

Ισομετρική Ροπή και Αναλογία Καμπτήρων/Εκτεινόντων Μυών των Ωμων Αθλητών Ενόργανης Γυμναστικής και Φοιτητών Φυσικής Αγωγής

Δημήτριος Χ. Μυλώσης, Θεοφάνης Α. Σιάτρας, Κοσμάς Ι. Χριστούλας, & Δημήτριος Α. Πατίκας

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν η αξιολόγηση της κορύφωσης της ισομετρικής ροπής (ΚΡ) των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών των ώμων, καθώς και της αναλογίας καμπτήρων/εκτεινόντων με ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των δύο άνω άκρων με τους αγκώνες σε πλήρη έκταση. Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά 15 αθλητές ενόργανης γυμναστικής (ΕΓ) υψηλού επιπέδου και 18 φοιτητές φυσικής αγωγής (ΦΑ) με ηλικία 19.37 ± 2.27 και 21.27 ± 2.41 έτη, αντίστοιχα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο ισοκινητικό δυναμόμετρο Humac Norm 770 στις γωνίες των 45° , 90° , και 135° , με τους συμμετέχοντες στην ύπτια κατάκλιση. Από τις πολυμεταβλητές αναλύσεις διακύμανσης (MANOVAs) και τις πολυμεταβλητές αναλύσεις συνδιακύμανσης (MANCOVAs), με συνδιακουμαντές τις μεταβλητές της σωματικής μάζας (ΣΜ), του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ) και της άλιπης σωματικής μάζας (ΑΣΜ), προέκυψαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές ΚΡ για τους αθλητές ΕΓ συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, για όλες τις μεταβλητές που εξετάστηκαν. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων των ώμων. Λαμβάνοντας υπόψη τις αδυναμίες της παρούσας έρευνας, τα αποτελέσματά της παρέχουν μια αρχική βάση δεδομένων χρήσιμη στους προπονητές και ιδιαίτερα της ΕΓ, στους θεραπευτές και στους ερευνητές με σκοπό την αξιολόγηση την ανάπτυξη ή/και τη διατήρηση της ισόροπης ανάπτυξης της δύναμης των μυών των ώμων.

Λέξεις κλειδιά: *ισοκινητική δυναμομέτρηση, άρθρωση ώμου, αναλογίες δύναμης, ενόργανη γυμναστική*

Research

Shoulder Isometric Torque and Flexors/Extensors Ratio in Gymnasts and Physical Education Students

Dimitrios C. Milosis, Theofanis A. Siatras, Kosmas I. Christoulas, & Dimitrios A. Patikas

Department of Physical Education & Sport Science, Aristotle University of Thessaloniki

Abstract

The aim of this study was the evaluation of shoulder flexors and extensors isometric peak torque and isometric flexor/extensor ratios with the elbows fully extended. Fifteen highly competitive male gymnasts and 18 physical education students of age 19.37 ± 2.27 and 21.27 ± 2.41 years, respectively, participated voluntarily in the study. The measurements were applied using the isokinetic Humac Norm 770 dynamometer at the angles of 45° , 90° , and 135° and the participants performed the measurements in a supine position. Multivariate analysis of variance (MANOVAs) and multivariate analysis of covariance (MANCOVAs) with the body mass, body mass index, and fat-free mass as covariates, revealed significant greater peak torque values for gymnasts, compared to physical education students, as regards all the variables that were examined. On the contrary, there were no differences regarding the isometric flexor/extensor ratios. Considering the limitations of the study, the results provide an initial database which is useful for coaches and especially for coaches of gymnastics, therapists and researchers, in order to evaluate the development or/and the maintenance of balanced development of shoulder muscles strength.

Keywords: *isokinetic dynamometry, shoulder joint, strength ratios, gymnastics*

Εισαγωγή

Η δύναμη και η ευκαμψία των ώμων των αθλητών της ΕΓ παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη ασφαλούς εκτέλεσης δεξιοτήτων σε υψηλό επίπεδο αισθητικής και τεχνικής τελειότητας. Οι αθλητές της ΕΓ χρησιμοποιούν κατά κανόνα τα άνω άκρα για την εκτέλεση γυμναστικών δεξιοτήτων, που απαιτούν στήριξη ή/και μεταφορά του σώματός τους (Caine, 2003; Meeusen & Borms, 1992). Η στήριξη ή/και μεταφορά του βάρους του σώματός τους απαιτεί την παραγωγή και εφαρμογή μεγάλης δύναμης από τις μυϊκές ομάδες των ώμων και ταυτόχρονα την ευστάθεια και προστασία των αρθρώσεων που εμπλέκονται (Caine, 2003; Difiori, Caine, & Malina, 2006). Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του αθλήματος της ΕΓ, συγκριτικά με τα αθλήματα ρίψεων που απαιτούν και αυτά μεγάλη ισχύ από τους αθλητές, είναι ότι ενώ σε αυτά οι αθλητές χρησιμοποιούν τους βραχιόνες τους σε ανοιχτή κινητική αλυσίδα, οι αθλητές της ΕΓ πολύ συχνά χρησιμοποιούν τα άνω άκρα σε δεξιότητες κλειστής κινητικής αλυσίδας, έχοντας τα χέρια τους σταθερά στηριγμένα στο έδαφος, στον ίππο με λαβές, στη δοκό, στο δίζυγο (ανδρών, γυναικών), ή στο μονόζυγο (Caine, 2003; Difiori et al., 2006; Meeusen & Borms, 1992).

Για την αξιολόγηση της δύναμης των αθλητών της ΕΓ έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες δοκιμασίες πεδίου (Bango, Sillero-Quintana, & Grande, 2013; Dunlavy et al., 2007; Siatras, Douka, & Milosis, 2010) και δοκιμασίες εργαστηρίου (Bassa, Michailidis, Kotzamanidis, Siatras, & Chatzikotoulas, 2002; Cools, Geerrooms, Van den Berghe, Cambier, & Witvrouw, 2007). Η ισοκινητική δυναμομέτρηση αποτελεί μια εργαστηριακή δοκιμασία που παρέχει τη δυνατότητα για γρήγορη ποσοτική, αντικειμενική και αξιόπιστη ανάλυση πολλών παραμέτρων της μυϊκής λειτουργίας, περιλαμβάνοντας δείκτες όπως η κορύφωση ροπής, το έργο, η ισχύς και η μυϊκή αντοχή, σε ισομετρική δράση σε συγκεκριμένες γωνίες, καθώς και σε ισοκινητική ομόκεντρη και έκκεντρη δράση σε διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες (Bassa, Kotzamanidis, Siatras, Mameletzi, & Skoufas, 2002; Kannus, 1994; Mikesky, Edwards, Wigglesworth, & Kunkel, 1995; Siatras, Mameletzi, & Kellis, 2004). Σημειώνεται ότι, η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των μετρήσεων της δύναμης των ώμων με ισοκινητικά δυναμόμετρα έχει υποστηριχθεί ερευνητικά (Edouard et al., 2013; Hadzic, Ursej, Kalc, & Dervisevic, 2012; Meeteren, Roebroek, & Stam, 2002).

Εκτός από τη μέτρηση της ροπής, τα ισοκινητικά δυναμόμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την αξιολόγηση της ισορροπίας στη δύναμη ανταγωνιστών-αγωνιστών μυών (Codine, Bernard, Rocholle, Benaim, & Brun, 1997; Davies, 1992). Ως αναλογία ανταγωνιστών προς αγωνιστές μυς σε μια άρθρωση ορίζεται το πηλίκο της ροπής των ανταγωνιστών προς τη ροπή των αγωνιστών μυών και μπορεί να εκφραστεί ως συντελεστής ή ως ποσοστό επί τις εκατό (%). Στη βιβλιογραφία, έχει αναφερθεί ως μια εξαιρετικά χρήσιμη παράμετρος όταν αξιολογείται η μυϊκή απόδοση και η μυϊκή ισορροπία ή ανισορροπία και κατά συνέπεια η σταθερότητα ή αστάθεια μιας άρθρωσης (Baltzopoulos & Kellis, 1998; Ellenbecker & Roetert, 1999; Hadzic et al., 2012; Kellis & Baltzopoulos, 1995).

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μελετών οι οποίες έχουν αξιολογήσει τις αναλογίες ανταγωνιστών/αγωνιστών σε διάφορες αρθρώσεις του σώματος, τόσο σε αθλητές διαφορετικών αθλημάτων, όσο και σε φυσιολογικούς και ειδικούς πληθυσμούς (Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre-Poulsen, 1998; Cook, Gray, Savinar-Nogue, & Medeiros, 1987; Gerodimos, Manou, Zafeiridis, Ioakimidis, Stavropoulos, & Kellis, 2003; Kellis, Gerodimos, Kellis, & Manou, 2001; Mikesky et al., 1995). Αυτή η παράμετρος της ισοκινητικής αξιολόγησης μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην καθοδήγηση της προπονητικής διαδικασίας, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την πρόληψη και αποκατάσταση τραυματισμών (Ellenbecker & Davies, 2000; McDonough & Funk, 2014).

