



Επίδραση της Κόπωσης στην Αντίληψη της Θέσης Άρθρωσης του Γόνατος σε Αθλήτριες
Ελμίνα Ροδίτη^{1,2}, Θεμιστοκλής Τσαταλάς³, Αντώνης Χατζηγεωργιάδης¹, Αθανάσιος Τζιαμούρτας^{1,3},
Βασίλειος Γεροδήμος¹, Ιωάννης Κουτεντάκης^{1,3}, & Χριστίνα Καρατζαφέρη¹
¹ Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
² Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
³ Ινστιτούτο Σωματικής Απόδοσης και Αποκατάστασης, ΚΕΤΕΑΘ

Περίληψη

Ο μυϊκός κάματος, έχει ως αποτέλεσμα μια γενική μείωση στην ικανότητα αντίληψης της θέσης άρθρωσης/μέλους, μείωση του κινητικού ελέγχου και μείωση της ιδιοδεκτικότητας. Επίσης έχει παρατηρηθεί από κάποιους ερευνητές ότι όταν τα επίπεδα οιστρογόνων και προγεστερόνης είναι αυξημένα, τότε η κιναισθησία και ο νευρομυϊκός συντονισμός ελαττώνονται. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθούν οι τυχόν επιδράσεις των φυσιολογικών αλλαγών που παρατηρούνται στα επίπεδα ορμονών, σε δύο φάσεις του εμμηνοκύκλου, στην αντίληψη της θέσης της άρθρωσης του γόνατο (ιδιοδεκτικότητα) στην ηρεμία και μετά από κάματο. Το δείγμα αποτέλεσαν 10 αθλήτριες, 18-25 ετών, με ύψος 164,2±9,2 cm, βάρος 59,5±5,5Kg, ποσοστό σωματικού λίπους 21,2±4,5%. Χρησιμοποιήθηκε ισοκινητικό δυναμόμετρο (CYBEX®, Ronkoko, NY) για τη μέτρηση της ιδιοδεκτικότητας και για την πραγματοποίηση της διαδικασίας καμάτου. Έγινε μέτρηση της ιδιοδεκτικότητας στην άρθρωση του γόνατος σε 3 γωνίες κάμψης 30ο, 45ο και 60ο (με τις 0ο στην πλήρη έκταση) με τις εξεταζόμενες να βρίσκονται σε καθιστή θέση στο ισοκινητικό δυναμόμετρο. Έπειτα πραγματοποιήθηκε πρωτόκολλο καμάτου και αμέσως μετά επαναλήφθηκε η μέτρηση για την ιδιοδεκτικότητα. Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (2X2). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική επίδραση των φάσεων του εμμηνοκύκλου ούτε του πρωτοκόλλου καμάτου στην ιδιοδεκτικότητα της άρθρωσης του γόνατος στις 45° ($p>.05$) και στις 30° κάμψης γόνατος ($p>.05$), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση φάσης κύκλου και μυϊκού καμάτου για τις ίδιες γωνίες ($p>.05$) καθώς και για τη γωνία των 60ο. Αντίθετα βρέθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του πρωτοκόλλου καμάτου στην αντίληψη της θέσης της άρθρωσης του γόνατος στις 60ο ($p=.041$) και στις δύο φάσεις του κύκλου. Η επίδραση όμως των φάσεων του εμμηνοκύκλου στην ιδιοδεκτικότητα στις 60ο συνολικά, αν και εμφανής, δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=.082$). Συμπερασματικά η φάση του εμμηνοκύκλου δεν φαίνεται να επιδρά στην αντίληψη της θέσης της άρθρωσης του γόνατος στις εξεταζόμενες γωνίες. Η όποια επίδραση του καμάτου στην αντίληψη της θέσης της άρθρωσης του γόνατος φαίνεται να εξαρτάται από την εξεταζόμενη γωνία κάμψης.

Λέξεις κλειδιά: *Ιδιοδεκτικότητα, αντίληψη θέσης άρθρωσης, γυναίκες αθλήτριες, οιστραδιόλη, προγεστερόνη*

The Effects of Fatigue on Knee Joint Position Sense in Female Athletes

Elmina Roditi^{1,2}, Themistoklis¹Tsatalas³, Antonis¹Hatzigeorgiadis, Athanassios¹Jamurtas³,
VasileiosGerodimos¹, Yiannis¹Koutedakis³, ChristinaKaratzafiri¹

¹ Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Thessaly, Trikala, Hellas

² Department of Physical Education & Sport Science, Dimokriteio University of Thrace, Hellas

³ Institute of Human Performance and Rehabilitation, CERETETH

Abstract

The effects of muscle fatigue include a decrease of angle position sense (proprioception) and a decrease of movement control in static balance examination. It has been reported that when the values of estrogen and progesterone increase, kinesthesia and neuromuscular coordination decrease. The aim of this study was to examine the possible effect of menstrual cycle phases on the angle position sense of the knee joint before and after fatigue of the knee's extensor and flexor muscles. Ten women athletes, 18-25 years old, (height 164.2 ± 9.2 cm, weight 59.5 ± 5.5 Kg, and percentage of body fat $21.2 \pm 4.5\%$) volunteered for this study. An isokinetic dynamometer (CYBEX®, Ronkoko, NY) was used to evaluate angle position sense and to perform a fatigue protocol. We measured knee joint position sense at rest and after a fatigue protocol of the knee extensors and flexors, at 3 knee flexion's target angles, 30° , 45° and 60° , (with the full extension taken as 0° position). We used a statistical analysis of variance in repeated measures with two factors (2×2). A non-statistically significant effect of menstrual phases was observed in knee joint position sense in 45° ($p > .05$) and in 30° ($p > .05$), at rest and at fatigue. There was no statistically significant interaction between the phase of menstrual cycle and fatigue in 45° and 30° ($p > .05$). Fatigue significantly affected knee joint position sense at 60° ($p = .041$), in both phases of the menstrual cycle. The main effect of the menstrual phases on knee joint position sense at 60° , while apparent, was not statistically significant ($p = .082$). We found no statistically significant interaction between the phase of menstrual cycle and fatigue, at 60° ($p > .05$). Based on our results, the phase of the menstrual cycle seems not to affect knee joint position sense in the examined angles (30° , 45° and 60°). The effect of the localized fatigue protocol on the knee joint position sense seems to depend on the examined knee joint angle and appears independent of the menstrual cycle phase.

