

Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό  
Τόμος 13 (1), 91 - 100  
Δημοσιεύτηκε: Ιούνιος 2015



Inquiries in Sport & Physical Education  
Volume 13 (1), 91 - 100  
Released: June 2015

[www.pe.uth.gr/emag](http://www.pe.uth.gr/emag)

ISSN 1790-3041



### **Ground Reaction Forces and Stair Descent on ACL Reconstructed Trained Subjects**

Georgios Bouchouras<sup>1</sup>, Athanasios Tsiokanos<sup>2</sup>, Evaggelos Sykaras<sup>1</sup>, & Argyrios Mylonas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sports Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, Hellas

<sup>2</sup>Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Thessaly, Trikala, Hellas

#### **Abstract**

The aim of the study was to compare the Ground Reaction Forces (GRF), between the healthy and the Anterior Cruciate Ligament ACL reconstructed knee of trained subjects during stair descent. Eight men were recruited to participate in this study. The surgical reconstruction of the ACL was held three months before the evaluation. The results showed that there are differences between the two knees. In the transverse plane the reconstructed knee had greater peak values compared to the healthy one during the support phase (8.93% B.W. vs 5.29% B.W.,  $p < 0.05$ ). In contraction, the healthy knee tended to have greater peak values in the vertical plane, during the support phase, compared to the reconstructed one (105.82 % B.W. vs 111.72% B.W.,  $p = 0.06$ ). It seems that increased instability, which may be due to the lower muscle activity, lead to the different kinetic pattern of reconstructed knee. Further investigations may help clarify the relationship between the reconstruction of the ACL and the dynamic characteristics of the knee joint in daily activities such as stair descent.

Key words: *ACL, GRF, stair descent*

**Δυνάμεις Αντίδρασης του Εδάφους κατά την Κάθοδο Σκαλιών, σε Ασκοούμενους μετά τη Χειρουργική Αποκατάσταση του Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου**

Γεώργιος Μπουχουράς<sup>1</sup>, Αθανάσιος Τοϊόκανος<sup>2</sup>, Ευάγγελος Συκαράς<sup>1</sup>, Αργύριος Μυλωνάς<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
<sup>2</sup>ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

---

**Περίληψη**

Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών σε ασκούμενους μετά από χειρουργική αποκατάσταση του Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου (ΠΧΣ) κατά την κάθοδο σκαλιών. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν 8 ασκούμενοι άντρες, στους οποίους έγινε χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ, τρεις μήνες πριν την αξιολόγηση. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους στους τρεις άξονες της κίνησης, τόσο στο υγιές όσο και στο εγχειρισμένο σκέλος των συμμετεχόντων. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το παραμετρικό τεστ students T-test για ζευγαρωτές παρατηρήσεις και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0.05$ . Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στα δυο σκέλη. Συγκεκριμένα, υπήρξε σημαντική τάση για διαφορά της τελευταίας μέγιστης τιμής της κατακόρυφης μέγιστης δύναμης, με το εγχειρισμένο σκέλος να υστερεί σε σχέση με το υγιές (105.82 % Σ.Β. vs 111.72% Σ.Β ,  $p=0.06$ ). Επίσης η τελευταία μέγιστη τιμή στον εγκάρσιο άξονα για το εγχειρισμένο σκέλος διέφερε στατιστικά σημαντικά σε σχέση με το υγιές (8.93% Σ.Β. vs 5.29% Σ.Β.,  $p < 0.05$ ). Παράγοντες που ενδεχομένως να συνέβαλαν στις παραπάνω διαφορές μπορεί να ήταν το διαφορετικό κινητικό πρότυπο και η αυξημένη αστάθεια του εγχειρισμένου σκέλους, που μπορεί να προήλθε από αδυναμία των εκτεινόντων και καμπτηρών μυών του γόνατος να ανταποκριθούν πλήρως στη συγκεκριμένη κίνηση. Τα παραπάνω είναι πολύ σημαντικά, καθώς η αυξημένη αστάθεια της άρθρωσης μπορεί να οδηγήσει σε εκφυλισμό του χόνδρου και οστεοαρθρίτιδα. Περισσότερες έρευνες είναι αναγκαίες προκειμένου να διερευνηθεί πλήρως η αποκατάσταση της άρθρωσης, σε καθημερινές «απαιτητικές» κινήσεις, μετά τη χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ

Λέξεις κλειδιά: πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος, δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, κάθοδος σκαλιών

## Εισαγωγή

Ο πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος (ΠΧΣ) βρίσκεται στην άρθρωση του γόνατος και περιορίζει την περιστροφή, αλλά και την πρόσθια ολίσθηση της κνήμης. Απορροφά το 86% της δύναμης που προκαλεί η προς τα εμπρός ολίσθηση των κνημιαίων κονδύλων ως προς τους μηριαίους κονδύλους κατά την έκταση του γόνατος (Renström, 1995).