Διάφοροι ερευνητές έχουν εξετάσει την απόδοση των μυών των ώμων σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων, με χρήση των άνω άκρων σε θέση ανώτερη από το ύψος του κεφαλιού τους (overhead athletes), με αμφίπλευρη και ταυτόχρονη χρήση των χεριών στη διάρκεια του αθλήματός τους (ΕΓ: Cools et al., 2007; κολύμβηση, πετοσφαίριση, αντισφαίριση: Gozlan et al., 2006). Ωστόσο, λίγες έρευνες έχουν παρουσιάσει κανονιστικά δεδομένα (νόρμες), αναφορικά με την παραγωγή δύναμης κατά την κάμψη και έκταση στην άρθρωση των ώμων σε ισοκινητικά δυναμόμετρα (Alderink, & Kuck, 1986; Cook et al., 1987; Ivey, Calhoun, Rusche, & Bierschenk, 1985; Zhou, Liu, Cheng, & Jiang, 2014). Στις συγκεκριμένες έρευνες αξιολογήθηκε μονόπλευρα η δύναμη των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών της ισχυρής ή και της αδύναμης πλευράς. Σε αδημοσίευτη πιλοτική μελέτη που διενεργήθηκε στο εργαστήριο Αξιολόγησης της Βιολογικής Απόδοσης του Ανθρώπου του ΤΕΦΑΑ/ΑΠΘ, εξετάστηκε η αναπαραγωγιμότητα των μετρήσεων της μέγιστης ισομετρικής ροπής και της ομόκεντρης ισοκινητικής ροπής (σε διάφορες γωνιακές ταχύτητες) των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών των ώμων φοιτητών/τριών του ΤΕΦΑΑ/ΑΠΘ, με ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των δύο άνω άκρων. Ωστόσο, δεν αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία καμία έρευνα που να εξετάζει με χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου τη δύναμη των καμπτήρων και των

εκτεινόντων μυών των ώμων με ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των δύο άνω άκρων, όπως παρατηρείται κατά την εκτέλεση πολλών δεξιοτήτων στην ΕΓ. Σκοπός της πρωτότυπης έρευνας που παρουσιάζεται, ήταν η αξιολόγηση της ισομετρικής ΚΡ και της αναλογίας των καμπτήρων προς τους εκτεινόντες μυς των ώμων (Κισσομ/ΕΚισσομ) των αθλητών ΕΓ και των φοιτητών ΦΑ, με χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου και με ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των δύο άνω άκρων. Οι ερευνητικές υποθέσεις που εξετάστηκαν ήταν: (α) ότι οι αθλητές ΕΓ θα παρήγαγαν μεγαλύτερες τιμές ΚΡ από τους φοιτητές ΦΑ, λόγω της μακρόχρονης και συστηματικής ενασχόλησης με το άθλημα της ΕΓ και (β) ότι με βάση τις δεξιότητες που εκτελούνται από τους αθλητές της ΕΓ, αλλά και τα προπονητικά προγράμματα που εφαρμόζονται, δεν θα παρουσίαζαν ανισορροπίες ως προς την αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων μυών των ώμων.

Μεθοδολογία

Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά δεκαπέντε αθλητές ΕΓ (n=15) και δεκαοκτώ φοιτητές ΦΑ (n=18), χωρίς προηγούμενη εμπειρία σε εργαστηριακή αξιολόγηση δύναμης με χρήση ισοκινητικού δυναμομέτρου (Πίνακας 1). Όλοι οι αθλητές της ΕΓ ήταν υψηλού επιπέδου με περισσότερα από 10 χρόνια συστηματικής προπόνησης και με ελάχιστο χρόνο προπόνησης τις 18 ώρες ανά εβδομάδα. Κανένας από τους φοιτητές ΦΑ δεν είχε ασχοληθεί συστηματικά στο παρελθόν με την ΕΓ ή με άλλο συγγενές άθλημα. Οι αθλητές της ΕΓ ήταν στο σύνολό τους δεξιόχειρες, ενώ 16 φοιτητές ΦΑ ήταν δεξιόχειρες και δύο αριστερόχειρες (με βάση το προτεινόμενο χέρι γραφής). Κανείς από τους συμμετέχοντες δεν είχε προβλήματα ορθοπεδικής φύσης, όσον αφορά στην άρθρωση των ώμων. Πριν από την έναρξη των διαδικασιών των μετρήσεων, όλοι οι συμμετέχοντες (και οι γονείς των ανήλικων αθλητών) έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους, σχετικά με τη συμμετοχή τους στην έρευνα.

Πίνακας 1. Φυσικά χαρακτηριστικά και σωματομετρικά δεδομένα των αθλητών ΕΓ και των φοιτητών ΦΑ που συμμετείχαν στην έρευνα.

Παράμετροι	Αθλητές ΕΓ (15)		Φοιτητές ΦΑ (18)		F	p	η ²
	M	SD	M	SD			
Ηλικία (έτη)	19.37	2.27	21.27	2.41	5.37	.027	.15
ΣΜ (κιλά)	67.20	6.54	71.72	7.01	3.62	.067	.10
Ανάστημα (εκατοστά)	169.60	6.29	179.50	5.04	25.16	.001	.45
ΔΜΣ(κιλά/μάζα ²)	23.37	1.94	22.23	1.70	3.21	.083	.09
ΑΣΜ (κιλά)	61.55	6.11	63.85	5.26	1.35	.255	.04

ΕΓ: Ενόργανη Γυμναστική, ΦΑ: Φυσική Αγωγή, Μ: Μέσος Όρος, SD: Τυπική Απόκλιση, F: Στατιστικό, p: Επίπεδο Εμπιστοσύνης, η²: Μέγεθος Επίδρασης, ΣΜ: Σωματική Μάζα, ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος, ΑΣΜ: Άλλη Σωματική Μάζα.

Φυσικά χαρακτηριστικά και σωματομετρικά δεδομένα

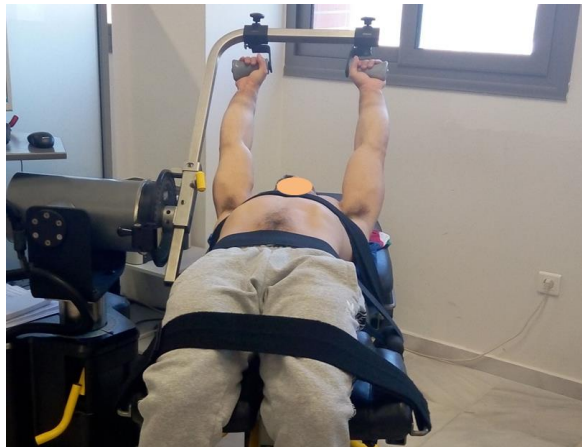
Στο ξεκίνημα της διαδικασίας των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε η καταγραφή των φυσικών και ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων. Η μάζα και το ανάστημα μετρήθηκαν με την ηλεκτρονική ζυγαριά Seca 220e και το ενσωματωμένο αναστημόμετρο, αντίστοιχα. Για τη σύσταση του σώματος υπολογίστηκε ο δείκτης μάζας σώματος [ΔΜΣ = Μάζα (kg)/(ανάστημα)² (m²)], καθώς και το ποσοστό του σωματικού λίπους και της άλιπης σωματικής μάζας, με τη μέθοδο των δερματοπιτυχών. Με τη χρήση του δερματοπιτυχόμετρου Lafayette λήφθηκαν οι εξής τέσσερις δερματοπιτυχές: (α) του τρικεφάλου βραχιόνιου, (β) η υπερλαγόνια, (γ) η κοιλιακή και (δ) η μηριαία. Το ποσοστό του σωματικού λίπους (ΣΛ%) υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση των Jackson και Pollock (1985): ΣΛ% = 0.29288 x (α+β+γ+δ) - 0.0005 x (α+β+γ+δ)² + 0.15845 x (Ηλικία) - 5.76377. Η άλιπη σωματική μάζα υπολογίστηκε με την εξίσωση: ΑΣΜ (κιλά) = Μάζα - (ΣΛ% / 100 x Μάζα).

