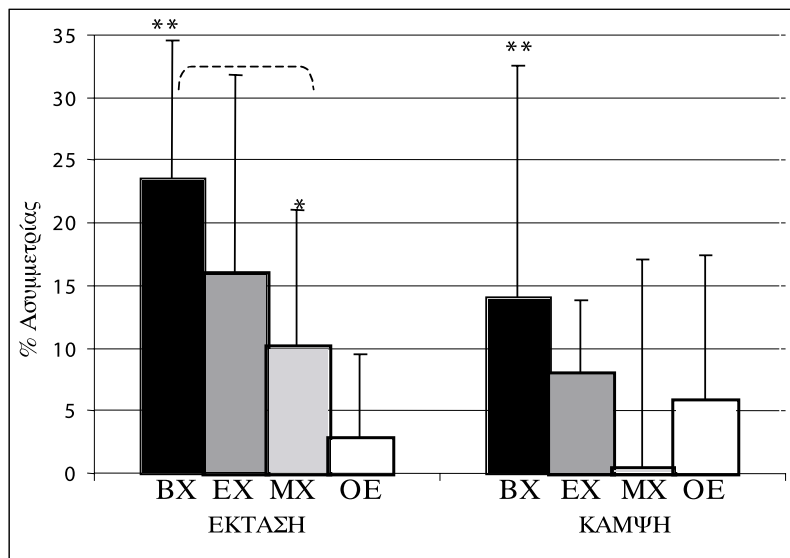
* : $p < 0.05$ συγκριτικά με ομάδα ελέγχου

** : $p < 0.01$ συγκριτικά με ομάδα ελέγχου

Το εκατοστιαίο έλλειμμα κατά την έκταση ήταν σημαντικά υψηλότερο στις τρεις ομάδες χρονιότητας συγκρινόμενο με το ποσοστό ασυμμετρίας της ομάδας ελέγχου ($F=10.956$; $p<0.001$; αντίστοιχες τιμές για BX, EX & MX, $p<0.001$; $p=0.001$ & $p=0.027$), ενώ κατά την κάμψη του γόνατος

μόνο η ομάδα MX διέφερε από την ομάδα ελέγχου ($F=4.411$, $p=0.003$). Μη σημαντικές διαφορές μετρήθηκαν ανάμεσα στις τρεις ερευνητικές ομάδες εκτός από την διαφορά στο ποσοστό των ελλειμμάτων ανάμεσα στις BX και EX υπο-ομάδες κατά την έκταση του γόνατος ($p=0.044$)

(Σχήμα 2). Η εμφανής τάση για μείωση του εκατοστιαίου ελλείματος σύμφωνα με τη χρονιότητα διαπιστώθηκε στατιστικώς από τη σημαντική γραμμικότητα (linearity) τόσο για την κάμψη ($F= 6.647$, $p= 0.015$), όσο και για την έκταση ($F= 5.356$, $p= 0.027$) του γόνατος.



* : $p < 0.05$ συγκριτικά με ομάδα ελέγχου

** : $p < 0.01$ συγκριτικά με ομάδα ελέγχου

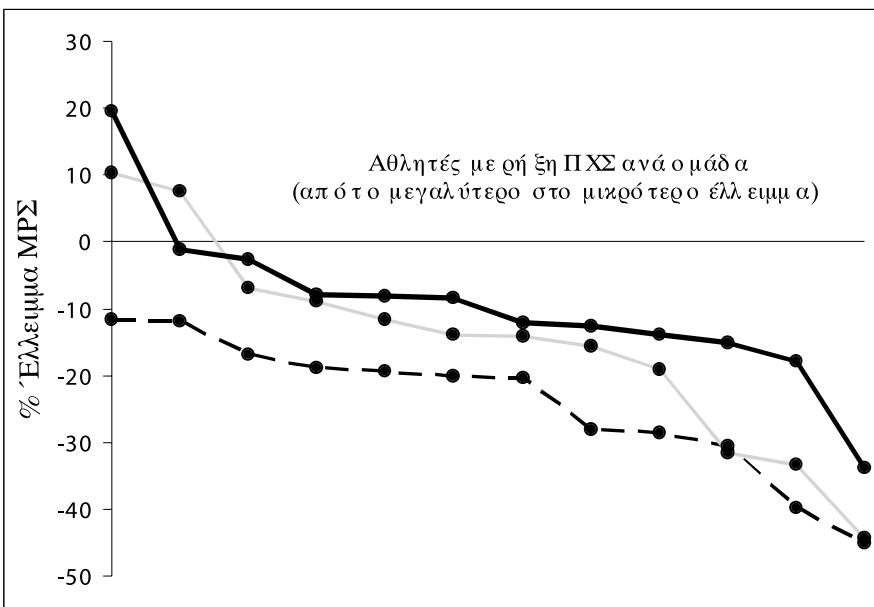
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας μετά τον τραυματισμό μειώθηκαν κατά 3 με 3,5 βαθμούς Tegner συγκρινόμενα με εκείνα προ του τραυματισμού. Ο Somerlath et al. (1991) συμπέρανε ότι η μείωση στα επίπεδα της δραστηριότητας φαίνεται να είναι μια στρατηγική των ασθενών για να αντιμετωπίσουν τη φόρτιση της άρθρωσης ικανοποιητικά. Η βαθμολογία Lysholm ήταν παρόμοια στις ομάδες ενδιάμεσης χρονιότητας (EX) και μακράς χρο-