Key words: *proprioception, knee joint position sense, women athletes, fatigue, estrogen, progesterone.*

Εισαγωγή

Η ιδιοδεκτικότητα και η κιναισθησία είναι ιδιότητες που βοηθούν στον έλεγχο του φυσιολογικού εύρους κίνησης, της θέσης άρθρωσης, της διάταξης των μυών και των συνδέσμων (Hertel et al., 2006) ενώ με τη σωστή λειτουργία τους συμβάλουν στην πρόληψη πρόκλησης τραυματισμών. Τα τελευταία χρόνια, έρευνες που διερευνούν τη συχνότητα τραυματισμών, αναφέρουν ότι οι γυναίκες που ασχολούνται με κάποιο ομαδικό άθλημα (π.χ καλαθοσφαίριση, ποδόσφαιρο, χειροσφαίριση, κ.α) εμφανίζουν περισσότερους τραυματισμούς στους συνδέσμους του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης από ότι οι άνδρες συναθλητές τους (Kaiser, 1998). Έχει αναφερθεί μάλιστα ότι στις γυναίκες οι περισσότεροι τραυματισμοί που δεν προέρχονται από επαφή εμφανίζονται στην θυλακική φάση του έμμηνου κύκλου ενώ φαίνεται να υπάρχει μείωση των τραυματισμών κατά την ωχρινική φάση (Hertel et al., 2006).

Ένα αίτιο για τη μείωση της ιδιοδεκτικότητας, του κινητικού ελέγχου και του νευρομυϊκού συντονισμού είναι ο και ακραίος μυϊκός κάματος (Committee on Sports Medicine and Fitness, 2000; Hewett, 2000; Johnston Johnston, Howard, Cawley & Losse, 1998). Επίσης, η αντίληψη της θέσης άρθρωσης (ιδιοδεκτικότητα) του γόνατος φαίνεται να επηρεάζεται από τα αυξημένα επίπεδα φορτίου και κατ'επέκταση από τον κάματο σε έκκεντρες ασκήσεις, όπως επίσης φαίνεται να επηρεάζεται και η γωνία αντίδρασης της άρθρωσης (ενδιάμεσος χρόνος από την απελευθέρωση του βραχίονα του ισοκινητικού δυναμόμετρου μέχρι την στιγμή συγκράτησης του βραχίονα από το κάτω άκρο) από αυτούς τους παράγοντες (Paschalis et al., 2008). Έρευνήτες που μελέτησαν τα κινηματικά χαρακτηριστικά σε άλματα από ημικάθισμα (squat) σε υγιείς γυναίκες μετά από διαφορετικά πρωτόκολλα κάματος με κυκλοεργόμετρο συμπέραναν ότι, όποια άσκηση οδηγεί σε κάματο μπορεί να προξενήσει αλλαγές στην ικανότητα αναπαραγωγής της γωνίας του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης (Lattanzio, Petrella, Sproule & Fowler, 1997). Έρευνα που έγινε για τις επιδράσεις του κάματος στην ισορροπία έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μείωση του κινητικού ελέγχου σε στατικές δοκιμασίες ισορροπίας μετά από παρατεταμένη άσκηση. Αυτό υποστηρίζει την άποψη ότι μετά από κάματο υπάρχει αυξημένη πιθανότητα τραυματισμού εξαιτίας της μειωμένης ισορροπίας (Johnston et al., 1998). Τέλος σε μελέτη των Paschalis et al. (2008) φάνηκε ότι η ιδιοδεκτικότητα άρθρωσης του γόνατος επηρεάστηκε από το αυξημένο φορτίο της άσκησης και την παρουσία κάματος στο εξεταζόμενο μέλος. Συγκεκριμένα, εξετάζοντας το δείγμα από πρηνή θέση, οι μελετητές ανέφεραν μια τάση να τοποθετείται το μέλος σε πιο εκτατική θέση (μεγαλύτερο μήκος μυός) από αυτή της γωνίας στόχου, σε σύγκριση με την ικανότητα τοποθέτησης του μέλους στην γωνία στόχο πριν από την εφαρμογή του πρωτοκόλλου κάματος.

Η διεθνής βιβλιογραφία αναφέρει επίσης ότι οι μεταβολές στα επίπεδα ορμονών στις γυναίκες ίσως επιδρούν στις ιδιοδεκτικές και νευρομυϊκές λειτουργίες, στην κιναισθησία και στην χαλαρότητα της άρθρωσης του γόνατος (Friden, Hirschberg, & Saartok, 2006; Rozzi, Lephart & Fu, 1999). Όταν τα επίπεδα οιστρογόνων και προγεστερόνης είναι αυξημένα η κιναισθησία και ο νευρομυϊκός συντονισμός ελαττώνονται (Hewett, 2000). Κατά το τελευταίο στάδιο της οιστρογονικής (θυλακικής) φάσης υπάρχει αύξηση της μυϊκής ισομετρικής δύναμης σε σύγκριση με τις 3 πρώτες μέρες της εμμηνου ρύσεως, ενώ κατά την φάση της ωορρηξίας η ισομετρική δύναμη μειώνεται (Cable & Elliot, 2004). Αντίθετα με τις παραπάνω απόψεις, οι Hertel και οι συνεργάτες του (2006), υποστηρίζουν ότι η νευρομυϊκή ικανότητα και η χαλαρότητα των τενόντων δεν επηρεάζονται από τη φάση και τα επίπεδα ορμονών του καταμηνίου κύκλου της κάθε αθλήτριας. Η πιθανή μείωση της αποτελεσματικότητας των νευρομυϊκών αισθητηριακών λειτουργιών, όπως η ιδιοδεκτικότητα, η κιναισθησία και η ισορροπία του σώματος λόγω μεταβολών των ορμονών, θα μπορούσαν να αποτελέσουν προάγγελο για εμφάνιση τραυματισμών στα κάτω άκρα (Engstrom, Johansson, & Tornkvist, 1991; Junge, & Dvorak, 2004). Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθούν οι τυχόν επιδράσεις των φυσιολογικών αλλαγών που παρατηρούνται στα επίπεδα οιστρογόνων και προγεστερόνης, σε δύο φάσεις του έμμηνου κύκλου, στην αντίληψη της θέσης της άρθρωσης στο γόνατο (ιδιοδεκτικότητα) του κυρίαρχου κάτω άκρου στην ηρεμία και μετά από κάματο.