Γενική προθέρμανση

Με την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου της πειραματικής διαδικασίας οι συμμετέχοντες με την καθοδήγηση του ερευνητή ακολούθησαν το πρωτόκολλο γενικής προθέρμανσης, που περιλάμβανε: (α) έξι λεπτά άσκηση στο κύκλο-εργόμετρο χεριών (MONARK 881) με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση και με κατεύθυνση μπροστά και πίσω, ισόχρονα κατανεμημένη, (β) τρία λεπτά ασκήσεις κάμψης/έκτασης των ώμων με λάστιχα γυμναστικής και (γ) τρία λεπτά διατάσεις των μυών, που περιβάλουν την άρθρωση των ώμων.

Αξιολόγηση ισομετρικής ροπής

Οι μετρήσεις στο ισοκινητικό δυναμόμετρο έγιναν σε ύπτια θέση. Οι εξεταζόμενοι σταθεροποιούνταν στο κάθισμα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Οι εξεταζόμενοι σε όλες τις μετρήσεις κρατούσαν τις ειδικές λαβές (μια δεύτερη λαβή είχε προσαρμοστεί στον βραχίονα) και πίεζαν τον μηχανικό βραχίονα του δυναμομέτρου με τα δύο χέρια με Α' λαβή (ραχιαία) πλήρως τεντωμένα στους αγκώνες, όπως συνηθίζεται στην πλειονότητα των δεξιότητων της ΕΓ. Το μήκος του μηχανικού βραχίονα του δυναμομέτρου (μοχλοβραχίονας) ρυθμιζόταν για κάθε συμμετέχοντα με βάση το μήκος των άνω άκρων του και καταγραφόταν στο λογισμικό του δυναμομέτρου, πριν από την έναρξη των μετρήσεων. Ο συμβατικός άξονας περιστροφής του βραχίονα ήταν αυτός που περνούσε από το κέντρο της άρθρωσης των ώμων των εξεταζομένων, όταν η άρθρωση των ώμων ήταν σε κάμψη 90°. Η ευθυγράμμιση μεταξύ του άξονα περιστροφής του ισοκινητικού δυναμομέτρου και του άξονα περιστροφής της άρθρωσης των ώμων, γινόταν κατά προσέγγιση και ελεγχόταν για κάθε συμμετέχοντα στην αρχή κάθε προσπάθειας. Με τη σταθερή λαβή των χεριών των συμμετεχόντων σε παράλληλο άξονα σε σχέση με τον άξονα περιστροφής του βραχίονα του ισοκινητικού δυναμομέτρου και με τη σταθεροποίηση των συμμετεχόντων με τον ιμάντα στο ύψος του θώρακα, διασφαλιζόταν η μικρότερη δυνατή μετακίνηση του κέντρου περιστροφής, για όλο το εύρος της κίνησης για κάθε μέτρηση (Εικόνα 1). Η διόρθωση της δράσης της βαρύτητας γινόταν για κάθε συμμετέχοντα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (Humac Norm manual; Computer Sports Medicine, Inc.; CSMI, 2006). Η αξιοπιστία και η επαναληψιμότητα της συγκεκριμένης πρωτότυπης μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα για την αξιολόγηση της ισομετρικής ροπής, ελέγχθηκε και υποστηρίχθηκε σε αρχική μελέτη (Milosis, Siatras, Christoulas, & Patikas, 2018).



Εικόνα 1. Τοποθέτηση και σταθεροποίηση των συμμετεχόντων, κατά τις μετρήσεις στο ισοκινητικό δυναμόμετρο.

Πριν ξεκινήσει η καταγραφή των μετρήσεων, οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν μια υπομέγιστη προσπάθεια ισομετρικής δράσης των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών των ώμων στις γωνίες των 45°, 90° και 135°, ως ειδική προθέρμανση στο ισοκινητικό δυναμόμετρο. Στη συνέχεια υλοποιούνταν και καταγράφονταν οι ισομετρικές δοκιμασίες των καμπτήρων μυών των ώμων στις γωνίες των 45°, 90° και 135°. Ακολούθησαν οι δοκιμασίες των εκτεινόντων μυών, στις αντίστοιχες γωνίες. Σε κάθε γωνία πραγματοποιούνταν δύο μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις (μια για εξοικείωση-προσαρμογή και μία για καταγραφή), με διάλειμμα 30 δευτερολέπτων μεταξύ των προσπαθειών και των γωνιών και ενός λεπτού μεταξύ της δοκιμασίας των καμπτήρων και των εκτεινόντων. Οι συμμετέχοντες δέχονταν έντονη και συνεχή λεκτική παρακίνηση, ώστε να παράγουν τη μέγιστη ροπή όσο πιο γρήγορα και δυνατά μπορούσαν και να διατηρούν τη σύσπαση με την ίδια μέγιστη δύναμη για έξι δευτερόλεπτα.

Στατιστική ανάλυση

Οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του λογισμικού SPSS 23. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < .05$. Υπολογίστηκαν ο μέσος όρος (M) και η τυπική απόκλιση (SD) των φυσικών χαρακτηριστικών, των σωματομετρικών δεδομένων και της κορυφωσης της ροπής (ΚΡ) για την ισομετρική σύσπαση στις τρεις διαφορετικές γωνίες (45°, 90° και 135°). Πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική εξέταση των δεδομένων και γραφικός και

στατιστικός έλεγχος της κανονικότητάς τους. Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων μεταξύ των δύο μετρήσεων εξετάστηκε με τη χρήση του τεστ του Levene. Η ομοσκεδαστικότητα ελέγχθηκε με την κατασκευή του διαγράμματος της διασποράς των καταλοίπων σε σχέση με τις προβλεπόμενες τιμές και με τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης του Pearson (Atkinson & Nevill, 1998).

Για να διερευνηθούν οι επιδράσεις της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» (αθλητές ΕΓ, φοιτητές ΦΑ) στις εξαρτημένες μεταβλητές «φυσικά χαρακτηριστικά» και «σωματομετρικά δεδομένα», έγινε πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA). Για να διερευνηθούν οι επιδράσεις της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» (αθλητές ΕΓ, φοιτητές ΦΑ) στις εξαρτημένες μεταβλητές «επιδόσεις στο ισοκινητικό δυναμόμετρο», έγιναν πολυμεταβλητές αναλύσεις διακύμανσης (MANOVAs). Για να σταθμιστούν οι ενδεχόμενες αρχικές διαφορές μεταξύ των συμμετεχόντων των δύο ομάδων ως προς τις μεταβλητές «φυσικά χαρακτηριστικά» και «σωματομετρικά δεδομένα», έγιναν αναλύσεις συνδιακύμανσης (MANCOVAs), στις οποίες ως συνδιακυμαντές χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές «ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ».

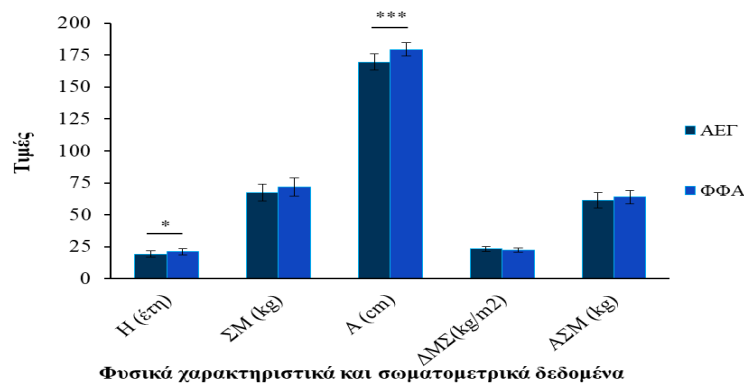
Αποτελέσματα

Έλεγχος κανονικότητας κατανομής και ομοιογένειας διακυμάνσεων

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η προκαταρκτική εξέταση των δεδομένων, όσον αφορά την ορθή καταχώρηση των τιμών, τον έλεγχο για απούσιες τιμές, τον εντοπισμό ακραίων τιμών και την εξέταση των βασικών προϋποθέσεων για παραμετρικές στατιστικές αναλύσεις. Η κανονικότητα των δεδομένων υποστηρίχθηκε από τους συντελεστές κέρτωσης και λοξότητας και από τα αποτελέσματα του τεστ Shapiro-Wilks. Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων, μεταξύ των δύο μετρήσεων, επιβεβαιώθηκε με το τεστ του Levene. Οι τιμές του Box test, οι οποίες δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, παρείχαν ενδείξεις για ικανοποίηση της ισότητας του πίνακα «διακύμανσης-συνδιακύμανσης».

Διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά και τα σωματομετρικά δεδομένα

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά και τα σωματομετρικά δεδομένα των αθλητών ΕΓ και των φοιτητών ΦΑ, που συμμετείχαν στην έρευνα. Για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων ως προς αυτές τις μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANOVA). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» ήταν στατιστικά σημαντική, Wilks' $\lambda = .36$, $F(10, 22) = 3.93$, $p < .01$, $\eta^2 = .64$. Από τις αναλύσεις διακύμανσης, που ακολούθησαν για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: (α) οι αθλητές ΕΓ είχαν μικρότερη ηλικία (Η) από τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 5.37$, $p < .05$, $\eta^2 = .15$, (19.37 ± 2.27 vs 21.27 ± 2.41 ετη, $M \pm SD$)], (β) οι αθλητές ΕΓ είχαν χαμηλότερο ανάστημα (Α) από τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 25.16$, $p < .001$, $\eta^2 = .45$, (169.6 ± 6.29 vs 179.5 ± 5.04 cm)], και (γ) δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις μεταβλητές ΣΜ, ΔΜΣ, ΑΣΜ (Πίνακας 1, Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Διαφορές μεταξύ των αθλητών ΕΓ και των φοιτητών ΦΑ, ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά και τα σωματομετρικά δεδομένα. Η: Ηλικία, ΣΜ: Σωματική μάζα, Α: Ανάστημα, ΔΜΣ: Δείκτης μάζας σώματος, ΑΣΜ: Άλλη σωματική μάζα. *: $p < .05$, ***: $p < .001$.

Διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς την ΚΡ κατά την ισομετρική σύσπαση των καμπτήρων μυών / ώμων

Για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την ΚΡ κατά την ισομετρική σύσπαση των καμπτήρων μυών των ώμων (Κισομ) στις 45°, 90° και 135°, χρησιμοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANOVA). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» στην εξαρτημένη μεταβλητή «Κισομ» ήταν στατιστικά σημαντική, Wilks' $\lambda = .59$, $F(3, 29) = 6.60$, $p < .01$, $\eta^2 = .41$. Από τις αναλύσεις διακύμανσης που ακολούθησαν για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: (α) η ΚΡ για την Κισομ στις 45° ήταν μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1,31) = 8.53$, $p < .01$, $\eta^2 = .22$, (192.53 ± 9.80 vs 155.56 ± 8.18 Nm)], (β) η ΚΡ για την Κισομ στις 90° ήταν μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 9.21$, $p < .01$, $\eta^2 = .23$, (184.9 ± 7.84 vs 153.61 ± 6.78 Nm)] και (γ) η ΚΡ για την Κισομ στις 135° ήταν μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 19.27$, $p < .001$, $\eta^2 = .38$, (149.37 ± 5.52 vs 120.22 ± 3.95 Nm)] (Πίνακας 2, Σχήμα 2).

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση συνδιακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANCOVA), για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων στην ΚΡ, κατά την ισομετρική σύσπαση των καμπτήρων μυών των ώμων (Κισομ) στις 45°, 90° και 135° με συνδιακυμαντές τις μεταβλητές «ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ» (Πίνακας 1). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» στην εξαρτημένη μεταβλητή «Κισομ» στις 45°, στις 90° και στις 135° ήταν στατιστικά σημαντική μετά την εκ περιτροπής στάθμιση των μεταβλητών «ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ». Η ΚΡ για την Κισομ ήταν σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ (Πίνακας 2, Σχήμα 2).

Διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς την ΚΡ κατά την ισομετρική σύσπαση των εκτεινόντων μυών / ώμων

Για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την ΚΡ κατά την ισομετρική σύσπαση των εκτεινόντων μυών των ώμων (ΕΚισομ) στις 45°, 90° και 135° χρησιμοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANOVA). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» στην εξαρτημένη μεταβλητή «ΕΚισομ» ήταν στατιστικά σημαντική, Wilks' $\lambda = .68$, $F(3, 29) = 4.60$, $p < .01$, $\eta^2 = .32$. Από τις αναλύσεις διακύμανσης, που ακολούθησαν για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: (α) η ΚΡ για την ΕΚισομ στις 45° ήταν μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 7.11$, $p < .01$, $\eta^2 = .19$, (234.07 ± 8.61 vs 200.79 ± 8.85 Nm)], (β) η ΚΡ για την ΕΚισομ στις 90° ήταν μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 6.87$, $p < .01$, $\eta^2 = .18$, (253.33 ± 10.89 vs 215.81 ± 9.36 Nm)] και (γ) η ΚΡ για την ΕΚισομ στις 135° ήταν μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, [$F(1, 31) = 12.90$, $p < .001$, $\eta^2 = .29$, (254.60 ± 13.73 vs 194.72 ± 10.06 Nm)] (Πίνακας 2, Σχήμα 3).

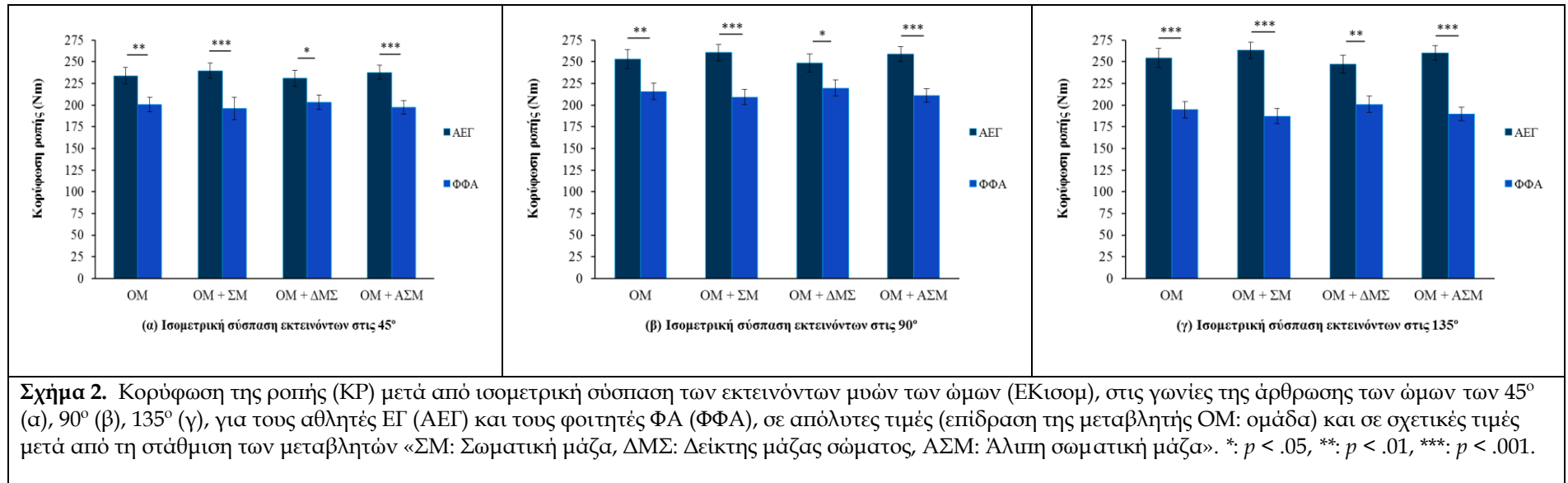
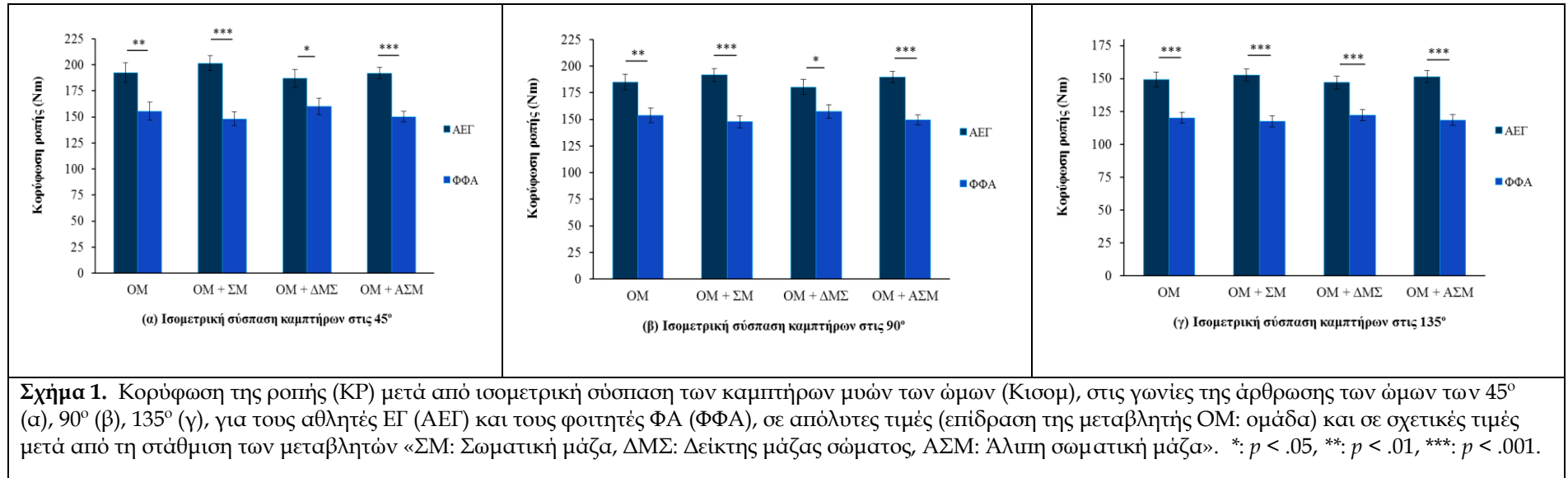
Ακολούθησε πολυμεταβλητή ανάλυση συνδιακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANCOVA), για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων στην ΚΡ κατά την ισομετρική σύσπαση των καμπτήρων μυών των ώμων στις 45°, 90° και 135° με συνδιακυμαντές τις μεταβλητές «ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ» (Πίνακας 1). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής ομάδα στη μεταβλητή ΕΚισομ στις 45°, στις 90° και στις 135° ήταν στατιστικά σημαντική μετά την εκ περιτροπής στάθμιση των μεταβλητών «ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ». Η ΚΡ για την ΕΚισομ ήταν σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερη για τους αθλητές ΕΓ, συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ (Πίνακας 2, Σχήμα 3).