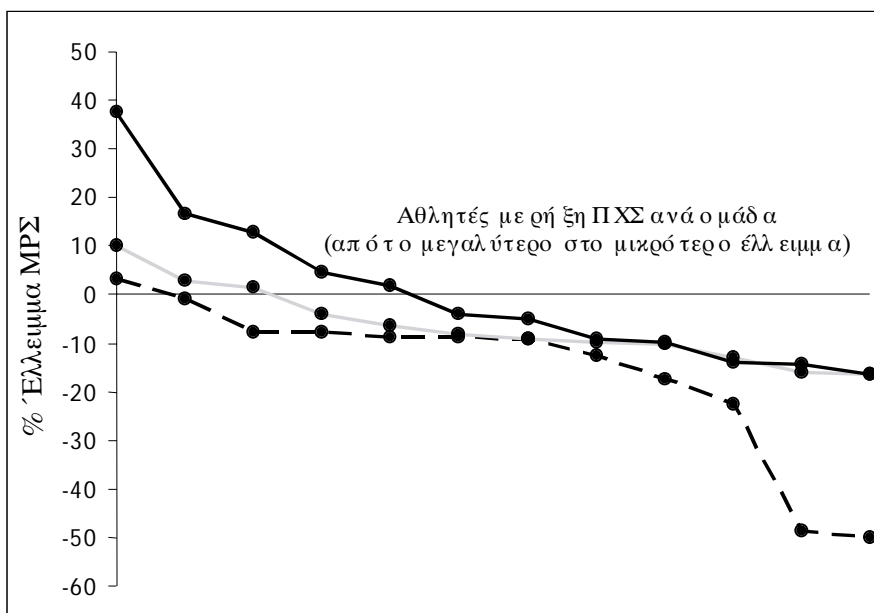
νιότητας (MX) ενώ στην ομάδα βραχείας χρονιότητας (BX) ήταν χαμηλότερη κατά 7,5 και 9 βαθμούς, αντίστοιχα. Οι ενδιάμεσες βαθμολογίες Lysholm στις ομάδες κυμάνθηκαν από 77,5 σε 68,5 βαθμούς και αντιστοιχούν σε "καλή" λειτουργικότητα του γόνατος. Οι ασθενείς της BX ομάδας ήταν σαφώς πιο σοβαρά επηρεασμένοι από τον τραυματισμό καθώς η δική τους βαθμολογία Lysholm ήταν πιο κοντά στο όριο της "πτωχής" λειτουργικότητας γόνατος. Και οι δύο μυϊκές ομάδες εμφάνισαν σημαντική διαφορά στην

δύναμη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, αλλά δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των πειραματικών ομάδων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην αποχή τους από οργανωμένη αποκατάσταση σε συνδυασμό με τη μείωση της φυσικής δραστηριοποίησής τους σε ασφαλή επίπεδα. Αυτή η μείωση της δύναμης παρουσιάζεται ως μόνιμη αφού ακόμα και στην ομάδα MX τα 5 χρόνια μετά τον τραυματισμό δεν ήταν αρκετά για την ανάκτηση της μυϊκής δύναμης. Όσον αφορά το ποσοστό ελλείματος, που είναι η σημαντικότερη