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων (n=10).

	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Τοπική Απόκλιση
Ύψος (εκστ.)	149	183	164.2	9.2
Βάρος (Κιλά)	51.0	69.5	59.5	5.6
Σωματικό Λίπος *%	15.4	29.4	21.240	4.6

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Το δείγμα αποτέλεσαν 10 εν ενεργεία γυναίκες αθλήτριες ομαδικών αθλημάτων ηλικίας 18 - 25 ετών, και με σταθερό καταμηνίο κύκλο (τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά αξιολογήθηκαν την ημέρα που έγινε προσδιορισμός του κυρίαρχου κάτω άκρου, μια εβδομάδα πριν από την πρώτη πειραματική συνεδρία. Κριτήρια αποκλεισμού αποτέλεσαν: προπονητική ηλικία μικρότερη των 3 ετών, τραυματισμός στα κάτω άκρα τουλάχιστον ένα έτος πριν από την πραγματοποίηση της μέτρησης, πόνοι στα κάτω άκρα, γυναικολογικές παθήσεις και μη σταθερός εμμηνορρυσιακός κύκλος ή κύκλος χωρίς μεταβολές στην πρωινή θερμοκρασία. Η μελέτη έλαβε έγκριση από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του ΤΕΦΑΑ, ΠΘ και ζητήθηκε από τις εθελόντριες έντυπη συναίνεση συμμετοχής στη μελέτη.

Διαδικασία

Οι εθελόντριες που ανταποκρίθηκαν στην διαφήμιση της μελέτης προσήλθαν σε πρώτη ενημερωτική συνάντηση. Εφόσον πληρούσαν τα βασικά κριτήρια συμμετοχής τους δόθηκαν έντυπα καταγραφής της θερμοκρασίας. Τα έντυπα επεστράφησαν στους ερευνητές μετά από δύο μήνες. Έγινε η αξιολόγηση των εντύπων και κλήθηκαν οι εθελόντριες που πληρούσαν τα κριτήρια να συμμετάσχουν.

Μια εβδομάδα πριν την 1^η πειραματική συνεδρία σε πρωινή ώρα πραγματοποιήθηκαν η σωματομετρική αξιολόγηση με μέτρηση ύψους, βάρους και επτά δερματοπτυχών (Brozek & Henschel, 1961) και έγινε ο προσδιορισμός του κυρίαρχου κάτω άκρου. Η εκτίμηση του ποσοστού σωματικού λίπους έγινε με την εξίσωση κατά Siri.

Οι δύο πειραματικές συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν σε πρωινή ώρα (08:00-12:00) και μέσα στον ίδιο εμμηνορρυσιακό κύκλο (26 έως 30 ημέρες ανάλογα με τη δοκιμαζόμενη). Πριν από κάθε πειραματική συνεδρία πραγματοποιήθηκε αιμοληψία από μικροβιολόγο για την επιβεβαίωση της φάσης του κύκλου με τον προσδιορισμό των επιπέδων ορμονών. Κατά τη διάρκεια των πειραματικών συνεδριών οι αθλήτριες πραγματοποίησαν την αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας του γόνατος πριν και μετά από κάματο στο κυρίαρχο κάτω άκρο (συνολικά δύο φορές ανά πειραματική συνεδρία).

Η πρώτη πειραματική συνεδρία έγινε σε ημέρα του κύκλου που αντιστοιχούσε στο πρώτο μισό της θυλακικής φάσης, δηλ. 5^η -6^η μέρα του εμμήνου κύκλου (οιστραδιόλη 18.0 – 147.0 pg/mL- και Prg 0.50 – 4.50 nmol/L). Η δεύτερη πειραματική συνεδρία έγινε σε ημέρα του κύκλου που αντιστοιχούσε στη μέση-ωχρινική φάση, (οιστραδιόλη 43.0 – 214.0 pg/mL και Prg 4.77 – 63.5 nmol/L) η οποία ορίζεται 7 μέρες μετά την ωορρηξία (δηλ. 20^η -23^η ημέρα του κύκλου) με ταυτόχρονη αύξηση της Prg στον ορό αίματος (DeGroot & Jameson, 2006).

Όργανα Μέτρησης

Για την καταγραφή και προσδιορισμό του εμμηνορρυσιακού κύκλου χρησιμοποιήθηκε αρχικά ένα έντυπο «καταγραφής θερμοκρασίας» του εμμηνορρυσιακού κύκλου (2 μηνών), και στην συνέχεια αιματολογικές εξετάσεις για τον ακριβή προσδιορισμό της φάσης του κύκλου στις 2 πειραματικές συνεδρίες (επίπεδα οιστρογόνων (E2) και προγεστερόνης (Prg)). Για την πραγματοποίηση της προθέρμανσης χρησιμοποιήθηκε κυκλοεργόμετρο τύπου Monark (Vansbro, Sweden). Για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου κάτω άκρου των εξεταζόμενων χρησιμοποιήθηκε ισοκινητικό δυναμόμετρο (CYBEX NORM®, Ronkokoma, NY). Για την αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας χρησιμοποιήθηκε το ίδιο ισοκινητικό δυναμόμετρο εφαρμόζοντας ένα δημοσιευμένο πρωτόκολλο αξιολόγησης ιδιοδεκτικότητας (Paschalis et al., 2008). Το πρωτόκολλο κάματος (Manou, Arseniou, Gerodimos & Kellis, 2002) πραγματοποιήθηκε επίσης στο ισοκινητικό δυναμόμετρο.