Η ρήξη του ΠΧΣ αποτελεί συχνή κάκωση του γόνατος. Συναντάται σε επαγγελματίες αθλητές, σε ομάδες πληθυσμού που ασχολούνται συστηματικά με τον ερασιτεχνικό αθλητισμό, αλλά και σε άλλες ομάδες πληθυσμού ως τραυματική κάκωση. Η ρήξη του ΠΧΣ καθιστά τον ασθενή λιγότερο ικανό να αντεπεξέλθει σε καθημερινές, αλλά και αθλητικές δραστηριότητες, ενώ υποστηρίζεται ότι οδηγεί σε προοδευτική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος και βλάβες των μηνίσκων (Finsterbush, Frankl, Matan, & Mann 1990; Ristanis, Stergiou, Patras, Tsepis, Moraiti, & Georgoulis 2006; Roos, Adalberth, Dahlberg, & Lohmander 1995; Rosenberg & Sherman 1992).

Πολλοί ερευνητές, οι οποίοι έχουν ασχοληθεί με τον έλεγχο της λειτουργικής αποκατάστασης ατόμων που έχουν υποστεί συντηρητική ή χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ, εστιάζουν τις μελέτες τους στη βάρδια σε ευθεία. Τα συμπεράσματα των περισσότερων ερευνών είναι ότι τα κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά της βάρδιας σε ευθεία πλησιάζουν τα φυσιολογικά, σε χρονικό διάστημα έως και 2 ετών μετά την χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ (Andriacchi & Dyrby 2005; La Fortune, Cavanagh, Sommer, & Kalenak 1992). Ακόμα όμως και μετά τη χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ, είτε με μόσχευμα από τον επιγονατιδικό τένοντα είτε από τους οπίσθιους μηριαίους τένοντες, ένα μεγάλο ποσοστό των ατόμων εμφανίζει οστεοαρθρίτιδα (Stergiou, Ristanis, Moraiti, & Georgoulis 2007). Υπάρχουν καθημερινές δραστηριότητες που φορτίζουν την άρθρωση του γόνατος περισσότερο από τη βάρδια σε ευθεία, όπως το κατέβασμα σκαλιών (Ristanis, Giakas, Papageorgiou, Moraiti, Stergiou, & Georgoulis, 2003) και οι οποίες θα πρέπει να διερευνηθούν λόγω της σχέσης που μπορεί να έχουν με την οστεοαρθρίτιδα της άρθρωσης. Προκύπτουν λοιπόν ερωτήματα σε σχέση με το γεγονός ότι, την ίδια στιγμή που η βάρδια σε ευθεία παρουσιάζεται φυσιολογική μετά τη χειρουργική αποκατάσταση, ένα μεγάλο ποσοστό των ατόμων εμφανίζει αργότερα οστεοαρθρίτιδα. Για το λόγο αυτό είναι ανάγκη να διερευνηθούν λειτουργικά και άλλες καθημερινές κινήσεις, οι οποίες φορτίζουν την άρθρωση περισσότερο από την απλή βάρδια, προκειμένου να διαπιστωθεί η αποκατάσταση των λειτουργικών χαρακτηριστικών που διέπουν την κίνηση. Επίσης, οι περισσότεροι ερευνητές, που έχουν ασχοληθεί με την άμεση ή καθυστερημένη κίνηση του γόνατος, συμφωνούν ότι η γρήγορη επαναδραστηριοποίηση του γόνατος μετεγχειρητικά είναι ωφέλιμη για την αποκατάσταση του μοςχεύματος και των μυών που σταθεροποιούν την άρθρωση (Beynon, Johnson, Abate, Fleming, & Nichols, 2005).

Υποτίθεται ότι άτομα που έχουν υποστεί χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ μπορούν να αποκαταστήσουν πλήρως τη λειτουργικότητα της άρθρωσης σε απαιτητικές καθημερινές κινήσεις που φορτίζουν την άρθρωση του γόνατος, όπως το κατέβασμα σκαλιών. Σκοπός της έρευνας ήταν να μελετήσει τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κίνησης της καθόδου σκαλιών σε ασκούμενους, τρεις μήνες μετά τη χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ

## Μεθοδολογία

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 8 ασκούμενοι εθελοντές (άντρες) στους οποίους έγινε χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ 3 μήνες πριν την αξιολόγηση. Οι συμμετέχοντες που επιλέχθηκαν δεν παρουσίασαν στο παρελθόν άλλη κάκωση στην άρθρωση του γόνατος. Επίσης, όλοι οι συμμετέχοντες έκαναν μια μορφή συστηματικής αθλητικής δραστηριότητας τουλάχιστον 3 φορές την εβδομάδα. Αντικείμενο μελέτης αποτέλεσε το χειρουργημένο σκέλος των συμμετεχόντων (ACL) και ελέγχου το υγιές (Control).

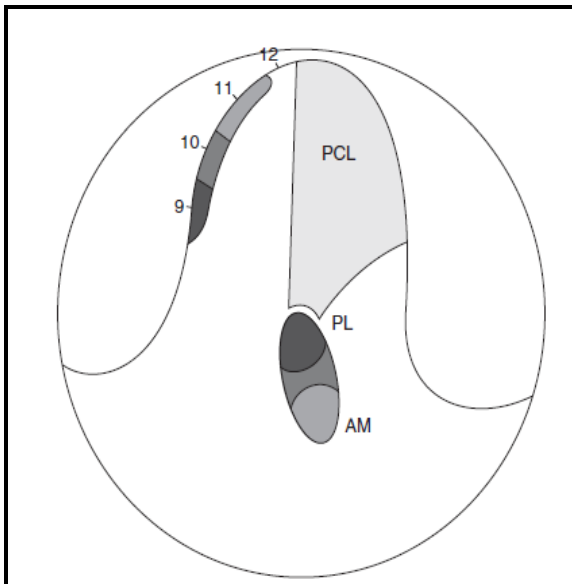
**Πίνακας 1.** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