Σχήμα 2. Γράφημα σύγκρισης μεταξύ των 4 ερευνητικών ομάδων (Βραχείας χρονιότητας: BX, ενδιάμεσης χρονιότητας: EX και μακράς χρονιότητας: MX, OE: ομάδες ελέγχου) ως προς την εκατοστιαία διαφορά Μέγιστης Ροπής Στρέψης μεταξύ πλευρών



Σχήμα 3. Γραφική αναπαράσταση του ελλείμματος (%) δύναμης του τετρακεφάλου για κάθε αθλητή στις ομάδες χρονιότητας (BX: διακεκομμένη γραμμή, EX: γκριζα γραμμή και MX: παχιά γραμμή). Οι θετικές τιμές υποδηλώνουν μεγαλύτερη δύναμη στο πάσχον σκέλος.



Σχήμα 4. Γραφική αναπαράσταση του ελλείμματος (%) δύναμης των οπίσθιων μηριαίων για κάθε αθλητή στις ομάδες χρονιότητας (BX: διακεκομμένη γραμμή, EX: γκριζα γραμμή και MX: παχιά γραμμή). Οι θετικές τιμές υποδηλώνουν μεγαλύτερη δύναμη στο πάσχον σκέλος.

μέτρηση για κλινικούς σκοπούς, το προφίλ των προσαρμογών είναι διαφορετικό ανάμεσα στις μυϊκές ομάδες σε βάθος χρόνου. Το μέσο έλλειμμα του τετρακέφαλου ήταν σημαντικό σε όλες οι ομάδες και ακόμα και στην καλύτερη περίπτωση (ομάδα MX) είναι αρκετές φορές υψηλότερο από τη φυσιολογική ασυμμετρία της ομάδας ελέγχου. Οι οπίσθιοι μηριαίοι εμφάνισαν διαφορετικό προφίλ προσαρμογής αφού μόνο στην ομάδα ΒΧ το έλλειμμα ήταν σημαντικά υψηλό. Ήδη πριν την συμπλήρωση ενός χρόνου μετά την ρήξη του ΠΧΣ, τα ελλείμματα δύναμης των οπίσθιων μηριαίων πλησιάζουν τα επίπεδα της φυσιολογικής ασυμμετρίας.

Γενικά, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν άλλες μελέτες που χρησιμοποιήσαν γωνιακή επιτάχυνση στις 60 μοίρες/δευτ. για τον έλεγχο και δείχνουν ελλείμματα στον τετρακέφαλο που κυμαίνονταν από 7% μέχρι 18% περίπου, ενώ τα αντίστοιχα των οπίσθιων μηριαίων ήταν μόνο 1% με 10% (Bonamo et al., 1990 Kannus et al., 1992; Kvist et al., 2001; Lephart et al., 1992; Pincivero et al., 1996). Οι οπίσθιοι μηριαίοι φαίνεται να ευνοούνται από τις καθημερινές δραστηριότητες, ίσως επειδή η ενεργοποίησή τους είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της αστάθειας του γόνατος. Φαίνεται ότι μολονότι το ερέθισμα ενεργοποίησης σε χαμηλής φόρτισης δραστηριότητες δεν μπορεί να συγκριθεί με αυτό της ενεργής συμμετοχής σε αθλητικές δραστηριότητες, είναι αρκετό για να

βελτιώνει τη δύναμη τους σε πιο συμμετρικά επίπεδα.

Παρόλα αυτά, η χρονική περίοδος για την εξισορρόπηση των ελλειμμάτων δύναμης είναι αρκετά παρατεταμένη και εφόσον η δύναμη των οπίσθιων μηριαίων έχει συνδεθεί με βελτιωμένη λειτουργικότητα του γόνατος μετά από ρήξη ΠΧΣ (Tsepis et al., 2004b; Wojtys & Huston, 1994), η αμέλεια βελτίωσης της απόδοσής τους μπορεί να θεωρηθεί ως παράγοντας αυξημένης επικινδυνότητας για περαιτέρω τραυματισμό της άρθρωσης.

