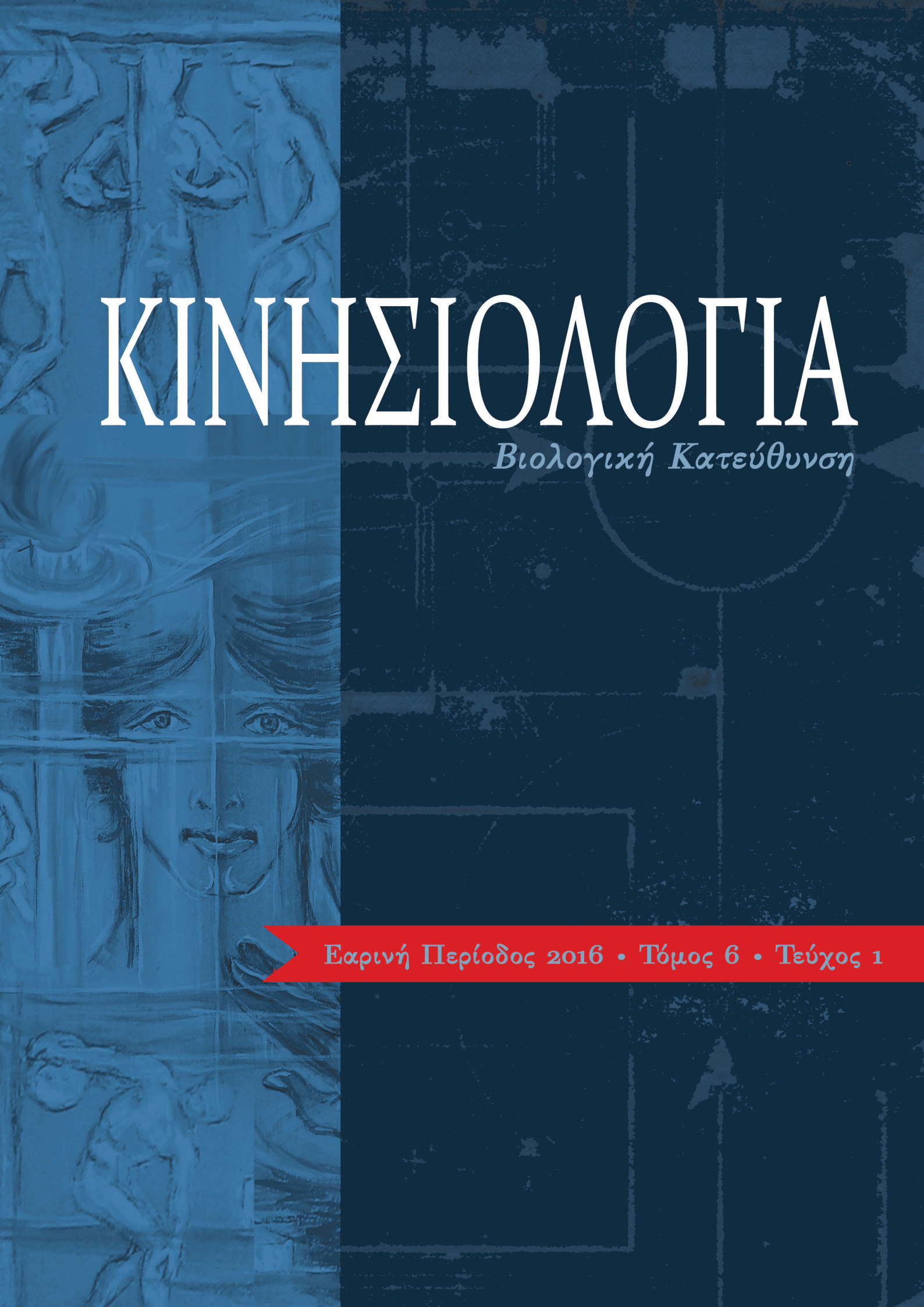


The background of the cover is a dark blue-grey color. On the left side, there is a vertical strip containing several classical sculptures and anatomical drawings, all in a lighter blue-grey tone. The main title 'ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ' is written in large, white, serif capital letters across the upper half of the cover. Below it, the subtitle 'Βιολογική Κατεύθυνση' is written in a smaller, white, italicized serif font. At the bottom, a red banner contains the text 'Εαρινή Περίοδος 2016 • Τόμος 6 • Τεύχος 1' in white, sans-serif font.

ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

Βιολογική Κατεύθυνση

Εαρινή Περίοδος 2016 • Τόμος 6 • Τεύχος 1



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

Βιολογική Κατεύθυνση

Εαρινή Περίοδος 2016 • Τόμος 6 • Τεύχος 1

ΙΔΡΥΤΗΣ

ΒΑΣΙΛΗΣ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ, Ομότιμος Καθηγητής Εργοφυσιολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ

ΝΙΚΟΣ ΓΕΛΑΔΑΣ, Καθηγητής Εργοφυσιολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΕΥΧΟΥΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΠΟΥΝΤΟΛΟΣ, Καθηγητής Βιομηχανικής
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΕΥΧΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΤΕΡΟΛΙΩΤΗΣ, Καθηγητής Μεθοδολογίας Αθλητικής Έρευνας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αθλητιατρική

ΑΣΤΕΡΙΟΣ ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ, Καθηγητής Αθλητιατρικής
ΤΕΦΑΑ Θεσσαλονίκης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΚΟΥΪΔΗ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Αθλητιατρικής
ΤΕΦΑΑ Θεσσαλονίκης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΠΑΛΤΟΠΟΥΛΟΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Λειτουργικής Ανατομικής ΣΕΦΑΑ,
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθλητική Βιομηχανική

ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΠΟΥΝΤΟΛΟΣ, Καθηγητής Βιομηχανικής
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΡΟΥΣΑΝΟΓΛΟΥ, Επίκουρη Καθηγήτρια Βιομηχανικής
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθλητική Διατροφή

ΛΑΜΠΡΟΣ ΣΥΝΤΩΣΗΣ, Καθηγητής Διατροφής & Διαιτολογίας
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

ΣΤΑΥΡΟΣ ΚΑΒΟΥΡΑΣ, Επίκουρος Καθηγητής Εργοφυσιολογίας & Διατροφής
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

ΙΦΙΓΕΝΕΙΑ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ, Λέκτορας Διατροφής,
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθλητική Παιδαγωγική

† ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΧΑΤΖΗΧΑΡΙΣΤΟΣ, Καθηγητής Αθλητικής Παιδαγωγικής
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΖΟΥΝΧΙΑ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Αθλητικής Παιδαγωγικής
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΤΖΟΡΜΠΑΤΖΟΥΔΗΣ, Καθηγητής Αθλητικής Ψυχολογίας
ΤΕΦΑΑ Θεσσαλονίκης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ, Λέκτορας Διδακτικής Φυσικής Αγωγής
ΤΕΦΑΑ Θεσσαλονίκης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Αθλητική Φυσικοθεραπεία

ΣΠΥΡΟΣ ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ, Καθηγητής Φυσικοθεραπείας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΜΑΝΔΑΛΙΔΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής Φυσικοθεραπείας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθλητική Ψυχολογία

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΡΟΥΪΟΣ, Καθηγητής Κινητικής Συμπεριφοράς
ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΜΑΡΙΑ ΨΥΧΟΥΝΤΑΚΗ, Αναπλώτρια Καθηγήτρια Αθλητικής Ψυχολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΣΤΑΥΡΟΥ, Λέκτορας Αθλητικής Ψυχολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εργοφυσιολογία & Εργομετρία

ΙΩΑΝΝΗΣ ΒΡΑΜΠΑΣ, Καθηγητής Εργοφυσιολογίας
ΤΕΦΑΑ Σερρών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΣΑΒΒΑΣ ΤΟΚΜΑΚΙΔΗΣ, Καθηγητής Εργοφυσιολογίας
ΤΕΦΑΑ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

ΜΑΡΙΑ ΚΟΥΣΚΟΛΟΥ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εργοφυσιολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μεθοδολογία, Φιλοσοφία, Κοινωνιολογία & Ιστορία του Αθλητισμού

ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΤΕΡΟΛΙΩΤΗΣ, Καθηγητής Μεθοδολογίας Αθλητικής Έρευνας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΚΙΩΣΟΣ, Διδάκτορας ΕΚΠΑ

Προπονητική

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Καθηγητής Κλασικού Αθλητισμού
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΤΕΡΖΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Αθλητικών Ρίψεων
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΙΩΑΝΝΗΣ ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ιστιοπλοΐας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΑΡΓΥΡΗΣ ΤΟΥΜΠΕΚΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής Κολύμβησης
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ελληνικός Παραδοσιακός Χορός

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΤΥΡΟΒΟΛΑ, Καθηγήτρια Ελληνικού Παραδοσιακού Χορού
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΜΑΡΙΑ ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΑ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ελληνικού Παραδοσιακού Χορού
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΚΑΤΙΑ ΣΑΒΡΑΜΗ, Επίκουρη Καθηγήτρια Ιστορίας & Θεωρίας του Χορού
Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Τμήμα Θεατρικών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πατρών

ΑΝΔΡΟΜΑΧΗ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, Διδάκτορας Εθνομολογίας
Ερευνήτρια ΚΕΕΛ Ακαδημίας Αθηνών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

Η ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ περιλαμβάνει επιστημονικές εργασίες υπό μορφή ερευνητικού άρθρου, ανα-
σκόπησης βιβλιογραφίας ενός επιστημονικού αντικειμένου και ανάλυσης ατομικών εξαιρετικών
περιστατικών. Εστιάζεται σε δύο διαφορετικές κατεύθυνσεις: τη Βιολογική και την Ανθρωπι-
στική. Η Βιολογική κατεύθυνση αφορά στα πεδία της Αθλητιατρικής, Αθλητικής Βιομηχανικής,
Αθλητικής Διατροφής, Αθλητικής Φυσικοθεραπείας, Εργοφυσιολογίας, Εργομετρίας και Προ-
πονητικής. Η Ανθρωπιστική κατεύθυνση αφορά στην Αθλητική Παιδαγωγική, Αθλητική Ψυ-
χολογία, Μεθοδολογία, Κοινωνιολογία, Φιλοσοφία, Ιστορία του Αθλητισμού, και στον Ελληνικό
Παραδοσιακό Χορό.

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΑΧΙΛΛΕΑΣ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ, Τομέας Αθλητιατρικής & Βιολογίας της Άσκησης
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ & ΥΠΟΒΟΛΗ ΑΡΘΡΩΝ

e-mail: akleis@phed.uoa.gr
http://kinisiologia.phed.uoa.gr

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη 17237, Αθήνα

ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ • Βιολογική Κατεύθυνση • Εαρινή Περίοδος 2016 • Τόμος 6 • Τεύχος 1

Το επιστημονικό περιοδικό ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ © εκδίδεται σε ηλεκτρονική μορφή από τη Σχολή
Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών και αναρτάται στην
ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://kinisiologia.phed.uoa.gr>.
Για συνολική, μερική ή περιληπτική αναδημοσίευση και αναπαραγωγή άρθρου με οποιοδή-
ποτε μέσο ή τρόπο απαιτείται προηγούμενη γραπτή άδεια του Διευθυντή.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σχόλιο	7
του Διευθυντή Τεύχους Βιολογικής Κατεύθυνσης	
Η επίδραση της ασύμμετρης θέσης των ωμοπλάτων στη δύναμη των στροφικών μυών του ώμου αθλητριών πετοσφαίρισης	9
Ευαγγελία Αθανασοπούλου, Δημήτριος Καραγιαννάκης, Δημήτριος Μανδαλίδης, Αναστασία Μπενέκα, Παρασκευή Μάλλιου και Μαρία Μιχαλοπούλου	
Σύγκριση μορφολογικών χαρακτηριστικών αθλητών εθνικών ομάδων χειροσφαίρισης και πετοσφαίρισης	19
Κωνσταντίνος Νούτσος	
Η επίδραση ύψους τακουινιού υπόδησης στην ισορροπία κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση σώματος	28
Αναλίνα Εμμανουήλ και Ελισάβετ Ρουσάνογλου	
Επίδραση εκγύμνασης στην ισχύ των κάτω άκρων σε νεαρούς αθλητές της καλαθοσφαίρισης	38
Θεόδωρος Μπολάτογλου	
Η επίδραση των δυνάμεων αντίστασης στην κολύμβηση	48
Δήμητρα Ναυπακτίτου και Θεόδωρος Πλατάνου	
Οι τάσεις στο σύγχρονο ποδόσφαιρο	61
Θωμάς Μεταξάς	

ΣΧΟΛΙΟ

του Διευθυντή Τεύχους Βιολογικής Κατεύθυνσης

Αγαπητέ αναγνώστη,

Με μια μικρή καθυστέρηση στην έκδοση του παρόντος τεύχους της ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑΣ, επανερχόμαστε για να δώσουμε με τη συγκεκριμένη ύλη τη δυνατότητα στους αναγνώστες να πληροφορηθούν ορισμένα ενδιαφέροντα θέματα *Βιολογικής Κατεύθυνσης*, ικανά για προβληματισμό και συζήτηση.