Καθορισμός φάσεων του κύκλου: Μετά την πρώτη επιλογή εθελοντριών που πληρούσαν τα κριτήρια, δόθηκε στο δείγμα το έντυπο «καταγραφής θερμοκρασίας» στο οποίο καταγραφόταν η καθημερινή πρωινή θερμοκρασία των αθλητριών για δύο εμμηνορρυσιακούς κύκλους, από τις ίδιες. Η καταγραφή θερμοκρασίας έγινε με ηλεκτρονικό θερμόμετρο εμπορίου με κλίμακα 0.1°C. Η θερμομέτρηση γινόταν από το στόμα νωρίς το πρωί αμέσως μετά το ξύπνημα και πριν την έγερση. Ως πρώτη ημέρα του κύκλου σημειώθηκε η πρώτη μέρα της εμμηνορρυσίας και ως τελευταία η ημέρα πριν την έναρξη του δεύτερου κύκλου εμμηνορρυσίας. Τα ερωτηματολόγια επιστράφηκαν πριν την έναρξη των μετρήσεων. Ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε για την αρχική εκτίμηση της διάρκειας των διαφορετικών φάσεων του κύκλου (Vollman, 1977) η οποία κατόπιν επιβεβαιώθηκε με ορμονικό έλεγχο. Οι εθελόντριες με άστατο κύκλο, με ημιτελώς συμπληρωμένα έντυπα ή με ανυπαρξία μεταβολών θερμοκρασίας αποκλείστηκαν από την μελέτη. Με βάση τα έντυπα καταγραφής θερμοκρασίας επελέγησαν οι ημέρες για την διεξαγωγή των πειραματικών συνεδριών. Όπως προαναφέραμε, πριν από την κάθε πειραματική συνεδρία πραγματοποιήθηκε αιμοληψία από μικροβιολόγο για την τελική επιβεβαίωση της φάσης του κύκλου με τον προσδιορισμό των επιπέδων ορμονών οιστραδιόλης (E2), προγεστερόνης (Prg) στο αίμα.

Ορμονικές Αναλύσεις: Υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις οιστραδιόλης και προγεστερόνης, στον ορό αίματος με τη μέθοδο Eliza. Η συγκέντρωση προγεστερόνης στον ορό μεγαλύτερη των 16 nmol⁻¹ επιβεβαιώνει την ωορρηξία (DeGroot, 2006). Η συγκέντρωση προγεστερόνης στον ορό μεταξύ 0.5-4.5 nmol/L και οιστραδιόλης στα 18-147 pg/mL ορίζει το πρώτο μισό της θυλακικής φάσης (1-7 μέρα), ενώ η συγκέντρωση προγεστερόνης στον ορό στα 4.77-63.5 nmol/mL και οιστραδιόλης στα 43-214 pg/mL μας δείχνει την παρουσία της μέσο-ωχρινικής φάσης (DeGroot & Jameson, 2006).

Προσδιορισμός Κυρίαρχου Κάτω Άκρου: Ο προσδιορισμός του κυρίαρχου κάτω άκρου έγινε μία εβδομάδα πριν από την 1η πειραματική συνεδρία, με βάση την αξιολόγηση της μέγιστης ροπής και στα δύο κάτω άκρα, στο ισοκινητικό δυναμόμετρο. Οι δοκιμαζόμενες προσήλθαν στο εργαστήριο πρωινή ώρα φορώντας αθλητική περιβολή. Συγκεκριμένα πριν τη δοκιμασία πραγματοποιήθηκαν προθέρμανση σε κυκλοεργόμετρο Monark (Vansbro, Sweden), διάρκειας 7 min, σε ταχύτητα 70-80rpm και αντίσταση 80watt και πέντε λεπτά διατάσεις για τους εκτεινόντες και καμπήρες του γόνατος. Ο προσδιορισμός του κυρίαρχου κάτω άκρου πραγματοποιήθηκε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (CYBEX NORM®, Ronkokoma, NY) και περιλάμβανε 5 μέγιστες επαναλήψεις έκτασης και κάμψης της άρθρωσης του γόνατος με ομόκεντρο (σύγκεντρο) τρόπο σε σταθερή γωνιακή ταχύτητα 120° /1' ξεχωριστά και στα δύο κάτω άκρα, σύμφωνα με δημοσιευμένο πρωτόκολλο (Manou, Arseniou, Gerodimos & Kellis, 2002). Το εύρος κίνησης ήταν 110°, από 5° έως 115° με τις 0° (ανατομικό μηδέν) να βρίσκονται στην πλήρη έκταση του γόνατος. Τέλος έγινε διόρθωση για την επίδραση του βάρους του εξεταζόμενου μέλους στην τιμή της ροπής (Manou, Arseniou, Gerodimos & Kellis, 2002).

Δοκιμασία ιδιοδεκτικότητας: Η αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας του γόνατος, δηλ. της αντίληψης της θέσης του άρθρωσης του γόνατος πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με δημοσιευμένο πρωτόκολλο (Pas-

chalis et al., 2008), πριν και μετά από ένα πρωτόκολλο μυϊκού κάματος, σε δύο ξεχωριστές πειραματικές συνεδρίες. Εν συντομία η διαδικασία είναι η εξής: η κάθε εξεταζόμενη βρισκόταν σε καθιστή θέση. Ο ερευνητής τοποθετούσε το επιλεγμένο κάτω άκρο της δοκιμαζόμενης με τυχαία σειρά στις 30°, 45° και 60° κάμψης του γόνατος για 10 δευτερόλεπτα (ενώσω η δοκιμαζόμενη δεν συμμετείχε ενεργητικά στην διαδικασία και δεν έβλεπε την κίνηση του γόνατος). Έπειτα ζητήθηκε από κάθε εξεταζόμενη να επανατοποθετήσει μόνη της το μέλος της στην γωνία που προηγήθηκε εκτελώντας εκτατική κίνηση από τις 90° κάμψης προς τις 0° όπου ήταν και η πλήρης έκταση. Όταν οι εξεταζόμενες ήταν ικανοποιημένες για τη γωνία που διάλεξαν, διατηρούσαν το μέλος σε αυτή τη θέση για 2 δευτερόλεπτα. Πραγματοποιήθηκαν τρεις προσπάθειες για κάθε γωνία και ως τελικό αποτέλεσμα υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών.