Το ερέθισμα ενεργοποίησης σε χαμηλής φόρτισης δραστηριότητες δεν μπορεί να συγκριθεί με αυτό της ενεργής συμμετοχής σε αθλητικές δραστηριότητες, είναι αρκετό όμως για να βελτιώνει τη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων σε πιο συμμετρικά επίπεδα

Ο Dvir (1995) ανέφερε ότι σε γόνατα με ανεπάρκεια ΠΧΣ αναμένεται πλήρης αποκατάσταση της δύναμης των οπίσθιων μηριαίων, χωρίς παρόλα αυτά να προβλέπει τον απαιτούμενο χρόνο για αυτήν. Επιπλέον, οι Osternig et al (1995) βρήκαν ότι πέντε χρόνια μετά τη ρήξη του ΠΧΣ υπάρχει ακόμη και μια μικρή αντιστροφή στις ασυμμετρίες της δύναμης των οπίσθιων μηριαίων υπέρ της τραυματισμένης πλευράς σε ποσοστό 4%. Στην δική μας μελέτη μόνο στην ομάδα ΒΧ, οι οπίσθιοι μηριαίοι παρουσίασαν κλινικά σημαντικό έλλειμμα δύναμης πε-

ρίπου 15% και μετά από ένα χρόνο οι τιμές ήταν ήδη κοντά στη φυσιολογική ασυμμετρία.

Είναι φανερό ότι ο τετρακέφαλος και οι οπίσθιοι μηριαίοι «συμπεριφέρονται» με ένα διαφορετικό τρόπο μετά τη ρήξη του ΠΧΣ. Ο τετρακέφαλος επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό πιθανόν εξαιτίας της μετατραυματικής νευρικής αναχαίτισης (Konishi et al., 2002; Snyder-Mackler et al., 1994), της προσαρμογής προς ένα πρότυπο "βάδισης αποφυγής τετρακέφαλου" (Andriacchi., 1990; Wexler et al., 1998) και της σχέσης της αδυναμίας του τετρακέφαλου με τη μειωμένη χρήση του μέλους σε ασθενείς με ανεπάρκεια ΠΧΣ (Kalund et al., 1990). Αντιθέτως, είναι εμφανές ότι οι οπίσθιοι μηριαίοι ενεργοποιούνται σε δραστηριότητες φόρτισης σε μια ακούσια προσπάθεια να εξισορροπηθεί η πρόσθια μετατόπιση (Solomonow et al., 1987; Tsuda et al., 2001). Η μεγαλύτερη ατροφία του τετρακέφαλου (10% vs 4%) που έχει μετρηθεί ακόμα κι ένα χρόνο μετά τον τραυματισμό (Gerber et al., 1985) μπορεί επίσης να εξηγήσει τα μεγαλύτερα ελλείμματα δύναμης σε σύγκριση με τους οπίσθιους μηριαίους.

Οι οπίσθιοι μηριαίοι ενεργοποιούνται σε δραστηριότητες φόρτισης σε μια ακούσια προσπάθεια να εξισορροπηθεί η πρόσθια μετατόπιση

Η παρούσα μελέτη φανέρωσε τη διαφορετική επίδραση της χρονιότητας της ρήξης ΠΧΣ στον τε-

τρακέφαλο συγκριτικά με τους οπίσθιους μηριαίους. Εκτός από τις ποσοτικές διαφορές ανάμεσα στις 3 πειραματικές ομάδες, υπάρχουν επίσης εμφανείς ποιοτικές διαφορές κλινικής σημασίας, οι οποίες μπορούν να βρεθούν σε εξέταση των αθλητών με ρήξη ΠΧΣ κατά περίπτωση (Σχήματα 3 & 4). Όπως φαίνεται από την εξέταση των οπίσθιων μηριαίων, οι περισσότεροι δοκιμασθέντες βρίσκονται κοντά σε μια ισορροπία δύναμης ανάμεσα στην τραυματισμένη και στην υγιή πλευρά και σε αρκετές περιπτώσεις η επηρεασμένη πλευρά είναι δυνατότερη. Ειδικά στην ομάδα ΜΧ, 5 από τους 12 αθλητές είχαν δυνατότερους οπίσθιους μηριαίους στην τραυματισμένη πλευρά και άλλοι 4 είχαν έλλειμμα μικρότερο από 10% που είναι κλινικώς αποδεκτό ως φυσιολογική συμμετρία (Grontvedt et al., 1999). Αντίθετα, κατά την εξέταση του τετρακεφάλου ένας μεγάλος αριθμός ασθενών βρέθηκε σε υψηλά επίπεδα ασυμμετρίας. Επιπλέον, στην ομάδα ΒΧ όλοι οι δοκιμασθέντες ασθενείς είχαν έλλειμμα στη δύναμη του τετρακεφάλου μεγαλύτερο από 10%. Αναφορικά με τη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων, λιγότεροι από τους μισούς ασθενείς είχαν ελλείμματα αυτού του επιπέδου. Στα αντίστοιχα Σχήματα 3 και 4 φαίνεται καθαρά η ποσοτική διαφορά ανάμεσα στα τρία επίπεδα της χρονιότητας. Συνδυαστικά, από τα δύο Σχήματα αποκαλύπτεται η εμφανής διαφορά στο προφίλ των ασυμμετρικών δύναμης μεταξύ του

τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων μυών.

Καμία ομάδα αθλητών με ρήξη ΠΧΣ δεν πλησίασε τις τιμές δύναμης του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων της ομάδας ελέγχου παρά την τάση για βελτίωση με την πάροδο του χρόνου. Παρόλο που το ποσοστό του ελλείμματος μειώνονταν με το χρόνο και στην περίπτωση των οπίσθιων μηριαίων πρακτικά μηδενίστηκε στην ομάδα ΜΧ, οι μύες του μηρού της τραυματισμένης πλευράς ήταν ακόμα αδύναμοι σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Αυτό εξηγείται στη βάση του ότι οι πρότερα δραστήριοι αθλητές με ρήξη ΠΧΣ ακολούθησαν λιγότερα ενεργητικό τρόπο ζωής μετά τον τραυματισμό με αποτέλεσμα να επηρεαστεί και η υγιής πλευρά. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν αθροιστικά ότι η συμμετοχή σε ένα οργανωμένο πρόγραμμα αποκατάστασης θα ήταν ευεργετική σε αθλητές με ανεπάρκεια ΠΧΣ μέσω: (α) της αποτροπής ανάπτυξης μεγάλων ελλειμμάτων δύναμης στους μύες του μηρού και (β) της επιτάχυνσης της εξισορρόπησης του ελλείμματος των οπίσθιων μηριαίων το συντομότερο δυνατό. Η επίδραση ενός οργανωμένου πρωτοκόλλου αποκατάστασης στην χρονική εξέλιξη των προσαρμογών της δύναμης μετά από τραυματισμό στον ΠΧΣ αθλητών χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση. Μία ακόμα

υποσχόμενη περιοχή για έρευνα είναι η εξέταση της υπόθεσης ότι η πρώιμη και εντατική ενδυνάμωση των οπίσθιων μηριαίων μετά τον τραυματισμό μπορεί να καταστήσει περισσότερους αθλητές με ρήξη ΠΧΣ ως απολύτως λειτουργικούς και να τους οδηγήσει στην επανένταξή τους στο προτραυματικό επίπεδο φυσικής δραστηριότητας (coreps), ή επιπλέον, ότι η ενδυνάμωση των οπίσθιων μηριαίων βελτιώνει το υπόβαθρο για την αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ και επιταχύνει τη λειτουργικότητα της άρθρωσης μετά την επέμβαση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η συνολική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της έρευνας αυτής οδηγεί στις ακόλουθες συμπερασματικές επισημάνσεις:

1. Η μη συμμετοχή σε οργανωμένο πρόγραμμα φυσικοθεραπείας μετά από ρήξη ΠΧΣ σε ερασιτέχνες αθλητές, οδηγεί σε σημαντική μείωση της δύναμης του τετρακέφαλου και των οπίσθιων μηριαίων η οποία επιμένει σε βάθος χρόνου. Αυτό το εύρημα καταδεικνύει την σημασία ενός οργανωμένου προγράμματος αποκατάστασης σε ανεπάρκεια ΠΧΣ.
2. Το εκατοστιαίο έλλειμμα δύναμης του τετρακεφάλου είναι στατιστικά και κλινικά σημαντικό σε όλες τις μετατραυματικές περιόδους. Ακόμη και στην περίπτωση της μακράς χρονιότητας

οπότε και βελτιώνεται σχετικά, εξακολουθεί να παραμένει αρκετά υψηλότερο σε σύγκριση με τη φυσιολογική ασυμμετρία ακόμη και 5 χρόνια μετά την ρήξη του ΠΧΣ.