Πράγματι, στις αθλοπαιδιές γίνεται αρκετή συζήτηση και προβληματισμός για την ανάπτυξη της δύναμης των στροφών μυών του ώμου και πως επηρεάζεται αυτή από την ασύμμετρη θέση των ωμοπλάτων σε αθλήτριες της πετοσφαίρισης, ενώ και η σύγκριση μορφολογικών χαρακτηριστικών μεταξύ αθλητών υψηλών επιδόσεων στη χειροσφαίριση και πετοσφαίριση προκαλεί ενδιαφέρον στη διαμόρφωση των αξιόπιστων κριτηρίων επιλογής νέων αθλητών.

Επίσης, τα ζητήματα που αναφέρονται στη διερεύνηση της επίδρασης των μεθόδων εκγύμνασης στην ισχύ των κάτω άκρων σε νέους αθλητές της καλαθοσφαίρισης, αλλά και η εξέταση των τάσεων στο σύγχρονο ποδόσφαιρο είναι από τα θέματα που βρίσκουν έδαφος για γόνιμο διάλογο στα πλαίσια της προπονητικής εφαρμογής.

Η σχέση της αγωνιστικής προσπάθειας στην κολύμβηση με τις εκδηλούμενες δυνάμεις αντίστασης αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της αθλητικής απόδοσης. Τέλος, η κινησιολογική-εργονομική προσέγγιση της ισορροπίας μέσω της διαφορετικής υπόδησης δίνει μια διαφορετική οπτική γωνία στη μελέτη της ανθρώπινης δραστηριότητας και ενδιαφέροντα στοιχεία για περαιτέρω διερεύνηση.

Οι πιο πάνω απλοί προβληματισμοί μπορούν να αποτελέσουν κινητήρια δύναμη σε κάποιον που πιστεύει πως πρέπει να μαθαίνει σε όλη του τη ζωή, γιατί όπως έγραφε ο Μπ. Μπρεχτ στο ποίημα του **Εγκώμιο στη μάθηση**:

Μάθαινε και τ' απλούστερα! Γι' αυτούς
που ο καιρός τους ήρθε
ποτέ δεν είναι πολύ αργά!

Μάθαινε το αβγ, δε σε φτάνει, μα συ
να το μαθαίνεις! Μη σου κατοφανεί!
Ξεκίνα! Πρέπει όλα να τα ξέρεις!

Εσύ να πάρεις πρέπει την εξουσία.

.....

Ψάξε για σχολείο, άστεγε!
Προμηθέους γνώση, παγωμένη!
Πεινασμένε, άρπαξε το βιβλίο: είν' ένα όπλο.

Εσύ να πάρεις πρέπει την εξουσία.

Μην ντρέπεσαι να ρωτήσεις, Σύντροφε!

Μην αφεθείς να πείθεται
μάθε να βλέπεις συ ο ίδιος!

Ό,τι δεν ξέρεις ο ίδιος
καθόλου δεν το ξέρεις.

Έλεγε το λογαριασμό
εσύ θα τον πληρώσεις.

Ψάξε με τα δάχτυλα κάθε σημάδι

Ρώτα: πώς βρέθηκε αυτό εδώ.

Εσύ να πάρεις πρέπει την εξουσία.

Κωσταντίνος Μπουντόλος

Διευθυντής Τεύχους Βιολογικής Κατεύθυνσης

Αθήνα, Ιούνιος 2016

Η επίδραση της ασύμμετρης θέσης των ωμοπλάτων στη δύναμη των στροφών μυών του ώμου αθλητριών πετοσφαίρισης

Ευαγγελία Αθανασοπούλου¹, Δημήτριος Καραγιαννάκης², Δημήτριος Μανδαλίδης², Αναστασία Μπενέκα¹, Παρασκευή Μάλλιου¹, Μαρία Μιχαλοπούλου¹

¹ Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

² Τομέας Αθλητιατρικής & Βιολογίας της Άσκησης, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ Ε., ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΗΣ Δ., ΜΑΝΔΑΛΙΔΗΣ Δ., ΜΠΕΝΕΚΑ Α., ΜΑΛΛΙΟΥ Π. και ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΥ Μ. Η επίδραση της ασύμμετρης θέσης των ωμοπλάτων στη δύναμη των στροφών μυών του ώμου αθλητριών πετοσφαίρισης. *Κινησιολογία*, Εαρινή Περίοδος 2016, Τόμος 6, Τεύχος 1, Σελ. 9-17. **Σκοπός.** Οι αθλήτριες, οι οποίες χρησιμοποιούν το άνω άκρο πάνω από το επίπεδο της κεφαλής (overhead), με τραυματισμούς του ώμου, εμφανίζουν συχνά ανισορροπία στη δύναμη των μυών του στροφικού πετάλου και της ωμοπλάτης. Ο σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να διερευνήσει τη σχέση της ασυμμετρίας των ωμοπλάτων με τη δύναμη των στροφών μυών του ώμου σε αθλήτριες πετοσφαίρισης χωρίς τραυματισμό στην ωμική ζώνη. **Μέθοδος.** Η ισοκινητική δύναμη των έσω και των έξω στροφών μυών του ώμου αξιολογήθηκε σε 29 αθλήτριες πετοσφαίρισης με μικρή (N=15) και μεγάλη ασυμμετρία των ωμοπλάτων (N=14). Η ασυμμετρία των ωμοπλάτων καθορίστηκε ως μικρή ή μεγάλη αν η διαφορά της οριζόντιας απόστασης των ωμοπλάτων από τη σπονδυλική στήλη (απαγωγή) ή/και της κάθετης απόστασής μεταξύ τους (κατάσπαση) ήταν μικρότερη ή μεγαλύτερη από 1,5 εκατοστό, αντίστοιχα. Η ισοκινητική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε 5 επαναλαμβανόμενους κύκλους σύγκεντρων /έκκεντρων συστολών στις 60°/s. **Αποτελέσματα.** Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, ως προς τη σύγκεντρη και έκκεντρη δύναμη των έσω και έξω στροφών μυών του ώμου και στα δύο άκρα. Παρόμοια ήταν τα ευρήματα τόσο για το πηλίκο της σύγκεντρης και έκκεντρης δύναμης των έσω προς τους έσω στροφείς (συμβατικά πηλίκια) όσο και για τα λειτουργικά πηλίκια της έκκεντρης δύναμης των έξω στροφών προς τη σύγκεντρη δύναμη των έσω (φάση «επίθεσης»), καθώς και της έκκεντρης δύναμης των έσω στροφών προς τη σύγκεντρη δύναμη των έξω (φάση «όπισσης»). **Συμπεράσματα.** Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η ασύμμετρη θέση των ωμοπλάτων στην χαλαρή όρθια στάση δεν συνδέεται με μυϊκές ανισορροπίες ως προς τη δύναμη των στροφών μυών του ώμου. Περαιτέρω διερεύνηση χρήζει η σύνδεση της θέσης των ωμοπλάτων με μεγαλύτερη ασυμμετρία και της δύναμης των στροφών μυών του ώμου αξιολογώντας ενδεχομένως άλλες ισοκινητικές παραμέτρους, όπως η ροπή σε συγκεκριμένη γωνία της τροχιάς κίνησης.