Πρωτόκολλο Μυϊκού Κάματος: Το πρωτόκολλο κάματος περιλάμβανε 1 σετ με συνεχόμενες επαναλήψεις έκτασης - κάμψης της άρθρωσης του γόνατος στο ισοκινητικό δυναμόμετρο με ομόκεντρο τρόπο σε σταθερή γωνιακή ταχύτητα 120°/ 1". Ζητήθηκε από τις δοκιμαζόμενες να διατηρούν την ροπή στόχο πάνω από το 50% της μέγιστης ροπής, όπως αυτή μετρήθηκε μια εβδομάδα νωρίτερα κατά τον προσδιορισμό του κυρίαρχου κάτω άκρου. Οι αθλήτριες εκτέλεσαν επαναλήψεις μέχρι η καταγραμμένη ροπή, σε τρεις συνεχόμενες επαναλήψεις, να μειωθεί στο 50% της μέγιστης ροπής (Manou, Arseniou, Gerodimos & Kellis, 2002).

Στατιστική Ανάλυση

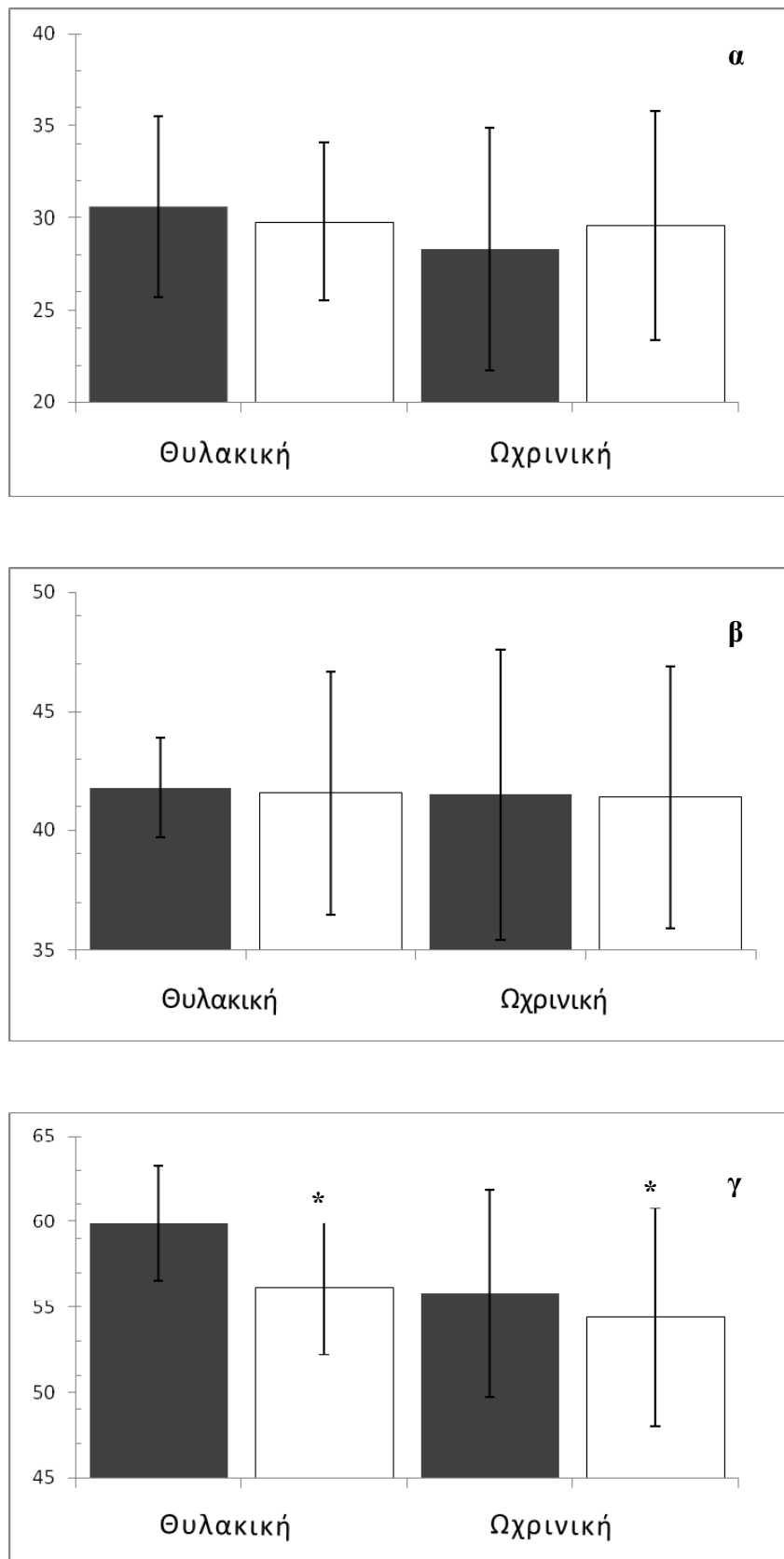
Έγινε περιγραφική στατιστική και οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσος όρος και τυπική απόκλιση (ΜΟ± ΤΑ). Επίσης πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες (2-way ANOVA with repeated measures). Ο πρώτος παράγοντας ήταν ο μυϊκός κάματος (δύο επίπεδα: πριν τον κάματο και μετά τον κάματο) και ο δεύτερος παράγοντας ήταν η φάση του κύκλου (δύο επίπεδα: θυλακική και ωχρινική φάση).