	(mean, sd)
Μάζα (kg)	84.6 ±12.1
Ύψος (cm)	178.8 ±2.3
Ηλικία (έτη)	26.9 ±7.2

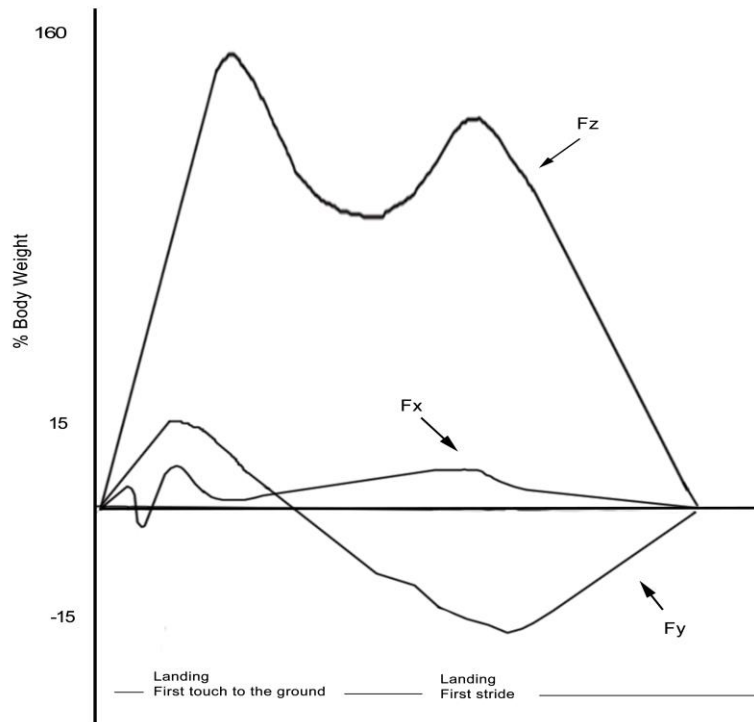
Στη χειρουργική επέμβαση χρησιμοποιήθηκε αυτομόσχευμα τετραπλό, από τους τένοντες του ημιτενοντώδη και του ισχνού μυός. Το μόσχευμα τοποθετήθηκε στη θέση «ώρα 10.00-10.30» για τη δεξιά άρθρωση και στη θέση «ώρα 1.30-2.00» για την αριστερή (Σχήμα 1). Οι συμμετέχοντες, μετεγχειρητικά

ακολούθησαν συγκεκριμένο πρόγραμμα αποκατάστασης για 12 εβδομάδες που περιλάμβανε ισομετρικές ασκήσεις πρόσθιων μηριαίων μυών, ασκήσεις εύρους κίνησης, ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας, καθώς και τρέξιμο με αυξανόμενη ένταση και αλλαγές κατεύθυνσης μετά τον 3<sup>ο</sup> μήνα. Η συχνότητα του προγράμματος ήταν 3 φορές την εβδομάδα.

Οι συμμετέχοντες μετά από δοκιμαστικές προσπάθειες «γνωριμίας», εκτέλεσαν 3 προσπάθειες με το εγχειρημένο σκέλος σε επαφή με το δυναμοδάπεδο και 3 προσπάθειες με το υγιές, οι οποίες καταγράφηκαν και επιλέχθηκαν για περαιτέρω ανάλυση. Η καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους έγινε με τριδιάστατο δυναμοδάπεδο Bertec 4060 (Columbus OH), τοποθετημένο στο ύψος του δαπέδου (εικόνα 1). Τα σκαλιά αποτελούνταν από 3 κλίμακες με διαστάσεις 90 εκ. μήκος, 15 εκ. ύψος, 35 εκ. πλάτος (σχήμα 1).

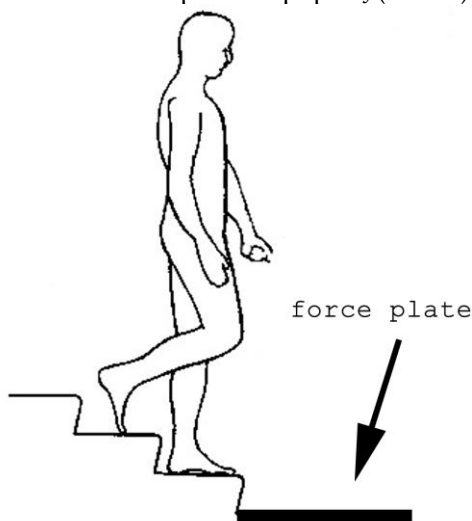


**Σχήμα 1.** Σχηματική αναπαράσταση της δημιουργίας της μηριαίας οπής για την τοποθέτηση του μοσχεύματος και της αποκατάστασης της κινητικότητας της κίνησης. Οι θέσεις παραπέμπουν στους δείκτες του ρολογιού από την εμπρός όψη της άρθρωσης. PCL -οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος, AM- πρόσθια έσω κίνηση, PL- οπίσθια έξω κίνηση (Stergiou et al. 2007)