Λέξεις κλειδιά: ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ, ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΩΜΟΠΛΑΤΩΝ, ΔΥΝΑΜΗ ΣΤΡΟΦΩΝ ΜΥΩΝ, ΜΥΪΚΗ ΑΝΙΣΟΡΡΟΠΙΑ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΗΛΙΚΑ

Η αποτελεσματική λειτουργία του ώμου κυρίως αθλητών, οι οποίοι ανυψώνουν το άνω άκρο πάνω από το επίπεδο της κεφαλής με τον ώμο σε απαγωγή 90° και το αγκώνα σε κάμψη 90° (π.χ. αθλήτριες πετοσφαίρισης, χειροσφαίρισης, αντισφαίρισης, υδατοσφαίρισης και μπίτζμπολ) εξαρτάται κυρίως από την ισορροπία ανάμεσα στη σταθερότητα και την κινητικότητα της άρθρωσης.

Στους αθλητές αυτούς έχει παρατηρηθεί ότι η θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς είναι σε κατάσπαση, καθώς και σε μεγαλύτερη απαγωγή και στροφή προς τα άνω σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς (Burkhart et al. 2003, Rubin 2003). Οι διαφορές αυτές μεταξύ των ωμοπλάτων, συνιστούν κλινική ένδειξη δυσλειτουργίας και χαρακτηρίζονται ως δυσκινησία της ωμοπλάτης (scapular dyskinesis) (Ludewig et al. 2000, Lukasiewicz 1999, Kibler 1998, Warner et al. 1992). Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν ότι η διαφοροποίηση αυτή της θέσης της ωμοπλάτης κατά την ηρεμία και η συνεπακόλουθη διαταραχή της κίνησής της κατά τις δυναμικές δραστηριότητες, σχετίζονται με την ανάπτυξη

δυσλειτουργιών στην περιοχή του ώμου, όπως σύνδρομο πρόσκρουσης, αστάθεια και ρήξη των μυών του στροφικού πετάλου (Ludewig et al. 2000, Lukasiewicz et al. 1999, Paletta et al. 1997, Warner et al. 1992).

Αν και στα φυσιολογικά άτομα η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς στην ηρεμία τείνει να βρίσκεται σε μεγαλύτερη απαγωγή και κατάσπαση (Kendall 1993), έχει αναφερθεί ότι όταν οι οριζόντιες ή η κάθετες αποστάσεις των ωμοπλάτων από τη σπονδυλική στήλη είναι μεγαλύτερη από 1,5 εκατοστό, είναι πιθανόν να προκληθεί τραυματισμός (Myers et al. 2005). Ο Myers και οι συνεργάτες του (2005) αναφέρουν ότι ασυμπτωματικοί αθλητές του μπίτζμπολ είχαν σημαντική αύξηση στην στροφή προς τα άνω, στην έσω στροφή και στη προσαγωγή της ωμοπλάτης κατά τη διάρκεια της ανύψωσης του άνω άκρου, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Οι αλλαγές αυτές στην κινηματική της ωμοπλάτης πιθανολογείται ότι είναι το αποτέλεσμα της προσαρμογής της σε ένα επαναλαμβανόμενο αθλητικό πρότυπο κίνησης. Εάν οι σταθεροποιητές της ωμοπλάτης δεν είναι ικανοί να δράσουν συγχρονισμένα και αποτελεσματικά, τότε μπορεί να εμφανιστούν παθολογικές καταστάσεις (Kibler and McMullen 2003).

Η θέση της ωμοπλάτης και η ολίσθησή της στο θωρακικό τοίχωμα εξαρτάται από τη συντονισμένη δράση των μυών

Επικοινωνία με πρώτο συγγραφέα

Αθανασοπούλου Ευαγγελία, e-mail: athanasopoulaina@yahoo.com

που εκφύονται από τη σπονδυλική στήλη και προσφύονται σε αυτή. Η κίνηση της άρθρωσης του ώμου, επίσης εξαρτάται από τη δράση των μυών που εκφύονται από την ωμοπλάτη και καταφύονται στο βραχίονιο, με ιδιαίτερα σημαντικό το ρόλο των μυών του στροφικού πετάλου. Έτσι, με βάση το γεγονός ότι η ωμοπλάτη επηρεάζει και επηρεάζεται από την κίνηση άλλων αρθρώσεων της ωμικής ζώνης, οποιαδήποτε αλλαγή στη μήκος ηρεμίας των μυών που προσφύονται στην ωμοπλάτη θα τροποποιούσε, ενδεχομένως τη μηχανοδυναμική σχέση των μυών αυτών. Τέτοιες προσαρμογές αναμένεται να επιδρούν και στο καταγεγραμμένο κινητικό πρότυπο στο κεντρικό νευρικό σύστημα, τροποποιώντας κατά συνέπεια τη συγχρονισμένη δράση των μυών. Η επακόλουθη διαταραχή της ωμοπλατιαίας ολίσθησης πάνω στο θωρακικό τοίχωμα, πιθανότατα αποτελεί το έναυσμα διαταραχής στον ωμοβραχίονιο ρυθμό, με αλλαγή της κινηματικής, αλλά και των φορτίσεων της άρθρωσης του ώμου.