3. Το ποσοστό του ελλείμματος δύναμης των οπισθίων μηριαίων μειώνεται με το πέρασμα του χρόνου και σε 12 μήνες (ενδιάμεση χρονιότητα) πλησιάζει σχεδόν στα φυσιολογικά επίπεδα ασυμμετρίας υγιών ατόμων. Αυτό σημαίνει ότι οι οπίσθιοι μηριαίοι τείνουν να επωφελούνται από τις μηχανικές φορτίσεις των καθημερινών δραστηριοτήτων αλλά ακόμα κι αυτή η πρόοδος είναι αργή και πρέπει να επιταχυνθεί.

4. Η εξισορρόπηση του εκατοστιαίου ελλείμματος της δύναμης των οπίσθιων μηριαίων ακόμη και χωρίς θεραπευτική παρέμβαση φαίνεται ότι οφείλεται στη υποσυνείδητη προστατευτική αντίδραση του σώματος στην πρόσθια αστάθεια του γόνατος. Γι' αυτό το λόγο, η φυσική αυτή τάση πρέπει να προσελκύσει περισσότερη προσοχή και να υποβοηθείται αυτή η φυσική προσαρμογή μέσω της συμμετοχής των αθλητών με ρήξη ΠΧΣ σε ορθά οργανωμένα προγράμματα αποθεραπείας.

Οι συγγραφείς ευχαριστούν θερμά τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ιωαννίνων, για τη στήριξη της παρούσας έρευνας μέσω της τοποθέτησης του πρώτου ερευνητή (Η.Τ.) στο Ορθοπαιδικό Αθλητιατρικό Κέντρο Ιωαννίνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andriacchi T. (1990) Dynamics of pathological motion: applied to the anterior cruciate deficient knee. *J Biomech*; 23:99-105
- Beynon BD, Braden CF, Johnson RJ, Nichols CE, Renstrom PE, Pope M. (1995) Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. *Am J Sports Med*; 23:24-34
- Bonamo JJ, Fay C, Firestone T. (1990) The conservative treatment of the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med*; 18:618-23
- Chmielewski TL, Wilk KE, Snyder-Mackler L. (2002) Changes in weight-bearing following injury or surgical reconstruction of the ACL: relationship to quadriceps strength and function. *Gait Posture*; 16:87-95
- Dvir Z. (1995) Isokinetics of the knee muscles. In: Dvir Z, ed. *Isokinetics. Muscle testing, interpretation, and clinical applications*. Churchill Livingstone; 110
- Feller JA, Webster KE, Taylor NF, Payne R, Pizzari T. (2004) Effect of physiotherapy attendance on outcome after anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot study. *Br J Sports Med*; 38:74-7
- Georgoulis AD, Papadonikolakis A, Papageorgiou CD, Mitsou A, Stergiou N. (2003) Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *Am J Sports Med*; 31:75-9
- Gerber C, Hoppeler H, Claassen H, Robotti G, Zehnder R, Jacob RP. (1985) The lower extremity musculature in chronic symptomatic instability of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* ; 67:1034-43
- Giove TP, Miller SJ, Kent BE, Sanford TL, Garrick JG. (1983) Non-operative treatment of the torn anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*; 65:184-92
- Goradia VK, Grana WA. (2001) A comparison of outcomes at 2 to 6 years after acute and chronic anterior cruciate ligament reconstructions using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*; 17:383-92
- Grontvedt T, Heir S, Rossvoll I, Engebretsen LI. (1999) Five-year outcome of 13 patients with an initially undiagnosed anterior cruciate ligament rupture. *Med Sci Sports Exerc*; 9:62-4
- Hagood S, Solomonow M, Baratta R, Zhou GH, D'Ambrosia R. (1990) The effect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity. *Am J Sports Med*; 18:182-7
- Harter RA, Osternig LR, Standifer LW. (1990) Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstrings synergy following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil*; 71:465-8
- Hirokawa S, Solomonow M, Lu Y, Lou ZP, D'Ambrosia R. (1992) Anterior-posterior and rotational displacement of the tibia elicited by quadriceps contraction. *Am J Sports Med*; 20:299-306
- Iossifidou AN, Baltzopoulos V. (1998) Inertial effects on the assessment of performance in isokinetic dynamometry. *Int J of Sports Med*; 19:567-73
- Kalund S, Sinkjaer T, Arendt-Nielsen L, Simonsen O. (1990) Altered timing of hamstring muscle action in anterior cruciate ligament deficient patients. *Am J Sports Med*; 18:245-8
- Kannus P, Jarvinen M, Johnson R, Renstrom P, Pope M, Beynon B, Nichols C, Kaplan M. (1992) Function of the quadriceps and hamstrings muscles in knees with chronic partial deficiency of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*; 20:2:162-8
- Kaufman KR, An K-N, Litchy WJ, Morrey BF, Chao EY. (1991) Dynamic joint forces during knee isokinetic exercise. *Am J Sports Med*; 19:305-16
- Kellis E, Baltzopoulos V. (1996) Agonist and Antagonist moment and EMG-angle relationship during isokinetic eccentric and concentric exercise. *Isokin Exerc Science*; 6:79-87
- Konishi Y, Fukubayashi T, Takeshita D. (2002) Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Med Sci Sports Exerc*; 34:1414-18
- Kvist J, Karlberg C, Gerdle B, Gillquist J. (2001) Anterior tibial translation during different isokinetic quadriceps torque in anterior cruciate ligament deficient and nonimpaired individuals. *J Orthop Sports Phys Ther*; 31:4-15
- Lephart SM, Perrin DH, Fu FH, Gieck JH, McCue FC, Irrgang JJ. (1992) Relationship between selected physical characteristics and functional capacity in the anterior cruciate ligament-insufficient athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*; 16:174-81