**Γράφημα 1.** Οι χρονικές στιγμές καθορισμού των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους στους τρεις άξονες της κίνησης. Παρουσιάζονται οι δυο μέγιστες τιμές σε κάθε άξονα, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την προσγείωση (first touch to the ground) και το πρώτο βήμα (first stride) αντίστοιχα. Δεδομένα του υγιούς ποδιού ενός συμμετέχοντα στην παρούσα έρευνα

Οι δυνάμεις που μελετήθηκαν ήταν οι δυο μέγιστες τιμές σε κάθε άξονα της κίνησης (γράφημα 1). Για την κατακόρυφη δύναμη ( $F_z$ ), η πρώτη μέγιστη τιμή ( $F_{z1}$ ) αντανακλά την πτώση του βάρους του σώματος επάνω στο πόδι στήριξης (κρούση) και η τελευταία ( $F_{z2}$ ) αντανακλά τη φάση της ώθησης προς την κατεύθυνση κίνησης. Για τη δύναμη στον εγκάρσιο άξονα ( $F_x$ ), οι 2 κορυφαίες τιμές αντιπροσωπεύουν την έσω-έξω κίνηση του σώματος προκειμένου να επιτευχθεί ισορροπία. Για την προσθιοπίσθια δύναμη ( $F_y$ ), η πρώτη μέγιστη τιμή ( $F_{y1}$ ) αντανακλά την επιβράδυνση του σώματος (φρενάρισμα, θετικές τιμές) και η τελευταία ( $F_{y2}$ ) την ώθηση προς τα εμπρός (αρνητικές τιμές). Οι παραπάνω δυνάμεις εκφράστηκαν ως ποσοστό του σωματικού βάρους (% Σ.Β.) των συμμετεχόντων.



**Εικόνα 1.** Τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης και πειραματική διαδικασία

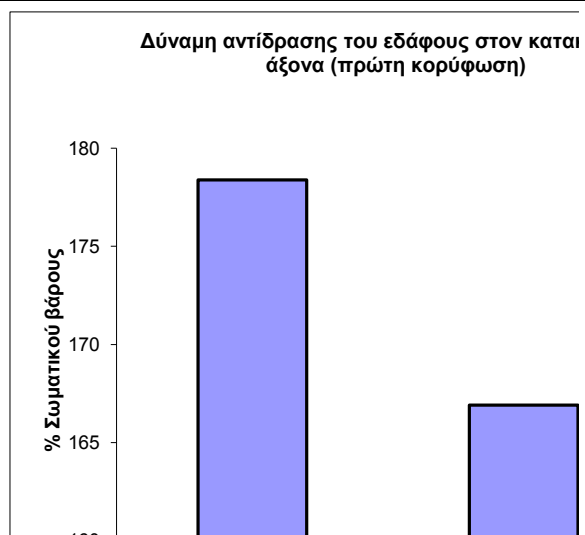
Οι δύο ομάδες, όσον αφορά στις εξεταζόμενες μεταβλητές, ελέγχθηκαν για ομαλή κατανομή (kolmogorof-Smirnof test  $p>0.05$ ) και ισότητα στις διακυμάνσεις (Levene's test,  $p>0.05$ ). Έπειτα επιλέχθηκε το παραμετρικό τεστ, students paired T-test, για εξαρτημένες μεταβλητές, ώστε να διερευνηθεί αν υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις δυο ομάδες. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p<0.05$ . Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού SPSS 13 (Chicago Inc.). Επίσης, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της επίδρασης του μεγέθους του δείγματος και της ισχύος των αποτελεσμάτων (effect size, power) με τη βοήθεια του λογισμικού Gpower 3.0.10 (Franz Faul, Universitat Kiel, Germany), για να διαπιστωθεί αν οι διαφορές ήταν μεγάλες ή μικρές σε σχέση με τον αριθμό των συμμετεχόντων που πήραν μέρος στην έρευνα.

## Αποτελέσματα

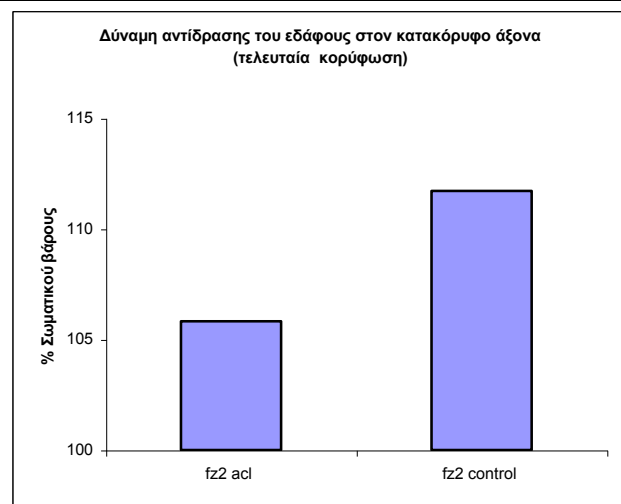
Στον κατακόρυφο άξονα η δεύτερη κορύφωση της δύναμης ήταν μικρότερη για το εγχειρισμένο σκέλος σε σχέση με το υγιές ( $p<0.05$ , πίνακας 1, γράφημα 3). Στον εγκάρσιο άξονα η δεύτερη κορύφωση της δύναμης παρουσιάστηκε μεγαλύτερη για το εγχειρισμένο σκέλος σε σχέση με το υγιές ( $p<0.05$ , πίνακας 1, γράφημα 5). Τέλος, παρατηρήθηκε ότι, στον προσοπίσθιο άξονα δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά της δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους των δυο σκελών.