Ανισορροπία δύναμης μεταξύ των έσω και έξω στροφικών μυών του ώμου μπορεί να εμφανιστεί στους αθλητές που προαναφέρθηκαν εξαιτίας των κινήσεων που εκτελούν (Chandler et al. 1992, Codine et al. 1997, McMaster et al. 1991, 1992). Ο μεγαλύτερος βαθμός ανισορροπίας μεταξύ των μυών αυτών (αυξημένη δύναμη έσω στροφικών και μειωμένη δύναμη των έξω στροφικών) έχει αναφερθεί σε αθλητές του μπέιζμπολ ενώ ακολουθούν οι αθλητές της αντισφαίρισης και της πετοσφαίρισης (Chandler et al. 1992, Codine et al. 1997, Ellenbecker et al. 1999, Wang et al. 2000, Wilk et al. 2002). Αυξημένη δύναμη των έσω στροφικών και μειωμένη δύναμη των έξω στροφικών του κυρίαρχου άνω άκρου συγκριτικά με το μη κυρίαρχο έχει αναφερθεί επίσης σε ρίπτες. Η ισορροπία στη δύναμη μεταξύ αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών (έξω/έσω στροφικών) σε αθλητές με προβλήματα στο στροφικό πέταλο θα εξασφαλίσει σε πολύ μεγάλο ποσοστό ασφαλή λειτουργία του ώμου παρέχοντάς του δυναμική σταθεροποίηση (Wilk et al. 1993, 2002). Αντίθετα έχει αναφερθεί ότι μεγάλες διαφορές στη δύναμη μεταξύ των μυών αυτών μπορεί να οδηγήσουν στην εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων στην περιοχή του ώμου (McMaster et al. 1991, 1992, Chandler et al. 1992). Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι το πηλίκο της έκκεντρης δύναμης των έξω στροφικών προς τη σύγκεντρη δύναμη των έσω στροφικών του ώμου πρέπει να κυμαίνεται από 1.08 μέχρι 1.17 για το κυρίαρχο άνω άκρο προκειμένου η άρθρωση να λειτουργεί με ασφάλεια στους εν λόγω αθλητές (Scoville et al. 1997, Niederbracht et al. 2008, Noffal, 2003, Yildiz et al. 2006). Αυτό προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι οι έξω στροφείς πρέπει να είναι ικανοί να υπερνικήσουν την ροπή που αναπτύσσουν οι έσω στροφείς και να επιβραδύνουν το βραχίονα κατά την επίθεση και το σέρβις.

Οι έρευνες που αφορούν παθολογικές και επώδυνες καταστάσεις του ώμου αναφέρουν σχετική ανισορροπία στη δύναμη και γενικά τη λειτουργική ικανότητα των μυών του στροφικού πετάλου και της ωμοπλάτης. Τα επώδυνα σύνδρομα αποδίδονται στην τροποποιημένη φόρτιση της άρθρωσης, η οποία αυξάνει την πιθανότητα πρόκλησης δευτερογενούς

συνδρόμου πρόσκρουσης καθώς και μικροτραυματισμών στην περιοχή της κατάφυσης των στροφικών, πολύ κοντά στον επιχείλιο χόνδρο του ώμου (Ellenbecker et al. 1999, Ludewig et al. 2000).

Αν και η ασυμμετρία μεταξύ των ωμοπλάτων καθώς και η μυϊκή ανισορροπία μεταξύ των στροφικών μυών του ώμου, έχουν συνδεθεί ξεχωριστά με τους τραυματισμούς της άρθρωσης, καμιά μελέτη μέχρι στιγμής δεν έχει διερευνήσει κατά πόσο σχετίζονται οι δύο αυτές διαταραχές μεταξύ τους. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει αν η ασυμμετρία των ωμοπλάτων συνοδεύεται από αλλαγές της δύναμης των στροφικών μυών της άρθρωσης του ώμου, σε υγιείς αθλήτριες πετοσφαίρισης. Πιθανή σύνδεση μεταξύ της ασύμμετρης θέσης ωμοπλάτων και μη φυσιολογικής ισοκινητικής δύναμης των στροφικών μυών του ώμου, θα συμβάλει στην αξιολόγηση εν δυνάμει προδιαθεσικών παραγόντων για τραυματισμό της περιοχής και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη προγραμμάτων πρόληψης τραυματισμών και αποκατάστασης της άρθρωσης του ώμου τόσο σε αθλητές πετοσφαίρισης όσο και σε αθλητές άλλων αθλημάτων με συναφές κινητικό πρότυπο του άνω άκρου.

Δείγμα. Το δείγμα της παρούσας μελέτης αποτέλεσαν 29 αθλήτριες πετοσφαίρισης με μικρή (N=15) και μεγάλη ασυμμετρία (N=14) των ωμοπλάτων, οι οποίες πληρούσαν τα κριτήρια συμμετοχής στην έρευνα. Ο βαθμός ασυμμετρίας των ωμοπλάτων καθορίστηκε αρχικά σε ένα σύνολο 46 πετοσφαιριστριών με βάση την διαφορά των οριζόντιων αποστάσεων των ωμοπλάτων της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς από την ΣΣ (απαγωγή) και την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο ωμοπλάτων (κατάσπαση). Στην ομάδα με μικρή και μεγάλη ασυμμετρία συμπεριλήφθηκαν άτομα τα οποία εμφάνισαν απαγωγή ή/και κατάσπαση της κυρίαρχης ωμοπλάτης λιγότερο ή περισσότερο από 1,5 εκ, αντίστοιχα. Όλες οι αθλήτριες προέρχονταν από ομάδες της Α1 και Α2 Εθνική κατηγορίας της μείζονας περιοχής της Αττικής, ήταν σκελετικά ώριμες (άνω των 18 ετών), είχαν συνεχή ενεργό αθλητική δραστηριότητα κατά τα τελευταία πέντε έτη και δεν είχαν έλλειμμα στην έσω στροφή του κυρίαρχου ώμου μεγαλύτερη από 20°. Αθλήτριες με προηγούμενο τραυματισμό της άρθρωσης του ώμου (π.χ. κάταγμα, εξάρθρωμα/υπεξάρθρωμα, βλάβη του επιχείλιου χόνδρου, αστάθεια) ή των μαλακών μορίων των άνω άκρων, που είχαν ως αποτέλεσμα την αποχή από τις προπονήσεις και αγώνες για περισσότερο από 6 εβδομάδες, σοβαρή διαταραχή της στάσης (π.χ. κύφωση, λόρδωση, σκολίωση, κυρτοί ώμοι) ή πόνο στην περιοχή του αυχένα και την ωμική ζώνη κατά την περίοδο των μετρήσεων αποκλείονταν από τη μελέτη. Όλες οι συμμετέχουσες υπέγραψαν δήλωση εθελοντικής συμμετοχής αφού πρώτα ενημερώθηκαν λεπτομερώς για την διαδικασία των μετρήσεων.