Αποτελέσματα

Από τα αποτελέσματα φάνηκε να μην υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση των φάσεων του εμμήνου κύκλου ($p>.05$) όπως ούτε και του παράγοντα κάματος ($p>.05$) στην ιδιοδεκτικότητα στις 30° και τις 45°. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι στη θυλακική φάση του έμμηνου κύκλου οι αθλήτριες έχοντας ως στόχο την γωνία των 30° πραγματοποίησαν τιμή γωνίας $30.6° \pm 4.9°$ πριν τον κάματο ενώ μετά τον κάματο η τιμή της επιτευχθείσας γωνίας μειώθηκε, μη στατιστικά σημαντικά, στις $29.8° \pm 4.3°$. Στην ωχρινική φάση η επιτευχθείσα τιμή για τη γωνία στόχου 30° ήταν $28.3° \pm 6.6°$ πριν την εφαρμογή κάματος ενώ μετά την εφαρμογή κάματος η επιτευχθείσα τιμή ήταν $29.6° \pm 6.2°$ (Γράφημα 1α). Επίσης, και για τη γωνία των 45° κάμψης γόνατος δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των φάσεων του κύκλου ($p>.05$), ούτε του παράγοντα κάματος ($p>.05$). Εδώ η επιτευχθείσα τιμή για τη γωνία στόχου των 45° στην θυλακική φάση ήταν $41.8° \pm 2.1°$ πριν από τον κάματο, ενώ μετά τον κάματο η επιτευχθείσα τιμή για τη γωνία στόχου των 45° ήταν $41.6° \pm 5.1°$. Στην ωχρινική φάση η επιτευχθείσα τιμή της γωνίας με στόχο τις 45° πριν τον κάματο ήταν $41.5° \pm 6.1°$ ενώ μετά τον κάματο η επιτευχθείσα τιμή για τη γωνία στόχου των 45° ήταν $41.4° \pm 5.5°$ (Γράφημα 1β). Προσδιορίζοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων φάση κύκλου και κάματος δεν βρήκαμε κάποιο στατιστικά σημαντικό εύρημα τόσο στις 30° όσο και στις 45° κάμψης γόνατος ($p>.05$).

Στατιστικά σημαντικό εύρημα της μελέτης ήταν η στατιστικά σημαντική επίδραση του κάματος στην ιδιοδεκτικότητα της άρθρωσης του γόνατος στις 60° ($p<.05$) και για τις δύο φάσεις του κύκλου (Γράφημα 1γ). Συγκεκριμένα βρήκαμε ότι στη θυλακική φάση πριν τον κάματο η επιτευχθείσα γωνία ήταν $60.3° \pm 3.7°$, ενώ μετά από τον κάματο μειώθηκε στις $58° \pm 3.3°$. Στην ωχρινική φάση η επιτευχθείσα γωνία πριν τον κάματο ήταν $57.4° \pm 4.4°$ ενώ ετά τον κάματο η επιτευχθείσα γωνία μειώθηκε στις $56° \pm 5.3°$.

Όσον αφορά την επίδραση των φάσεων του εμμήνου κύκλου στην ιδιοδεκτικότητα συνολικά, παρατηρούμε στο γράφημα 1 μία τάση για πτώση των τιμών των επιτευχθεισών γωνιών σε σχέση με την αντίστοιχη γωνία στόχου, τόσο πριν όσο και μετά τον κάματο, στην ωχρινική φάση σε σχέση με την θυλακική, τάση που όμως δεν βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική ($p>.05$). Ιδιαίτερα η επίδραση των φάσεων του εμμήνου κύκλου στην ιδιοδεκτικότητα στις 60° αν και πιο εμφανής, δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=.082$). Τέλος από την στατιστική ανάλυση δεν βρήκαμε κάποια στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση φάσης κύκλου και κάματος ούτε στη γωνία των 60° κάμψης της άρθρωσης του γόνατος ($p>.05$).



Γράφημα 1: Τιμές επιτευχθείσας γωνίας για τις γωνίες στόχου ($\alpha=30^\circ$, $\beta=45^\circ$, $\gamma=60^\circ$). Μαύρο χρώμα: τιμή πριν τον κάματο. Λευκό Χρώμα: τιμή μετά τον κάματο. Με * υποδεικνύεται στατιστικά σημαντική ($p<.05$) επίδραση του καμάτου.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Σε προηγούμενες έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι ο παρατεταμένος και ακραίος μυϊκός κάματος μειώνει την ιδιοδεκτικότητα, τον κινητικό έλεγχο και τον νευρομυϊκό συντονισμό (Committee on Sports Medicine and Fitness, 2000; Hewett, 2000; Johnston et al., 1998). Επίσης η ιδιοδεκτικότητα της άρθρωσης του γόνατος φαίνεται να επηρεάζεται από τα αυξημένα επίπεδα φορτίου και κατ' επέκταση από τον κάματο σε έκκεντρες ασκήσεις όπως επίσης φαίνεται να επηρεάζεται και η γωνία αντίδρασης (reaction angle) της άρθρωσης από αυτούς τους παράγοντες (Paschalis et al., 2008). Στην παρούσα μελέτη βρήκαμε ότι ο κάματος έπαιξε σημαντικό ρόλο στην μείωση της ικανότητας αντίληψης της θέσης άρθρωσης (ιδιοδεκτικότητα) μόνο στην γωνία των 60°. Το συγκεκριμένο εύρημα συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες, σε παρόμοια θέματα, οι οποίες ανέφεραν μείωση στον κινητικό έλεγχο σε στατικά τεστ ισορροπίας μετά από εφαρμογή πρωτοκόλλου κάματος χωρίς όμως να υπολογίζουν την φάση του έμμηνου κύκλου κάθε αθλήτριας (Johnston et al., 1998). Επίσης τα αποτελέσματα συμφωνούν με μελέτη που ακολούθησε το ίδιο πρωτόκολλο μέτρησης σε γυναίκες σε διαφορετικές όμως γωνίες (45° και 90°) όπου και παρατηρήθηκε η μείωση στην ιδιοδεκτικότητα του γόνατος στις εξεταζόμενες γωνίες (Paschalis et al., 2007).