**Πίνακας 2.** Δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους ανάμεσα στο εγχειρισμένου και το υγιές σκέλος των συμμετεχόντων (σχετικές τιμές % του σωματικού βάρους)

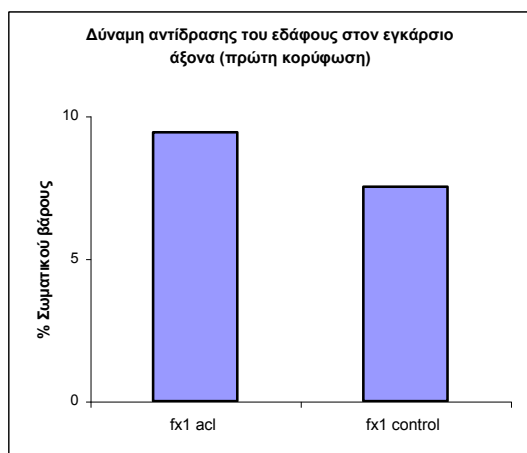
	ACL (mean & sd)	Control (mean & sd)	p	ES	Power
Fz 1 (% Σωμ.Βαρ.)	178.38 ±26.60	166.90 ±19.60	0.38	0.48	0.21
Fz 2 (% Σωμ.Βαρ.)	105.82 ±4.90	111.72 ±5.35	0.06	1.14	0.79
Fx 1 (% Σωμ.Βαρ.)	9.42 ±1.08	7.52 ±2.84	0.21	0.76	0.46
Fx 2 (% Σωμ.Βαρ.)	8.93 ±0.98	5.29 ±1.76	0.01	2.38	0.99
Fy 1 (% Σωμ.Βαρ.)	16.98 ±3.49	15.25 ±1.36	0.37	0.56	0.28
Fy 2 (% Σωμ.Βαρ.)	-17.91 ±2.12	-17.67 ±2.15	0.88	0.11	0.05



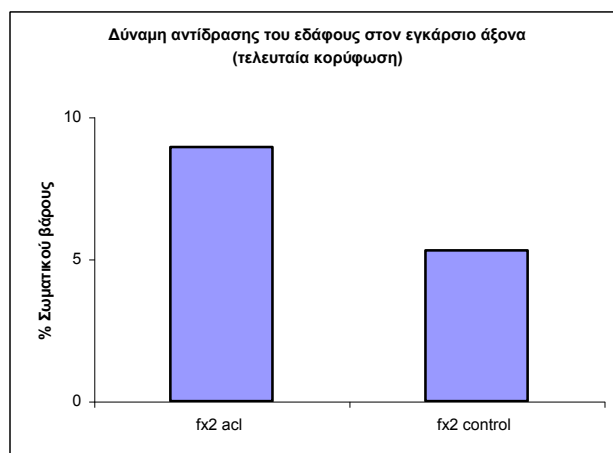
**Γράφημα 2.** Δύναμη στον κατακόρυφο άξονα ανάμεσα στο εγχειρισμένο (acl) και το υγιές σκέλος (control) των συμμετεχόντων



**Γράφημα 3.** Δύναμη στον κατακόρυφο άξονα ανάμεσα στο εγχειρισμένο (acl) και το υγιές σκέλος (control) των συμμετεχόντων



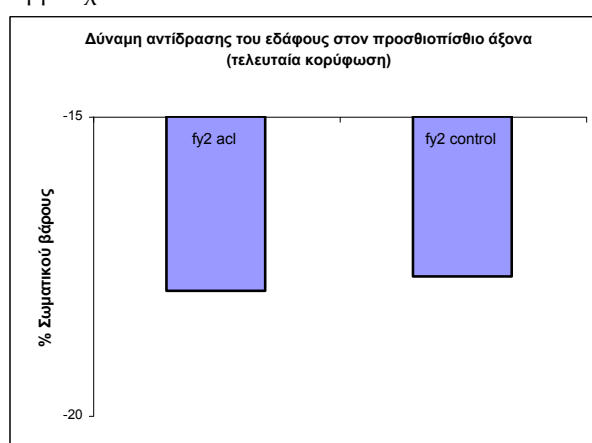
**Γράφημα 4.** Δύναμη στον εγκάρσιο άξονα ανάμεσα στο εγχειρισμένο (acl) και το υγιές σκέλος (control) των συμμετεχόντων



**Γράφημα 5.** Δύναμη στον εγκάρσιο άξονα ανάμεσα στο εγχειρισμένο (acl) και το υγιές σκέλος (control) των συμμετεχόντων



**Γράφημα 6.** Δύναμη στον προσθιοπίσθιο άξονα ανάμεσα στο εγχειρισμένο (acl) και το υγιές σκέλος (control) των συμμετεχόντων



**Γράφημα 7.** Δύναμη στον προσθιοπίσθιο άξονα ανάμεσα στο εγχειρισμένο (acl) και το υγιές σκέλος (control) των συμμετεχόντων

## Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι ανάμεσα στα δυο σκέλη (υγιές και εγχειρισμένο) υπήρχαν διαφορές στις μεταβλητές που εξετάστηκαν. Όσον αφορά στην κατακόρυφη δύναμη, το εγχειρισμένο σκέλος είχε μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το υγιές τη στιγμή της κρούσης (178.38 vs 166.90,  $p>0.05$ ). Η κατακόρυφη δύναμη κατά την αρχική στήριξη αντανάκλα την κρούση του ποδιού στο έδαφος και αντιπροσωπεύει την απορρόφηση της φόρτισης της κρούσης και όχι την ανάπτυξη μυϊκής δύναμης. Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη αυτή τόσο μικρότερη είναι και η ικανότητα για απορρόφηση της δύναμης του βάρους του σώματος. Επομένως, φαίνεται ότι το εγχειρισμένο σκέλος δεν κατάφερε να απορροφήσει τη δύναμη αυτή, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα διαφορετικό δυναμικό πρότυπο της πρώτης επαφής με το έδαφος σε σχέση με το υγιές. Η διαφορά μπορεί να οφείλεται στο διαφορετικό κινητικό πρότυπο και στην πιο «ελεγχόμενη» κίνηση του εγχειρισμένου σκέλους κατά τη συγκεκριμένη κίνηση. Η μετεγχειρητική ακινησία, αλλά πιθανόν και ο φόβος κάμψης του γόνατος κατά την προσγείωση για το εγχειρισμένο σκέλος, ενδεχομένως να συνέβαλαν στο παραπάνω γεγονός. Ωστόσο, η παραπάνω διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική και θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με επιφυλακτικότητα.

Αντίθετα, το εγχειρισμένο σκέλος ανέπτυξε μικρότερη δύναμη κατά την τελευταία κορύφωση της κατακόρυφης δύναμης, στη φάση δηλαδή της ώθησης (105.82 vs 111.72,  $p=0.06$ ). Παράγοντες που ενδεχομένως να συνέβαλαν στο γεγονός αυτό μπορεί να ήταν, και σε αυτή την περίπτωση, ο φόβος κάμψης του γόνατος του εγχειρισμένου σκέλους για την ώθηση του σώματος προς τα πάνω. Όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση του γόνατος κατά τη φάση αυτή τόσο καλύτερα μπορεί να λειτουργήσει το πόδι στήριξης ως μοχλός πάνω στον οποίο γίνεται η προώθηση προς τα εμπρός, και συνεπώς τόσο λιγότερη δύναμη είναι αναγκαία

προκειμένου να ολοκληρωθεί η φάση της στήριξης. Έχει βρεθεί ότι μετά την χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ παρουσιάζεται μικρότερη κάμψη στην άρθρωση του γόνατος κατά την απλή βάδιση για το εγχειρισμένο σκέλος (Georgoulis, et al., 2003; Patel, Hurwitz, Bush-Joseph, Bach, & Andriacchi 2003). Επιπλέον, οι Rudolph και Snyder-Mackler (2004), βρήκαν ότι άτομα με ρήξη του ΠΧΣ παρουσιάζουν μικρότερη κάμψη στην άρθρωση του γόνατος, για το πάσχων σκέλος, κατά τη δοκιμασία της καθόδου σκαλιού. Φαίνεται ότι οι συμμετέχοντες στην παρούσα έρευνα χρησιμοποίησαν το εγχειρισμένο σκέλος περισσότερο ως «στήριγμα» και όχι ως προωθητικό όργανο. Επίσης, είναι γεγονός ότι η μετεγχειρητική ακινησία, παρά το πρόγραμμα αποκατάστασης, ενδεχομένως να οδήγησε σε μυϊκή ατροφία. Ίσως, το χρονικό διάστημα των τριών μηνών να μην είναι αρκετό, προκειμένου οι εκτεινόντες και καμπτήρες μύες της άρθρωσης να φτάσουν τα προτραυματικά επίπεδα δύναμης.

Όσον αφορά στη δύναμη στον εγκάρσιο άξονα, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές για την πρώτη κορύφωση της δύναμης. Φάνηκε ότι τα δυο σκέλη παρήγαγαν την ίδια δύναμη κατά την κάθοδο των σκαλιών (9.42 vs 7.52,  $p>0.05$ ). Αντίθετα, η τελευταία κορύφωση της δύναμης βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στα δυο σκέλη. Συγκεκριμένα, το εγχειρισμένο σκέλος παρήγαγε μεγαλύτερη δύναμη σε σχέση με το υγιές στον συγκεκριμένο άξονα (8.93 vs 5.29,  $p<0.05$ ). Το γεγονός αυτό, της μεγαλύτερης αστάθειας του εγχειρισμένου σκέλους, ενδεχομένως να προκύπτει από μειωμένη μυϊκή δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος. Άλλος ένας παράγοντας που μπορεί να εξηγήει το παραπάνω αποτέλεσμα είναι ότι ενδεχομένως η χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ αποκαθιστά μόνο την προς τα εμπρός κίνηση της κνήμης, ενώ οι τροφικές κινήσεις της κνήμης δεν αποκαθίστανται σε δραστηριότητες μέτριας και υψηλής έντασης (Stergiou et al. 2007). Έρευνες έχουν δείξει ότι ενδεχομένως να μην επανέρχεται η τροφική κίνηση της άρθρωσης μετά την χειρουργική αποκατάσταση του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου. Κατά τη διάρκεια τροφικών λειτουργικών δοκιμασιών διαπιστώνεται αυξημένη εσωτερική στροφή της κνήμης, η οποία μετεγχειρητικά δεν εμφανίζεται φυσιολογική (Chouliaras, Ristanis, Moraiti, Stergiou, & Georgoulis 2007; Georgoulis, Ristanis, Chouliaras, Moraiti, & Stergiou 2006; Ristanis, et al., 2006; Ristanis, Stergiou, Patras, Vasiliadis, Giakas, & Georgoulis 2005; Stergiou et al., 2007;). Η αυξημένη τροφική κίνηση της κνήμης ενδεχομένως να οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερες τιμές στην δύναμη στον εγκάρσιο άξονα κατά τη τελευταία κορύφωση της δύναμης. Τα παραπάνω είναι πολύ σημαντικά, καθώς η αυξημένη εσωτερική στροφή της κνήμης μπορεί να οδηγήσει σε εκφυλισμό του χόνδρου και προοδευτική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος (Ristanis et al. 2006). Τέλος, οι δυνάμεις στον προσθοπίσθιο άξονα δε φάνηκε από τα αποτελέσματα να διαφέρουν ανάμεσα στα δυο σκέλη.