- Liu W, Maitland ME. (2000) The effect of hamstring muscle compensation for anterior laxity in the ACL-deficient knee during gait. *J Biomech*; 33:871-9
- More RC, Bryant TK, Neiman R, Fritschy D, Woo SL, Daniel DM. (1993) Hamstrings-an anterior cruciate ligament protagonist. *Am J Sports Med*; 21:231-7
- Osternig LR, Caster BL, James CR. (1995) Contralateral hamstring (biceps femoris) coactivation patterns and anterior cruciate ligament dysfunction. *Med Sci Sport Exerc*; 27:805-8
- Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RA. (1996) Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *Int J Sports Med*; 18:113-7
- Risberg MA, Holm I, Tjomsland O, Ljunggren E, Ekstrand A. (1999) Prospective study of changes in impairments and disabilities after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*; 29:400-12
- Shelbourne KD, Nitz P. (1996) ACL reconstruction: Accelerated rehabilitation protocol. In: Brozman SB, ed. *Handbook of Orthopaedic Rehabilitation*. St. Louis: Mosby: 224
- Snyder-Mackler L, Luca PF, Williams PR, Eastlack ME, Bartolozzi AR (1994) 3rd Reflex inhibition of the quadriceps femoris muscle after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*; 76:555-60
- Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, D'Ambrosia R. (1987) The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*; 15:207-13
- Sommerlath K, Lysholm J, Gillquist J. (1991) The long-term course after treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures. A 9 to 16 year followup. *Am J Sports Med*; 19:156-62
- Tsepis E, Giakas G, Vagenas G, Georgoulis A. (2004) Frequency content asymmetry of the isokinetic curve between ACL deficient and healthy knee. *J Biomech*; 37:857-64
- Tsepis E, Vagenas G, Giakas G, Georgoulis A. (2004) Hamstrings weakness as an indicator of poor knee function in ACL deficient patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*; 12:22-9
- Tsuda E, Okamura Y, Otsuka H, Komatsu T, Tokuya S. (2001) Direct evidence of the anterior cruciate ligament-hamstring reflex arc in humans. *Am J Sports Med*; 29:83-7
- Wexler G, Hurwitz D, Bush-Joseph CA, Andriacchi TP, Bach BR Jr. (1998) Functional gait adaptations in patients with anterior cruciate ligament deficiency over time. *Clin Orthop*; 348:166-75
- Wilk KE. (2003) Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction with central-third patellar tendon. In: Brozman SB, Wilk K, eds. *Clinical Orthopaedic Rehabilitation*, 2nd ed. Philadelphia: Mosby: 288-9
- Wojtyl EM, Huston LJ. (1994) Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament-deficient lower extremities. *Am J Sports Med*; 22:89-104