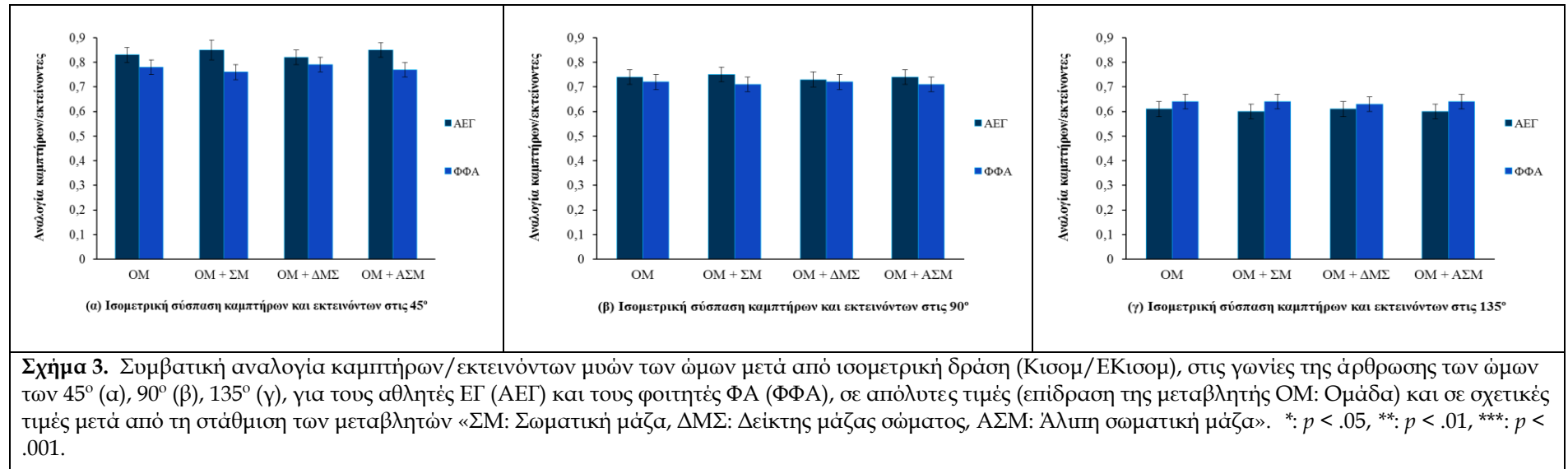
Διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς τη συμβατική αναλογία κατά την ισομετρική δράση

Για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων, ως προς την αναλογία των καμπτήρων προς τους εκτεινόντες μυς των ώμων κατά την ισομετρική δράση (Κισομ/ΕΚισομ) στις 45°, 90° και 135°, χρησιμοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANOVA). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «ομάδα» στην εξαρτημένη μεταβλητή «Κισομ/ΕΚισομ» δεν ήταν στατιστικά σημαντική, Wilks' $\lambda = .68$, $F(3, 29) = 0.59$, $p = .626$, $\eta^2 = .06$. Από τις αναλύσεις διακύμανσης, που ακολούθησαν για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, προέκυψε ότι οι δύο ομάδες δεν διέφεραν μεταξύ τους, ως προς την αναλογία Κισομ/ΕΚισομ στις 45°, στις 90° και στις 135° (Πίνακας 2, Σχήμα 4).

Ακολούθησε πολυμεταβλητή ανάλυση συνδιακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way MANCOVA), για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων, ως προς την αναλογία Κισομ/ΕΚισομ στις 45°, 90° και 135° με συνδιακυμαντές τις μεταβλητές «ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ» (Πίνακας 1). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής ομάδα στη μεταβλητή Κισομ/ΕΚισομ στις 45° στις 90° και στις 135° δεν ήταν στατιστικά σημαντική μετά την εκ περιτροπής στάθμιση των μεταβλητών ΣΜ, ΔΜΣ, ΑΣΜ (Πίνακας 2, Σχήμα 4).

Σχήματα & Πίνακες





Πίνακας 1. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης και των αναλύσεων συνδιακύμανσης ως προς την ΚΡ και την αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων μυών των ώμων, κατά την ισομετρική δράση των αθλητών ΕΓ και των φοιτητών ΦΑ που συμμετείχαν στην έρευνα

Παράμετρο	Κισομ στις 45°							Κισομ στις 90°							Κισομ στις 135°						
	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ		F	p	η ²	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ		F	p	η ²	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ		F	p	η ²
M	SE	M	SE	M				SE	M	SE	M				SE	M	SE	M			
OM	192.53	9.80	155.56	8.18	8.53	.006	.22	184.90	7.61	153.61	6.95	9.21	.005	.23	149.37	5.52	120.22	3.95	19.27	.000	.38
OM + ΣΜ	201.44	7.21	148.14	6.54	28.43	.000	.30	191.77	6.12	147.89	5.56	26.74	.000	.47	152.58	4.55	117.55	4.13	30.81	.000	.51
OM + ΔΜΣ	186.86	8.68	160.28	7.89	4.90	.035	.14	180.44	7.13	157.33	6.48	5.48	.026	.15	147.01	4.77	122.18	4.34	14.12	.001	.32
OM + ΑΣΜ	192.01	5.66	150.16	5.15	39.94	.000	.57	189.82	5.14	149.51	4.68	32.90	.000	.52	151.41	4.41	118.52	4.02	29.79	.000	.50

Παράμετρο	ΕΚισομ στις 45°							ΕΚισομ στις 90°							ΕΚισομ στις 135°						
	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ		F	p	η ²	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ		F	p	η ²	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ		F	p	η ²
M	SE	M	SE	M				SE	M	SE	M				SE	M	SE	M			
OM	234.07	9.22	200.78	8.42	7.11	.012	.19	253.23	10.89	215.81	9.36	6.87	.013	.18	254.60	13.73	194.72	10.06	12.90	.001	.29
OM + ΣΜ	239.68	8.71	196.10	12.92	7.92	.001	.30	260.76	9.52	209.53	8.65	15.04	.001	.33	263.32	11.15	187.46	10.13	24.05	.000	.45
OM + ΔΜΣ	230.93	9.33	203.39	8.46	4.57	.041	.13	248.48	10.36	219.77	9.42	4.01	.054	.12	247.14	11.44	200.94	10.39	8.52	.007	.22
OM + ΑΣΜ	237.92	8.28	197.57	7.54	12.71	.001	.30	258.83	8.52	211.14	7.76	16.77	.000	.36	260.37	10.60	189.91	9.66	23.63	.000	.44