Διαδικασία μετρήσεων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο ξεχωριστές ημέρες. Την πρώτη ημέρα έγινε ενημέρωση των δοκιμαζομένων για την διαδικασία της μελέτης



Εικόνα 1. Σημεία στη ρίζα της ωμοπλαιοαίας άκανθας και την κάτω γωνία των ωμοπλάτων καθώς και στη ΣΣ (αριστερά), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της απαγωγής (κέντρο) και κατάσπασης της ωμοπλάτης (δεξιά).

και αξιολογήθηκε η θέση των ωμοπλάτων. Την δεύτερη ημέρα πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (ανάστημα, σωματικό βάρος) και η ισοκινητική αξιολόγηση των στροφικών μυών του ώμου.

Καθορισμός της θέσης των ωμοπλάτων. Η θέση των ωμοπλάτων προσδιορίστηκε αμφοτερόπλευρα με τη κάθε δοκιμαζόμενη στην όρθια στάση να κοιτάζει προς ένα σταθερό σημείο, το οποίο ήταν τοποθετημένο μπροστά της στο ύψος των ματιών. Αρχικά ο εξεταστής ψηλαφούσε και τοποθετούσε αυτοκόλλητους δείκτες κίτρινου χρώματος και διαμέτρου 4 mm στην κάτω - έσω γωνία της ωμοπλάτης, τη ρίζα της ωμοπλαιοαίας άκανθας και τις ακανθώδεις αποφύσεις των ευρισκόμενων στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο σπονδύλων (Εικόνα 1, αριστερά). Η ασυμμετρία, ως προς την απαγωγή των ωμοπλάτων υπολογίστηκε με βάση τη διαφορά των οριζόντιων αποστάσεων μεταξύ (I) της κάτω γωνίας και (II) της ρίζας της ωμοπλαιοαίας άκανθας της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης ωμοπλάτης και της ΣΣ, με τους ώμους σε απαγωγή 0° (με τα άνω άκρα να κρέμονται ελεύθερα στο πλάι του κορμού), (Εικόνα 1, κέντρο). Η ασυμμετρία ως προς την κατάσπαση των ωμοπλάτων υπολογίστηκε μετρώντας την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της προβολής της ρίζας της ωμοπλαιοαίας άκανθας της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης ωμοπλάτης ωμοπλάτης στη ΣΣ. Όλες οι αποστάσεις μετρήθηκαν με κοινή μετροταινία (Εικόνα 1, δεξιά). Η αξιοπιστία της μεθόδου μέτρησης της απαγωγής και κατάσπασης της ωμοπλάτης καθορίστηκε σε δύο επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, με αφαίρεση και επανατοποθέτηση των αυτοκόλλητων δεικτών στα προαναφερθέντα σημεία, υπολογίζοντας τον μέσο όρο των δύο μετρήσεων. Οι δυο μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την ίδια ημέρα σε 10 εθελόντριες. Υψηλή αξιοπιστία εμφάνισε τόσο η μέτρηση της απόστασης της κάτω γωνίας της ωμοπλάτης από τη ΣΣ ($ICC_{3,2}=0.95$) όσο και η μέτρηση της απόστασης της ρίζας της ωμοπλαιοαίας άκανθας της ωμοπλάτης από τη ΣΣ ($ICC_{3,2}=0.94$). Καλή ήταν η αξιοπιστία μέτρησης της κατακόρυφης απόστασης μεταξύ των ωμοπλάτων ($ICC_{3,2}=0.73$).

Ισοκινητική αξιολόγηση της δύναμης των στροφικών μυών του ώμου. Η ισοκινητική αξιολόγηση της δύναμης των έσω και των έξω στροφικών μυών του ώμου πραγματοποιήθηκε με την κάθε δοκιμαζόμενη στην καθιστή θέση, τον ώμο σε απαγωγή 45° στο ωμοπλαιοαίο επίπεδο (30° οριζόντια απαγωγή) και τον αγκώνα σε 90° κάμψη χρησιμοποιώντας ένα δυναμόμετρο Isoforce II (Microforce, GR) (Εικόνα 2). Η εξετάστρια ευθυγράμμιζε τον άξονα περιστροφής του μηχανικού βραχίονα του δυναμομέτρου με τον ανατομικό άξονα του αντιβραχίου και σταθεροποιούσε την κάθε δοκιμαζόμενη πάνω στη καρέκλα με ένα ιμάντα γύρω από την λεκάνη και δύο ιμάντες γύρω από τους ώμους πριν την αξιολόγηση. Ένας ακόμα ιμάντας χρησιμοποιήθηκε για την σταθεροποίηση του αντιβραχίου επάνω στον μηχανικό βραχίονα του δυναμομέτρου (Εικόνα 2).