Αντίθετα, μελετώντας τις γωνίες των 45° και 30°, η όποια μικρή απόκλιση από την γωνία στόχου μετά τον κάματο σε σχέση με τις τιμές απόκλισης σε ηρεμία και για τις δύο γωνίες, τόσο στη θυλακική όσο και στην ωχρινική φάση του έμμηνου κύκλου, δεν ήταν στατιστικά σημαντική, παρατήρηση που δεν συμφωνεί με παρόμοιες προηγούμενες μελέτες (Paschalis et al., 2007, 2008). Πιθανότατα αυτή η ασυμφωνία να οφείλεται σε μεθοδολογικές διαφορές. Συγκεκριμένα οι προηγούμενες μελέτες εξέταζαν διαφορετικές γωνίες στόχους (45°, 90°), από διαφορετική στάση του σώματος, (πρηνής κατάκλιση) με κλειστά μάτια ενώ πραγματοποιήθηκαν σε μία φάση του έμμηνου κύκλου (ωχρινική). Αντίθετα η δική μας μελέτη έγινε σε δύο φάσεις του έμμηνου κύκλου (θυλακική, ωχρινική), οι μετρήσεις έγιναν από καθιστή θέση με ανοιχτά τα μάτια, ενώ οι εξεταζόμενες γωνίες ήταν περισσότερες. Ιδιαίτερα πρέπει να τονιστεί ότι ενώ στη δική μας μελέτη μεγαλύτερη βαρύτητα για τον έλεγχο της άρθρωσης του γόνατος είχε η δράση των εκτεινόντων του γόνατος, για τα πρωτόκολλα σε πρηνή θέση μεγαλύτερο ρόλο για την εκτέλεση της δοκιμασίας είχαν οι καμπήρες του γόνατος. Αν και το πρωτόκολλο καμάτου που χρησιμοποιήσαμε ήταν ιδιαίτερα επίπονο εν τούτοις δεν αποκλείεται να απαιτείται μεγαλύτερης έκτασης κάματος (μείωση πάνω από το 50% της μέγιστης ροπής) για να γίνουν εμφανείς τυχόν διαφοροποιήσεις της ιδιοδεκτικότητας σε αυτές τις γωνίες στόχου.

Επιπλέον, δεν μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα ότι η επίδραση του καμάτου στην ιδιοδεκτικότητα να επηρεάζεται από το μήκος του μυός αφού το μήκος του μυός επηρεάζει τη δραστηριότητα της μυϊκής ατράκτου και άλλων μηχανοϋποδοχέων (στη δική μας περίπτωση η γωνία των 60ο αντιστοιχεί στο μέγιστο εξεταζόμενο μήκος και η γωνία των 30ο στο ελάχιστο εξεταζόμενο μήκος των εκτεινόντων του γόνατος – το αντίστροφο ισχύει για τους καμπήρες). Υπό αυτό το πρίσμα τα αποτελέσματά μας είναι αντίθετα με τα ευρήματα της μελέτης Paschalis et al. (2008) όπου παρατηρήθηκε η μετά τον κάματο τάση να τοποθετείται η άρθρωση σε πιο «εκτατική θέση» άρα σε μεγαλύτερο μήκος καμπήρων του γόνατος). Δεν αποκλείεται τα αποτελέσματα να διαφοροποιούνται ανάλογα με το ποια μυϊκή ομάδα ενεργεί ως αγωνιστής σε συγκεκριμένη κίνηση.

Όσον αφορά τις μετρήσεις στις δύο διαφορετικές φάσεις του έμμηνου κύκλου, αν και παρατηρήθηκε μία μικρή τροποποίηση στην αναπαραγωγή της γωνίας στόχου ανάμεσα σε θυλακική και ωχρινική φάση, τόσο πριν όσο και μετά από κάματο, όπως αναφέραμε στα αποτελέσματα αυτή η διαφοροποίηση δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p > .05$). Από αυτό το εύρημα συμπεράναμε ότι η φάση του κύκλου δεν φαίνεται να επηρεάζει άμεσα την ιδιοδεκτικότητα της άρθρωσης του γόνατος, υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τις έως τώρα μελέτες που υποστήριζαν ότι οι διαφορετικές φάσεις του κύκλου δεν επηρεάζουν την ικανότητα του νευρομυϊκού συντονισμού (Hertel et al., 2006), την χαλαρότητα των τενόντων (Carcia, Shultz, Granata, Gansneder & Perrin, 2004) ούτε και την μυϊκή δύναμη των γυναικών (Friden, Hirschberg, & Saartok, 2003). Από την άλλη, υπάρχουν ερευνητές που υποστηρίζουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση στην κιναισθησία (Friden, Hirschberg, Saartok & Renstrom, 2006) καθώς και στην χαλαρότητα της άρθρωσης (Shultz, Kirk, Johnson, Sander & Perrin, 2004) εξαιτίας των μεταβολών στα επίπεδα των ορμονών του έμμηνου κύκλου και ότι μία υπερβολική αύξηση των οιστρογόνων πιθανότατα να συμβάλει στην εμφάνιση τραυματισμού των συνδέσμων εξαιτίας του μειωμένου νευρομυϊκού ελέγχου (Wojtys, Huston, Lindenfeld, Hewett & Greenfield, 1998). Με βάση την συζήτηση που προηγήθηκε, σχετικά με το μήκος του μυός, και με βάση την παρατήρησή μας ότι η επίδραση των φάσεων του έμμηνου κύκλου στην ιδιοδεκτικότητα ήταν πιο

εμφανής στις 60° ($p=.082$) με τις αθλήτριες να έχουν σταθερά χειρότερες επιτευχθείσες τιμές κατά την ωχρινική φάση, δεν μπορούμε να αποκλείσουμε την πιθανότητα να διαφοροποιούνταν οι παρατηρήσεις μας εάν το δείγμα μας ήταν μεγαλύτερο.