Παράμετροι	Κισομ/ΕΚισομ στις 45°							Κισομ/ΕΚισομ στις 90°							Κισομ/ΕΚισομ στις 135°						
	Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ					Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ					Αθλητές ΕΓ		Φοιτητές ΦΑ				
	M	SE	M	SE	F	p	η ²	M	SE	M	SE	F	p	η ²	M	SE	M	SE	F	p	η ²
ΟΜ	0.83	0.03	0.78	0.03	1.21	.280	.04	0.74	0.03	0.72	0.03	0.37	.546	.01	0.61	0.03	0.64	0.03	0.53	.472	.02
ΟΜ + ΣΜ	0.85	0.04	0.76	0.03	3.76	.062	.11	0.75	0.03	0.71	0.03	0.69	.414	.02	0.60	0.03	0.64	0.03	1.12	.299	.04
ΟΜ + ΔΜΣ	0.82	0.03	0.79	0.03	0.25	.623	.01	0.73	0.03	0.72	0.03	0.11	.748	.00	0.61	0.03	0.63	0.03	0.16	.690	.01
ΟΜ + ΑΣΜ	0.85	0.03	0.77	0.03	3.74	.063	.11	0.74	0.03	0.71	0.03	0.55	.464	.02	0.60	0.03	0.64	0.03	1.06	.310	.03

Επεξηγήσεις. Κισομ: Καμπήρες των ώμων ισομετρική σύσπαση, ΕΚισομ: Εκτεινόντες των ώμων ισομετρική σύσπαση, Κισομ/ΕΚισομ: Συμβατική αναλογία καμπήρων/εκτεινόντων, Μ: Μέσος όρος, SE: Τυπικό σφάλμα, F: Στατιστικό, p: Επίπεδο εμπιστοσύνης, ΟΜ: Ομάδα, ΣΜ: Σωματική μάζα (69.67), ΔΜΣ: Δείκτης μάζας σώματος (22.75), ΑΣΜ: Άλυπη σωματική μάζα (62.80).

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Στην παρούσα έρευνα αξιολογήθηκε εργαστηριακά η ισομετρική ΚΡ και η αναλογία των καμπτήρων προς τους εκτεινόντες μυς των ώμων, με ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των δυο άνω άκρων, σε αθλητές ΕΓ υψηλού επιπέδου και σε φοιτητές ΦΑ. Τα αποτελέσματα αποτελούν πρωτότυπα δεδομένα, η ανάλυση των οποίων θα συνεισφέρει στον προσδιορισμό ενός προτύπου ισομετρικής ΚΡ και αναλογίας των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών των ώμων με τεντωμένα άνω άκρα σε συγκεκριμένες γωνίες, ανάλογες με αυτές που παρατηρούνται κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων δεξιοτήτων ΕΓ.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και καταγράφηκαν, εξετάστηκαν με βάση τις υποθέσεις της έρευνας για αναζήτηση διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων, ως προς την ισομετρική ΚΡ και ως προς την αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων μυών των ώμων. Λαμβάνοντας υπόψη προγενέστερα ερευνητικά δεδομένα (Jaric, 2002), αξιολογήθηκε η ισομετρική ΚΡ που παράγαν οι συμμετέχοντες των δύο ομάδων, σε απόλυτες τιμές και σε σταθμισμένες τιμές, ως προς τη ΣΜ, το ΔΜΣ και την ΑΣΜ. Από τα αποτελέσματα προέκυψαν διαφορές στην ισομετρική ΚΡ των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών των ώμων σε απόλυτες και σε σχετικοποιημένες τιμές και στις τρεις γωνίες που εξετάστηκαν υπέρ των αθλητών ΕΓ συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν αναφερθεί για μικρούς αθλητές ενόργανης συγκριτικά με μη αθλούμενα παιδιά για μυς διαφορετικών αρθρώσεων (Halin, Germain, Buttelli, & Kapitaniak, 2002; Maffulli, King, & Helms, 1994).

Σύμφωνα με τον Jaric (2002), η λειτουργική κινητική απόδοση μπορεί να σχετίζεται με το μέγεθος του σώματος και διαφορετικά σωματικά μεγέθη, που είναι πιθανόν να σχετίζονται με διαφορετικό τρόπο με διαφορετικούς τύπους κινητικής απόδοσης. Σε αυτήν την κατεύθυνση, έχει υποστηριχθεί ότι οι αθλητές της ΕΓ που πετυχαίνουν εξαιρετικές επιδόσεις σε δύσκολες δεξιότητες είναι κοντότεροι, με χαμηλότερο ποσοστό λίπους, μεγαλύτερη μυϊκή μάζα και μεγαλύτερη απόλυτη και σχετική δύναμη, συγκριτικά με αθλητές ΕΓ χαμηλότερου επιπέδου (Faria & Faria, 1989). Κατά συνέπεια, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η σχετικοποίηση των τιμών της ΚΡ ως προς τη ΣΜ, το ΔΜΣ και την ΑΣΜ παρέχει χρήσιμες πληροφορίες ως προς τη λειτουργική δύναμη των αθλητών της ΕΓ και την αποτελεσματικότητα που εξασφαλίζει ως προς την εκτέλεση των δεξιοτήτων ΕΓ. Αυτό, αναφέρεται ιδιαίτερα σε δεξιότητες που απαιτούν τη σταθεροποίηση ή/και τη δυναμική μεταφορά του βάρους του σώματός τους (π.χ., «ψαράκι εξάρτησης ή στήριξης», «δυναμική πίεση στην κατακόρυφη στήριξη», κλπ). Ωστόσο, κατά τη σχετικοποίηση των τιμών της ΚΡ με βάση τους παραπάνω παράγοντες, δεν λαμβάνεται υπόψη για την αξιολόγηση των διαφορών ως προς τη λειτουργική δύναμη των αθλητών, η κατανομή της ΣΜ. Η κατανομή της ΣΜ είναι ένας παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματική εκτέλεση συγκεκριμένων δεξιοτήτων σε συγκεκριμένα όργανα. Για παράδειγμα, μεταξύ δύο αθλητών ΕΓ με την ίδια σχετική ΚΡ καμπτήρων και εκτεινόντων μυών των ώμων και τα ίδια σχετικά χαρακτηριστικά ΣΜ, ΔΜΣ και ΑΣΜ, ποιοτικότερες και ασφαλέστερες εκτελέσεις στους κρίκους θα μπορεί να παρουσιάσει αυτός με την μεγαλύτερη κατανομή της ΣΜ στο πάνω μέρος του σώματος (κορμό και άνω άκρα). Αυτό υποστηρίζεται και από το γεγονός ότι οι αθλητές της ΕΓ που διακρίνονται στις μεγάλες διοργανώσεις, παρουσιάζουν έναν τέτοιο σωματότυπο, με μικρές ίσως εξαιρέσεις για τους αθλητές ΕΓ που διακρίνονται ιδιαίτερα στις ασκήσεις εδάφους και στο άλμα ίππου. Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις σωματοτυπικές διαφορές, για την αποτελεσματικότερη αξιολόγηση της σχετικής ΚΡ και της λειτουργικής δύναμης σχετισμένης με την απόδοση σε συγκεκριμένες κινητικές δεξιότητες ΕΓ, προτείνεται η στάθμιση και άλλων παραγόντων, όπως για παράδειγμα η εγκάρσια διατομή των μυών που ενεργοποιούνται σε συγκεκριμένες κινήσεις.

Έχει υποστηριχθεί ερευνητικά ότι, επειδή οι εκτεινόντες μυς των ώμων έχουν μεγαλύτερη μάζα, είναι αναμενόμενο να μπορούν να παράγουν μεγαλύτερη ροπή από τους καμπτήρες (Cahalan, Johnson, & Chao, 1991; Cook et al., 1987; Siatras et al., 2010; Wochatz et al., 2017; Zhou et al., 2014). Λαμβάνοντας υπόψη αυτή τη θεώρηση, μπορεί να υποτεθεί ότι η ανισορροπία των καμπτήρων προς τους εκτεινόντες οφείλεται στη διαφορετική εγκάρσια επιφάνεια των μυών, που ευθύνονται για την κάμψη και την έκταση των ώμων. Προγενέστερες μελέτες έχουν παρουσιάσει αναλογίες καμπτήρων/εκτεινόντων των ώμων ίσες με 0.80 για φυσιολογικούς συμμετέχοντες, 0.70 έως 0.80 για ρίπτες και 0.76 έως 0.80 για μη-ρίπτες στο μπίτζμπολ (Cook et al., 1987), 0.75 έως 0.80 για ενήλικες παίχτες τένις (Ellenbecker, 1991) και 0.80 ο Ivey και συνεργάτες (1985). Αντίθετα, μερικές έρευνες έχουν αναφέρει μικρότερες αναλογίες καμπτήρων/εκτεινόντων, υποδηλώνοντας ασυμφωνίες μεταξύ των μελετών. Για παράδειγμα, οι Alderink και Kuck (1986) ανέφεραν αναλογία 0.63 για ρίπτες ηλικιακής κατηγορίας γυμνασίου και κολλεγίου, ο Housh και συνεργάτες (1990) ανέφεραν αναλογία 0.63 για παλαιστές ηλικιακής κατηγορίας γυμνασίου και οι Hughes, Johnson, Skow, An, και O'Driscoll (1999) ανέφεραν αναλογία 0.43 έως 0.82 για ισομετρική αξιολόγηση δύναμης στις γωνίες των 90°, 60° και 30°, για φυσιολογικά άτομα (άνδρες και γυναίκες) δια-

φόρων ηλικιών. Λαμβάνοντας υπόψη τον διαφορετικό σχεδιασμό των ερευνών, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτά που παρουσιάστηκαν παραπάνω (0.59 έως 0.84 και στηρίζουν την υπόθεση ότι η μακρόχρονη και συστηματική εκτέλεση δεξιοτήτων ΕΓ σε υψηλό αγωνιστικό επίπεδο και η οργανωμένη προπόνηση με αγωνιστικό προσανατολισμό, δεν επιδρούν αρνητικά στην ισορροπία της δύναμης μεταξύ των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών των ώμων των αθλητών.

Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις

Οι προπονητές της ΕΓ μπορούν να αξιοποιήσουν τις μεθόδους αξιολόγησης και τα πρωτότυπα δεδομένα της παρούσας έρευνας, για να αξιολογήσουν τη βελτίωση της δύναμης κατά την κάμψη/έκταση των ώμων, μετά από την εφαρμογή κατάλληλα σχεδιασμένων προγραμμάτων προπόνησης, ή τη μείωση της δύναμης μετά από τη διακοπή ενός προγράμματος ή μετά από τραυματισμό. Επιπρόσθετα, ανάλογες αξιόπιστες μετρήσεις είναι δυνατό να παρέχουν πληροφόρηση σχετικά με την πρόοδο των αθλητών στην πορεία του χρόνου, που θα φανούν χρήσιμες στην καθοδήγηση της προπόνησης με σκοπό την επίτευξη δύσκολων δεξιοτήτων ΕΓ, όπως για παράδειγμα (α) στατικά στοιχεία (π.χ., «ψαράκι εξάρτησης», «Μαππα», «ψαράκι στήριξης», «Swallow») και (β) στοιχεία δύναμης (π.χ., «δυναμική πίεση στην κατακόρυφη με κεκαμμένο ή τεντωμένο σώμα και τεντωμένα χέρια», «από τη θέση ψαράκι εξάρτησης δυναμική πίεση στο swallow ή στο ψαράκι στήριξης»).

Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι δυνατό να φανούν πολύ χρήσιμα στους επαγγελματίες της άσκησης και του αθλητισμού (π.χ., προπονητές, θεραπευτές) και τους ερευνητές της φυσικής δραστηριότητας, του αθλητισμού, της άσκησης και των καθημερινών δραστηριοτήτων ή επαγγελμαμάτων που απαιτούν το συντονισμό και των δύο χεριών, επειδή παρέχουν αντικειμενικές και λειτουργικές τιμές της δύναμης των ώμων. Ανάλογες μετρήσεις μπορεί να είναι πολύ χρήσιμες για τον εντοπισμό σημαντικών μεταβολών μετά από παρεμβάσεις ή της επιδείνωσης της δύναμης στην πορεία του χρόνου. Επίσης, παρότι η ισορροπία της ευκαμψίας και της δύναμης των μυών του στροφικού πετάλου παίζουν τον κεντρικό ρόλο για τη σταθερότητα της άρθρωσης των ώμων, η κατάλληλη ισορροπία των μυών που δρουν στην κάμψη και την έκταση των ώμων, όπως για παράδειγμα του μείζονα θωρακικού και του δελτοειδή, είναι επίσης αναγκαία για την καλή λειτουργία των ώμων και την πρόληψη των τραυματισμών.

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Η παρούσα έρευνα είχε μερικούς περιορισμούς. Το δείγμα αποτελούνταν από 15 ενήλικες αθλητές ΕΓ υψηλού επιπέδου και από 18 φοιτητές ΦΑ, αντίστοιχης ηλικίας, μιας μεγάλης πόλης. Αξιολογήθηκαν εργαστηριακά με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου και συζητήθηκαν οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την ισομετρική ΚΡ και ως προς την αναλογία των καμπτήρων/εκτεινόντων μυών των ώμων σε τρεις συγκεκριμένες γωνίες. Έχει υποστηριχθεί από μερικούς ερευνητές ότι η μέτρηση της ισομετρικής ΚΡ δεν είναι ενδεικτική της λειτουργικότητας των μυών στα αθλήματα και ενδεχομένως η έκκεντρη αξιολόγηση να είναι περισσότερο χρήσιμη (π.χ., Byram et al., 2010). Μελλοντικά, προτείνεται να εξεταστεί παράλληλα με την ισομετρική και η ισοκινητική ομόκεντρη και έκκεντρη ΚΡ και να εξεταστούν και να συζητηθούν και οι επιδράσεις των διαφορετικών γωνιών και γωνιακών ταχυτήτων καθώς και του τύπου της μυϊκής σύσπασης στην ΚΡ και στην αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων. Επίσης, προτείνεται να διερευνηθούν οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμενικών και των λειτουργικών τιμών δύναμης των αθλητών ΕΓ ή/και των φοιτητών ΦΑ με την απόδοσή τους σε δεξιότητες μεγάλης δυσκολίας, που να ανταποκρίνονται στο επίπεδό τους και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Τέλος, προτείνεται η αξιολόγηση άλλων χαρακτηριστικών της δύναμης εκτός από την ΚΡ (π.χ., ο χρόνος που χρειάζεται για την επίτευξη της ΚΡ, το συνολικό έργο, η ισχύς) και άλλες κινήσεις της άρθρωσης των ώμων (π.χ., εσωτερική, εξωτερική στροφή), σε μεγαλύτερο δείγμα αθλητών ή/και αθλητριών ΕΓ, αθλητών/τριών άλλων αθλημάτων και μη αθλητών διαφόρων ηλικιών. Εξετάζοντας και αξιολογώντας τις σχέσεις μεταξύ αυτών των παραμέτρων, είναι δυνατό να παραχθούν δεδομένα που να υποστηρίζουν τη μεταφορά και την αξιοποίηση των δεδομένων σε διαφορετικά πρωτόκολλα για διαφορετικά αθλήματα, φυσικές δραστηριότητες και καθημερινές δραστηριότητες.

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Η αξιολόγηση της απόδοσης των αθλητών με τη χρήση της ισοκινητικής δυναμομετρίας είναι σημαντική και χρήσιμη για την πρόβλεψη της επίδοσης-απόδοσης, την παρακολούθηση της προπόνησης και την επιλογή ταλέντων σε διάφορα αθλήματα, καθώς και για την πρόληψη και αποκατάσταση τραυματισμών τόσο σε μαζικά αθλούμενους όσο και σε αθλητές (Baltzopoulos & Brodie, 1989; Dunlavy et al., 2007; Kellis & Baltzopoulos, 1995; Perrin, 1993). Συγκεκριμένα, στο άθλημα της ΕΓ οι προπονητές υλοποιώντας και αναλύοντας συγκεκριμένες εργαστηριακές μετρήσεις δύναμης, όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, θα είναι σε θέση να γνωρίζουν πόσο κοντά βρίσκονται οι αθλητές τους στη βέλτιστη απόδοσή τους. Αυτή η πληροφόρηση θα είναι σημαντική και ουσιαστική για τον εξατομικευμένο σχεδιασμό της προπόνησης, σχετικά με την εφαρμογή στοιχείων δύναμης και ειδικότερα για την επιλογή ή απόρριψη δεξιοτήτων για εξάσκηση ή για συμπεριλήψή τους σε αγωνιστικά προγράμματα.