Η ισοκινητική δύναμη των έσω και έξω στροφικών του ώμου μετρήθηκε μεταξύ 60° έξω στροφής και 30° έσω στροφής από την ουδέτερη θέση (θέση κατά την οποία το αντιβράχιο ήταν παράλληλο με το έδαφος), σε 5 επαναλαμβανόμενους κύκλους σύγκεντρων/έκκεντρων συστολών στις 60°/s. Ο καθορισμός της ουδέτερης θέσης πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας ένα αλφάδι στη ραχιαία και παλαμιαία επιφάνεια του αντιβραχίου για την μέτρηση των έξω και έσω στροφών του ώμου, αντίστοιχα. Το επίπεδο αξιοπιστίας της ισοκινητικής αξιολόγησης των στροφικών μυών του ώμου στις συνθήκες που πραγματοποιήθηκε (θέση και ισοκινητική ταχύτητα), όπως καθορίστηκε σε προηγούμενη μελέτη ($ICC_{3,1}=0.79-0.90$), θεωρείται επαρκής για κλινικές μετρήσεις (Mandalidis et al 2001).

Πριν την έναρξη της ισοκινητικής αξιολόγησης προηγήθηκε προθέρμανση των άνω άκρων για δέκα περίπου λεπτά (αερόβιο έργο με στροφιλοεργόμετρο, γενικές ασκήσεις διάτασης των μυών και κινητικότητας των αρθρώσεων) και



Εικόνα 2. Θέση και σταθεροποίηση της δοκιμαζόμενης με ιμάντες στο ισοκινητικό δυναμόμετρο.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) της οριζόντιας απόστασης των ωμοπλάτων από τη ΣΣ και των διαφορών μεταξύ των αποστάσεων αυτών (N=46), σύμφωνα με τις δύο δοκιμασίες αξιολόγησης της απαγωγής των ωμοπλάτων.

Απαγωγή	Πλήθος (N)	Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο	Διαφορά	P value
Κάτω γωνία της ωμοπλάτης - ΣΣ	32	7,9 (1,3)	7,2 (1,3)	0,7 (0,6)	.040
	14	7,5 (0,9)	8,2 (0,9)	0,7 (0,3)	.062
Ρίζα ωμοπλατιαίας άκανθας - ΣΣ	33	8,8 (1,2)	8,0 (1,1)	0,8 (0,5)	.004
	13	7,5 (1,0)	8,0 (1,1)	0,5 (0,3)	.275

4-6 υπομέγιστες σύγκεντρες/έκκεντρες προσπάθειες προκειμένου η κάθε δοκιμαζόμενη να εξοικειωθεί με τη διαδικασία. Λεκτική ενθάρρυνση και οπτική επαφή με την οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν επιτρέπονταν προκειμένου να περιοριστεί το σφάλμα της μέτρησης (McNair et al 1996). Η αξιολόγηση της δύναμης των στροφών του ώμου γίνονταν με τυχαιοποιημένη και αντισταθμισμένη σειρά όσον αφορά το άνω άκρο (κυρίαρχο και μη κυρίαρχο), τους στροφείς μύες του ώμου (έσω και έξω στροφείς). Το διάλλειμα μεταξύ των μετρήσεων ήταν 2', ενώ 10' μεσολαβούσαν για την ισοκινητική αξιολόγηση του αντίθετου άνω άκρου.

Στατιστική ανάλυση. Ο έλεγχος t για ανεξάρτητα δείγματα (unpaired t-test) χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ελεγχθούν οι διαφορές στην κατάσπαση και την απαγωγή των ωμοπλάτων (με βάση την κάτω γωνία και τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας), μεταξύ των δύο ομάδων δοκιμαζομένων. Ομοίως ελέγχθηκαν και οι διαφορές των σωματομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δύο ομάδων. Για τον έλεγχο των διαφορών στο μέγεθος της μέγιστης παραγόμενης ισοκινητικής σύγκεντρης και έκκεντρης μέγιστης ροπής των στροφών μυών του ώμου μεταξύ των δύο ομάδων δοκιμαζομένων, για το κυρίαρχο και για το μη κυρίαρχο άκρο, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (2 x 2 x 2 repeated measures ANOVA). Ομοίως ελέγχθηκαν και οι διαφορές στο πηλίκο (συμβατικό) της σύγκεντρης και έκκεντρης μέγιστης ροπής των έξω στροφών προς τους έσω στροφείς του ώμου ($E\dot{\Sigma}_{\text{συγ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ και $E\dot{\Sigma}_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{εκκ}}$) καθώς και οι διαφορές στο πηλίκο (λειτουργικό) της έκκεντρης μέγιστης ροπής των έξω στροφών προς τη σύγκεντρη μέγιστη

ροπή των έσω στροφών ($E\dot{\Sigma}_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$, φάση επίθεσης) και της έκκεντρης μέγιστης ροπής των έσω στροφών προς τη σύγκεντρη μέγιστη ροπή των έξω στροφών ($E\sigma_{\text{εκκ}}/E\dot{\Sigma}_{\text{συγ}}$, φάση όπλισης άνω άκρου), στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων (μικρή και μεγάλη ασυμμετρία της ωμοπλάτης), για το κυρίαρχο και για το μη κυρίαρχο άκρο.

Μετά-ANOVA πολλαπλές συγκρίσεις κατά Tukey (Tukey post hoc analysis) πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να ελεγχθούν πιθανές σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha=0.05$, ενώ για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 19.0.1 (Chicago, IL).

Αποτελέσματα

Ασυμμετρία των ωμοπλάτων. Στον Πίνακα 1 αναφέρονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των οριζόντιων αποστάσεων των ωμοπλάτων της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς από τη σπονδυλική στήλη στο αρχικό δείγμα των πετοσφαιριστριών που εκδήλωσε ενδιαφέρον για συμμετοχή στη μελέτη (N=46). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι οριζόντιες απόστασεις της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς από τη ΣΣ (απαγωγή) ήταν σημαντικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες αποστάσεις της μη κυρίαρχης πλευράς, στην πλειοψηφία των συμμετεχουσών, τόσο με βάση την κάτω γωνία της ωμοπλάτης (N=32) όσο με βάση την ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας (N=33). Σε ορισμένες πετοσφαιρίστριες διαπιστώθηκαν μεγαλύτερες οριζόντιες απόστασεις της ωμοπλάτης της μη κυρίαρχης πλευράς από τη ΣΣ σε σχέση με τις αντίστοιχες

Πίνακας 2. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) των σωματομετρικών χαρακτηριστικών και της προπονητικής ηλικίας των δοκιμαζομένων με μικρή και μεγάλη ασυμμετρία των ωμοπλάτων.