Επομένως επειδή δεν υπάρχουν προηγούμενες μελέτες που να έχουν ακολουθήσει ακριβώς τον δικό μας πειραματικό σχεδιασμό πιστεύουμε ότι χρειάζεται επιπλέον έρευνα και εξέταση του θέματος, σε μεγαλύτερο δείγμα και σε μεγαλύτερο εύρος γωνιών στην άρθρωση του γόνατος, αλλά και σε άλλες αρθρώσεις που εμφανίζουν μεγάλη συχνότητα τραυματισμών (π.χ ποδοκνημική).

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Ένα πολύ κοινό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν συχνά οι αθλήτριες ομαδικών αθλημάτων και οι προπονητές τους είναι οι αυξημένοι τραυματισμοί που εμφανίζονται στα κάτω άκρα και ιδιαίτερα στην άρθρωση του γόνατος (Engstrom et al., 1991). Η σωστή αντίληψη της θέσης της άρθρωσης στο χώρο (ιδιοδεκτικότητα) είναι μία απαραίτητη ικανότητα για την εκτέλεση των αθλητικών κινήσεων με ακρίβεια και ασφάλεια. Μια καλή αντίληψη της θέσης άρθρωσης πιθανά μειώνει την υπερβολική τάση που μπορεί να αναπτυχθεί από κάποια λανθασμένη τεχνικά κίνηση. Ο προσδιορισμός των ημερών όπου πιθανά υπάρχει χειρότερη ιδιοδεκτικότητα και η διασαφήνιση του πιθανού ρόλου των ορμονικών μεταβολών και της κόπωσης στην τροποποίηση αυτής της ικανότητας θα συμβάλλουν τόσο στον σωστό προπονητικό σχεδιασμό όσο και στην διατήρηση της υγείας των αθλητριών. Λαμβάνοντας υπόψη τις ημέρες όπου πιθανά μειώνεται η ιδιοδεκτικότητα, ο προπονητικός σχεδιασμός θα μεταβάλλει κατάλληλα τα προπονητικά ερεθίσματα, ιδιαίτερα σε αθλήτριες με χαμηλή ιδιοδεκτική ικανότητα και η κάθε αθλήτρια θα λαμβάνει ιδιαίτερες προφυλάξεις, κατά την εκτέλεση κινήσεων που απαιτούν αυξημένη ιδιοδεκτική ικανότητα.

Βιβλιογραφία

- Brozek, J. & Henschel, A. (1961). Techniques for measuring body composition. *National Academy of Science - National Research Council*.
- Cable, T.N. & Elliot, J.K. (2004). The Influence of reproductive hormones on muscle strength. *Biological Rhythm Research*, 35, 235-244.
- Carcia, R.C., Shultz, J.S., Granata, P. K., Gansneder, M.B., & Perrin, H.D. (2004). Knee ligament behavior following a controlled loading protocol does not differ by menstrual cycle day. *Clinical Biomechanics*, 19(10), 1048-1054.
- Committee on Sports Medicine and Fitness (2000). Injuries in youth soccer: A subject review. *Pediatrics*, 105, 659-661.
- DeGroot, J.L. & Jameson, L.J. (2006). *Endocrinology (5th edition)*. Philadelphia, PA: Elsevier.
- Engstrom, B., Johansson, C., & Tornkvist, H. (1991). Soccer injuries among elite female players. *American Journal of Sports Medicine*, 19(4), 372-375.
- Friden, C., Hirschberg, L., A., & Saartok, T. (2003). Muscle strength and endurance do not significantly vary across 3 phases of the menstrual cycle in moderately active premenopausal women. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(4), 238-241.
- Friden, C., Hirschberg, L., A., Saartok, T., & Renstrom, P. (2006). Knee joint kinaesthesia and neuromuscular coordination during three phases of the menstrual cycle in moderately active women. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 14, 383-389.
- Hertel, J., Williams, N.I., Olmsted-Kramer, L.C., Leidy, H.J., & Putukian, M. (2006). Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14 (9), 817-822.
- Hewett, T.E. (2000). Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes: strategies for intervention. *Sports Medicine*. 29 (5), 313-327.
- Johnston, R. B., Howard, M. E., Cawley, P. W., & Losse, G. M. (1998). Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(12), 1703-1707.
- Junge, A. & Dvorak, J. (2004). Soccer injuries: A review on incidence and prevention. *Sports Medicine*, 34 (13), 929-938.
- Kaiser, D.K. (1998). The incidence of ACL injury in female intercollegiate soccer players. *Journal of Athletic Training*, 33(2), 1-3.
- Lattanzio, P.J., Petrella, R.J., Sproule, J.R., & Fowler, P.J. (1997). Effects of fatigue on knee propriocep-

- tion. *Clinical Journal Sport Medicine*, 7(1), 22-27.
- Manou, V., Arseniou, P., Gerodimos, V., & Kellis, S. (2002). Test-retest reliability of an isokinetic muscle endurance test. *Isokinetics and Exercise Science*, 10, 177-181.
- Paschalis, V., Nikolaidis, M.G., Giakas, G., Jamurtas, A.Z., Pappas, A., & Koutedakis, Y. (2007). The Effect of Eccentric Exercise on Position Sense and Joint Reaction Angle of the Lower Limbs. *Muscle Nerve*, 35, 496-503.
- Paschalis, V., Nikolaidis, M.G., Giakas, G., Jamurtas, A.Z., Owolabi, E.O., & Koutedakis, Y. (2008). Position sense and reaction angle after eccentric exercise the repeated bout effect. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 9-18.
- Rozzi L. S., Lephart M. S., & Fu, H. F. (1999). Effects of muscular fatigue on knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female athletes. *Journal of Athletic Training*. 34(2): 106-114.
- Shultz, J.S., Kirk, E.S., Johnson, L.M., Sander, C.T., & Perrin, H.D. (2004). Relationship between sex hormones and anterior knee laxity across the menstrual cycle. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (7), 1165-1174.
- Vollman, R.F. (1977). The menstrual cycle. Major problems. *Obstet Gynecology*, 7, 1-193.
- Wojtyś, M.E., Huston, J.L., Lindenfeld, N.T., Hewett, E.T., & Greenfield, V.H.M (1998). Association between the menstrual cycle and anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 26 (5), 614-619.