Βιβλιογραφία

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: Quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine*, 26, 231-237.
- Alderink, G. J., & Kuck, D. J. (1986). Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 7, 163-172.
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26, 217-238.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. *Sports Medicine*, 8(2), 101-116.
- Baltzopoulos, V., & Kellis, E. (1998). Isokinetic strength during childhood and adolescence. In E. Van Praagh (ed.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 225-240). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bango, B., Sillero-Quintana, M., & Grande, I. (2013). New tool to assess the force production in the swallow. *Science of Gymnastics Journal*, 5(3), 47-58.
- Bassa, H., Kotzamanidis, Ch., Siatras, Th., Mameletzi, D., Skoufas, D. (2002). Coactivation of Knee Muscles During Isokinetic Concentric and Eccentric Knee Extensions and Flexions in Prepubertal Gymnasts. *Isokinetics and Exercise Science*, 10(3), 137-144.
- Bassa, H., Michailidis, H., Kotzamanidis, Ch., Siatras, Th., & Chatzikotoulas, K. (2002). Concentric and eccentric isokinetic knee torque in pre-pubescent male gymnasts. *Journal of Human Movement Studies*, 42, 213-227.
- Byram, I. R., Bushnell, B. D., Dugger, K., Charron, K., Harrell, F. E., & Noonan, T. J. (2010). Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers Identifying players at risk for injury. *American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1375e1382.
- Cahalan, T. D., Johnson, M. E., & Chao, E. Y. S. (1991). Shoulder strength analysis using the Cybex II. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 271, 249-257.
- Caine, D. J. (2003). Injury epidemiology. In W.A. Sands, D.J. Caine, & J. Borms (Eds.), *Scientific Aspects of Women's Gymnastics, Medicine and Sports Science*, (pp. 72-104). Basel, Switzerland: Karger.
- Chandler, T. J., Kibler, W. B., Stracener, E. C., Ziegler, A. K., & Pace, B. (1992). Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *American Journal of Sports Medicine*, 20(4), 455-458.
- Codine, P., Bernard, P. L., Pocholle, M., Benaim, C., & Brun, V. (1997). Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1400-1405.
- Computer Sports Medicine, Inc. (CSMI) (2006). *Humac®/Norm™ testing & rehabilitation system user's guide model 770*. Stoughton, MA: Computer Sports Medicine, Inc.
- Cook, E. E., Gray, V. L., Savinar-Nogue, E., & Medeiros, J. (1987). Shoulder antagonistic strength ratios: a comparison between college-level baseball pitchers and nonpitchers. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8, 451-461.
- Cools, A. M., Geerooms, E., Van den Berghe, D. F., Cambier, D. C., & Witvrouw, E. E. (2007). Isokinetic scapular muscle performance in young elite gymnasts. *Journal of Athletic Training*, 42(4), 458-463.
- Davies, G. A. (1992). *Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques*, 4th ed. Onalaska, WI, USA, S & S Publishers.

- Difiori, J. P., Caine, D. J., & Malina, R. M. (2006). Wrist pain, distal radial physeal injury, and ulnar variance in the young gymnast. *The American Journal of Sports Medicine*, 34, 840-849.
- Dunlavy, J. K., Sands, W. A., McNeal, J. R., Stone, M. H., Smith, S. L., Jemni, M., et al. (2007). Strength performance assessment in a simulated men's gymnastics still rings cross. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 93-97.
- Edouard, P., Codine, P., Samozino, P., Bernard, P-L., Hérisson, Ch., & Gremeaux, V. (2013). Reliability of shoulder rotators isokinetic strength imbalance measured using the Biodex dynamometer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, 162-165.
- Ellenbecker, T. S. (1991). A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinetics and Exercise Science*, 1, 9-21.
- Ellenbecker, T. S., & Davies, G. J. (2000). The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Athletic Training*, 35, 338-350.
- Ellenbecker, T., & Roetert, E. (1999). Testing isokinetic muscular fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis players. *Journal of Orthopaedic Sports and Physical Therapy*, 29(5), 275-281.
- Falk, B., & Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 22, 176-186.
- Faria, I. E., & Faria, E. W. (1989). Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29(4), 369-378.
- Gerodimos, V., Karatrantou, K., Paschalis, V., Zafeiridis, A., Katsareli, E., Bilios, P., et al. (2015). Reliability of concentric and eccentric strength of hip abductors and adductors muscles in young soccer players. *Biology of Sport*, 32, 351-356.
- Gerodimos, V., Manou, V., Zafeiridis, A., Ioakimidis, P., Stavropoulos, N., & Kellis, S. (2003). Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratios in young basketball players: Effects of age, velocity, and contraction mode. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 444-452.
- Gozlan, G., Bensoussan, L., Coudreuse, J. M., Fondarai, J., Gremeaux, V., Viton, J. M., et al. (2006). Isokinetic dynamometer measurement of shoulder rotational strength in healthy elite athletes (swimming, volley-ball, tennis): Comparison between dominant and non-dominant shoulder. *Annales de Readaptation et de Medecine Physique*, 49(1), 8-15.
- Hadzic, V., Ursej, E., Kalc, M., & Dervisevic, E. (2012). Reproducibility of shoulder short range of motion in isokinetic and isometric strength testing. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 10, 83-89.
- Halin, R., Germain, P., Buttelli, O., & Kapitaniak, B. (2002). Differences in strength and surface electromyogram characteristics between pre-pubertal gymnasts and untrained boys during brief and maintained maximal isometric voluntary contractions. *European journal of applied physiology*, 87(4-5), 409-415.
- Housh, T. J., Hughes, R. J., Johnson, G. O., Housh, D. J., Wagner, L. L., Weir, J. P., et al. (1990). Age-Related Increases in the Shoulder Strength of High School Wrestlers. *Pediatric Exercise Science*, 2, 65-72.
- Hughes, R. E., Johnson, M. E., Skow, A., An, K. N., & O'Driscoll, S. W. (1999). Reliability of a simple shoulder endurance test. *Journal of Musculoskeletal Research*, 3(3), 195-200.
- Ivey, P. M., Calhoun, J. H., Rusche, K., & Bierschenk, J. (1985). Isokinetic testing of shoulder strength: Normal values. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 66, 384-386.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. (1985). Practical assessment of body composition. *Physician Sport Medicine*, 13, 76-90.
- Jaric, S. (2002). Muscle strength testing: use of normalization for body size. *Sports Medicine*, 32, 615-631.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 11-18.
- Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (1995). Isokinetic eccentric exercise. *Sports Medicine*, 19, 202-222.
- Kellis, S., Gerodimos, V., Kellis, E., & Manou, V. (2001). Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 9, 31-39.
- Maffulli, N., King, J. B., & Helms, P. (1994). Training in elite young athletes (the Training of Young Athletes (TOYA) Study): injuries, flexibility and isometric strength. *British journal of sports medicine*, 28(2), 123-136.
- McDonough, A., & Funk, L. (2014). Can glenohumeral joint isokinetic strength and range of movement predict injury in professional rugby league. *Physical Therapy in Sport*, 15(2), 91-6.

Μυλώσης κ.ά. / Αναζητήσεις στη Φ.Α. & τον Αθλητισμό, 16 (2018), 8 – 22

- Meeusen, R., & Borms, J. (1992). Gymnastic injuries. *Sports Medicine*, 13(5), 337-356.
- Meeteren, J., Roebroek, M. E., & Stam, H. J. (2002). Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder. *Journal of Rehabilitative Medicine*, 34, 91-95.
- Mikesky, A. E., Edwards, J. E., Wigglesworth, J. K., & Kunkel, S. (1995). Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(5), 638-642.
- Milosis, C. D., Siatras, T., Christoulas, K., & Patikas, D. (2018). Relative and absolute reliability of isometric and isokinetic shoulder torque and flexion/extension ratios in gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 10(2), 227-244.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Siatras, Th., Douka, I., & Milosis, D. (2010). Feasibility and reproducibility of muscular strength measures in gymnastics-specific body positions using hand-held dynamometry. *Isokinetics and Exercise Science*, 18(4), 223-234.
- Siatras, Th., Mameletzi, D., & Kellis, S. (2004). Knee flexor: Extensor isokinetic ratios in young male gymnasts and swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 16, 37-43.
- Wochatz, M., Rabe, S., Wolter, M., Engel, T., Mueller, S., & Mayer, F. (2017). Muscle activity of upper and lower trapezius and serratus anterior during unloaded and maximal loaded shoulder flexion and extension. *International Biomechanics*, 4(2), 68-76.
- Zhou, J. H., Liu, Y., Cheng, L., & Jiang, Y-F. (2014). Research of shoulder isokinetic power test of excellent gymnasts. In W-P. Sung, J. C. M. Kao, & R. Chen (Eds.), *Environment, Energy and Sustainable Development*, (pp. 627-629). London: Taylor & Francis Group.

Υπεύθυνος έκδοσης: Ελληνική Ακαδημία Φυσικής Αγωγής, **Υπεύθυνη συντακτικής επιτροπής:** Όλγα Κούλη, **Επιμελητές έκδοσης:** Βάσω Ζήση, Βασίλης Γεροδήμος, Αντώνης Χατζηγεωργιάδης, Θανάσης Τσιόκανος, Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Γιώργος Τζέτζης, Θωμάς Κουρτέσης, Ευάγγελος Αλμπανιδής, Κων/να Δίπλα. **Διαχείριση-επιμέλεια-στοιχειοθεσία:** Ευάγγελος Γαλάνης, Βασίλης Μπούγλας.

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