Στην παρούσα έρευνα έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της αποκατάστασης του ΠΧΣ σε μια απαιτητική καθημερινή κίνηση, όπως η κάθοδος σκαλιών. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν ως κύριες μεταβλητές προς αξιολόγηση οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους ανάμεσα στο εγχειρισμένο και το υγιές σκέλος των συμμετεχόντων. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι υπάρχουν διαφορές στα δυναμικά χαρακτηριστικά. Οι κυριότερες διαφορές αφορούν στην τελευταία κορύφωση της δύναμης στον κατακόρυφο άξονα, που ενδεχομένως να προκύπτει από την μικρή κάμψη του εγχειρισμένου σκέλους και την τελευταία κορύφωση δύναμης στον εγκάρσιο άξονα, που ενδεχομένως να προκύπτει από την αυξημένη τροφική κίνηση της άρθρωσης. Η αυξημένη επίδραση του μεγέθους του δείγματος και της ισχύος της έρευνας για τις παραπάνω διαφορές καταδεικνύει ακόμη περισσότερο το γεγονός ότι, μετεγχειρητικά, η κινητικότητα της άρθρωσης δεν επανέρχεται στο χρονικό διάστημα των τριών μηνών. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εκφυλισμό του χόνδρου και προοδευτική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος (Ristanis et al., 2006). Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο συνεχής λειτουργικός έλεγχος της αποκατάστασης της άρθρωσης, περισσότερο δε όταν πρόκειται για ασκούμενους, πριν την επιστροφή τους σε αθλητικές δραστηριότητες.

Ο κυριότερος περιορισμός της έρευνας ήταν ότι δεν εξετάστηκαν τα κινηματικά στοιχεία της κίνησης, όπως οι γωνίες των αρθρώσεων. Το γεγονός όμως ότι υπάρχει σχετική βιβλιογραφία αναφορικά με τις γωνίες της άρθρωσης κατά τη διάρκεια της απλής βάδισης σε άτομα που έχουν υποβληθεί σε χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ, ενδεχομένως να μειώνει τον κίνδυνο εσφαλμένης γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Επίσης, δεν εξετάστηκαν στοιχεία σχετικά με τη μυϊκή ροπή των σκελών των συμμετεχόντων, τα οποία ενδεχομένως να είναι σημαντικά στην εξήγηση των αποτελεσμάτων. Σε κάθε περίπτωση η συγκεκριμένη έρευνα, χωρίς εξαντλητικό χαρακτήρα, βασίστηκε στα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, όπως αναπτύχθηκαν στη μεθοδολογία. Τέλος, ο αριθμός των συμμετεχόντων ίσως να μην ήταν αρκετά μεγάλος, καθώς είναι υπαρκτή η δυσκολία της εύρεσης ασκούμενων που να δεχθούν να συμμετάσχουν σε αξιολογήσεις, μετεγχειρητικά. Μελλοντικές έρευνες, με μεγαλύτερο δείγμα, εξετάζοντας και στοιχεία της κίνησης (κινηματικά, μυϊκά), ίσως να ρίξουν περισσότερο φως στην αποτελεσματικότητα της αποκατάστασης του ΠΧΣ.

Συμπερασματικά, μπορεί να αναφερθεί ότι η κινητικότητα της άρθρωσης του γόνατος δεν επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα τρεις μήνες μετά τη χειρουργική αποκατάσταση του ΠΧΣ, όσον αφορά



«απαιτητικές» καθημερινές κινήσεις, όπως η κάθοδος σκαλιών. Για το λόγο αυτό, είναι αναγκαίος ο συνεχής έλεγχος λειτουργικών δοκιμασιών αποκατάστασης της άρθρωσης, ειδικότερα όταν πρόκειται για ασκούμενους. Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς, η παρούσα έρευνα μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της επιστημονικής γνώσης πάνω στην αποκατάσταση του ΠΧΣ.

### Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η ρήξη του ΠΧΣ αποτελεί συχνή κάκωση του γόνατος και συναντάται όλες τις ομάδες του πληθυσμού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μόνο στις Η.Π.Α., τα περιστατικά ρήξης του συνδέσμου, είναι περίπου 100.000 κάθε χρόνο (Griffin, Agel, Albohm, & Arendt 2000). Η ρήξη του ΠΧΣ καθιστά τον ασθενή λιγότερο ικανό να αντεπεξέλθει σε καθημερινές αλλά και αθλητικές δραστηριότητες ενώ υποστηρίζεται ότι οδηγεί σε προοδευτική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος και βλάβες των μηνίσκων, ακόμη και μετά τη χειρουργική αποκατάσταση του. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο συνεχής έλεγχος λειτουργικών δοκιμασιών αποκατάστασης της άρθρωσης, προκειμένου να προληφθεί και να αντιμετωπιστεί έγκαιρα, η μη φυσιολογική κίνηση της άρθρωσης που μπορεί να οδηγήσει σε παθήσεις της άρθρωσης.

### Βιβλιογραφία

- Andriacchi, T. P., & Dyrby, C. O. (2005). Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *Journal of Biomechanics* 38(2), 293-298.
- Beynon, B. D., Johnson, R. J., Abate, J. A., Fleming, B. C., & Nichols, C. E. (2005). Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 2. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(10), 1579-1602.
- Chouliaras, V., Ristanis, S., Moraiti, C., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2007). Effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with quadrupled hamstrings and bone-patellar tendon-bone autografts: an in vivo study comparing tibial internal-external rotation. *American Journal of Sports Medicine* 35(2), 189-196.
- Finsterbush, A., Frankl, U., Matan, Y., & Mann, G. (1990). Secondary damage to the knee after isolated injury of the anterior cruciate ligament. *American Journal Sports Medicine*, 18(5), 475-479.
- Georgoulis, A., Papadonikolakis, A., Papageorgiou, C., Mitsou, A., & Stergiou, N. (2003). Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *American Journal of Sports Medicine*, 31, 75-79.
- Georgoulis, A., Ristanis, S., Chouliaras, V., Moraiti, K., & Stergiou, N. (2006). Tibial rotation is not restored after ACL Reconstruction with a hamstring graft. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 454, 89-94.
- Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., & Arendt, E. A. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of orthopaedic academics*, 8(3), 141-150.
- Lafortune, M., Cavanagh, P., Sommer, H., & Kalenak, A. (1992). Three-dimensional kinematics of the human knee during walking. *Journal of Biomechanics* 25(4), 347-357.
- Patel, R., Hurwitz, D., Bush-Joseph, C., Bach, B., & Andriacchi, T. (2003). Comparison of clinical and dynamic knee function in patients with anterior cruciate ligament deficiency. *American Journal of Sports Medicine*, 31, 68-74.
- Renstrom, P. A., (1995). Knee pain in tennis players. *Clinics on Sports Medicine*, 14, 163-175.
- Ristanis, S., Giakas, G., Papageorgiou, C. D., Moraiti, T., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2003). The effects of anterior cruciate ligament reconstruction on tibial rotation during pivoting after descending stairs. *Knee*, 11, 360-365.
- Ristanis, S., Stergiou, N., Patras, K., Tsepis, E., Moraiti, K., & Georgoulis A. (2006). Follow-up evaluation 2 years after ACL reconstruction with bone-patellar tendon-bone grafts shows that excessive tibial rotation persists. *Clinical Journal of Sports Medicine* 16(2), 111-116.
- Ristanis, S., Stergiou, N., Patras, K., Vasiliadis, H. S., Giakas, G., & Georgoulis, A. D. (2005). Excessive tibial rotation during high-demand activities is not restored by anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 21(11), 1323-1329.
- Roos, H., Adalberth, T., Dahlberg, L., & Lohmander, L. S. (1995). Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age. *Osteoarthritis Cartilage*, 3(4), 261-267.

- Rosenberg, L. S., & Sherman, M. F. (1992). Meniscal injury in the anterior cruciate-deficient knee. A rationale for clinical decision-making. *Sports Medicine*, 13(6), 423-432.
- Rudolph, K., & Snyder-Mackler, L. (2004). Effect of dynamic stability on a step task in ACL deficient individuals. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 565-575
- Stergiou, N., Ristanis, S., Moraiti, C., & Georgoulis D. A. (2007). Tibial rotation in anterior cruciate ligament-deficient and ACL -reconstructed knees. *Sports Medicine* 37(7), 601-613.

---

**Υπεύθυνος έκδοσης:** Ελληνική Ακαδημία Φυσικής Αγωγής, **Υπεύθυνος συντακτικής επιτροπής:** Γιάννης Θεοδωράκης, **Επιμελητές έκδοσης:** Βάσω Ζήση, Βασίλης Γεροδήμος, Αντώνης Χατζηγεωργιάδης, Θανάσης Τσιόκανος, Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Γιώργος Τζέτζης, Θωμάς Κουρτέσης, Ευάγγελος Αλμπανίδης, Κων/να Δίπλα. **Διαχείριση-επιμέλεια-στοιχειοθεσία:** Στέφανος Πέρκος, Βασίλης Μπούγλας.

**Editor -in- Chief:** Hellenic Academy of Physical Education, **Head of the editorial board:** Yannis Theodorakis, **Editorial Board:** Vaso Zissi, Vasilis Gerodimos, Antonis Chatzigeorgiadis, Thanassis Tsiokanos, Athanasios Jamurtas, Giorgos Tzetzis, Thomas Kourtessis, Evangelos Albanidis, Konstantina Dipla. **Editorial management:** Stefanos Perkos, Vasilis Bouglas.