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	Μικρή ασυμμετρία	Μεγάλη ασυμμετρία	P value
Ηλικία (έτη)	24,3 (5,7)	24,9 (4,3)	.784
Ανάστημα (εκ)	173,0 (5,1)	175,6 (6,0)	.218
Σωματικό βάρος (κιλά)	64,5 (5,5)	68,0 (8,0)	.186
Σωματικό λίπος (%)	23,0 (2,7)	22,4 (3,9)	.674
Προπονητική ηλικία (έτη)	13,1 (6,0)	14,1 (5,1)	.655

Πίνακας 3. Μέσοι όροι (ΜΟ), τυπικές αποκλίσεις (ΤΑ, στις παρενθέσεις) και εύρος των διαφορών των οριζόντιων και κατακόρυφων αποστάσεων των ωμοπλάτων από την ΣΣ (cm) στις δοκιμαζόμενες με μικρή (N=15) και μεγάλη ασυμμετρία των ωμοπλάτων (N=14)

Δοκιμασία	Μικρή ασυμμετρία		Μεγάλη ασυμμετρία		P value
	ΜΟ	ΤΑ Εύρος	ΜΟ	ΤΑ Εύρος	
Κάτω γωνία ωμοπλάτης - ΣΣ	0,4	(0,4) 0,0-1,3	0,9	(0,6) 0,1-2,3	.025
Ρίζα ωμοπλατιαίας άκανθας - ΣΣ	0,5	(0,3) 0,0-1,1	1,0	(0,5) 0,4-1,7	.001
Κατάσπαση	0,8	(0,3) 0,3-1,3	1,3	(0,7) 0,0-2,1	.011

αποστάσεις της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς, ωστόσο οι διαφορές τους ήταν στατιστικώς μη σημαντικές. Η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς ήταν επίσης χαμηλότερα σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς (κατάσπαση) σε 37 δοκιμαζόμενες, ενώ η ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς ήταν χαμηλότερα σε σχέση με την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς σε 9 δοκιμαζόμενες.

Η πλειοψηφία των συμμετεχουσών (N = 35), παρουσίασε επίσης ταυτόχρονη απαγωγή και κατάσπαση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς ενώ η ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς ήταν σε παρόμοια θέση μόνο σε 4 πετοσφαιρίστριες. Απαγωγή και ανάσπαση της ωμοπλάτης εμφάνισαν 5 πετοσφαιρίστριες στην κυρίαρχη πλευρά και 2 στην μη κυρίαρχη πλευρά.

Από τις 35 συμμετέχουσες με απαγωγή και κατάσπαση της ωμοπλάτης στην κυρίαρχη πλευρά, οι 6 αποσύρθηκαν λόγω αδυναμίας ολοκλήρωσης του ερευνητικού πρωτοκόλλου. Οι 29 πετοσφαιρίστριες που τελικά συναίνεσαν στην περάτωση της έρευνας ταξινομήθηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με το μέγεθος της ασυμμετρίας της ωμοπλάτης. Στην ομάδα των πετοσφαιριστριών με μεγάλη ασυμμετρία των ωμοπλάτων (N=14) συμπεριλήφθηκαν όσες εμφάνιζαν απαγωγή της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μεγαλύτερη ή ίση από 1,5 εκ. σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς, τόσο με βάση την απόσταση της κάτω γωνίας της ωμοπλάτης (N=3) από τη ΣΣ όσο και με βάση την απόσταση της ρίζας της ωμοπλατιαίας άκανθας από τη ΣΣ (N=4). Στην ίδια ομάδα συμπεριλήφθηκαν και όσες πετοσφαιρίστριες είχαν την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς τουλάχιστον 1,5 εκ.

χαμηλότερα (κατάσπαση) από την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς (N=7), ανεξάρτητα από τον βαθμό απαγωγής των ωμοπλάτων. Όλες οι δοκιμαζόμενες στην ομάδα αυτή είχαν κυρίαρχο το δεξί άνω άκρο. Δεκαπέντε πετοσφαιρίστριες με απαγωγή ή/και κατάσπαση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς λιγότερο από 1,5 εκατοστά συμπεριλήφθηκαν στην ομάδα με μικρή ασυμμετρία των ωμοπλάτων. Στην ομάδα αυτή, 13 δοκιμαζόμενες είχαν κυρίαρχο το δεξί άνω άκρο και δύο δοκιμαζόμενες το αριστερό.

Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και η προπονητική ηλικία των δύο ομάδων δοκιμαζομένων (μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις) αναφέρονται στον Πίνακα 2. Οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Στον Πίνακα 3 φαίνονται οι διαφορές των οριζόντιων αποστάσεων από την κάτω γωνία ωμοπλάτης και τη ρίζα ωμοπλατιαίας άκανθας της της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς στη ΣΣ, οι οποίες ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στις δοκιμαζόμενες με μεγάλη ασυμμετρία σε σχέση με τις δοκιμαζόμενες με μικρή ασυμμετρία.

Ισοκινητική αξιολόγηση των στροφών μυών της άρθρωσης του ώμου. Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της μέγιστης σύγκεντρης και έκκεντρης ροπής των έσω και έξω στροφών μυών της άρθρωσης του ώμου, στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων, τόσο για το κυρίαρχο, όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο, απεικονίζονται στον Πίνακα 4.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν σημαντικά μεγαλύτερη σύγκεντρη δύναμη σε σχέση με την έκκεντρη τόσο για τους έσω στροφείς ($F=74.15$, $p<.001$) όσο και

Πίνακας 4. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) της οριζόντιας απόστασης των ωμοπλάτων από τη ΣΣ και των διαφορών μεταξύ των αποστάσεων αυτών (N=46), σύμφωνα με τις δύο δοκιμασίες αξιολόγησης της απαγωγής των ωμοπλάτων.

		Μικρή ασυμμετρία		Μεγάλη ασυμμετρία	
		Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο	Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο
Έσω στροφή	Σύγκεντρη	45,4 (7,8)	42,3 (6,3) ^a	48,5 (5,3)	42,9 (9,5) ^b
	Έκκεντρη	38,7 (7,0)	33,8 (4,7)	40,6 (5,9)	33,3 (8,1)
Έξω στροφή	Σύγκεντρη	23,1 (3,9)	25,6 (5,6) ^a	24,8 (6,7)	28,9 (6,0) ^a
	Έκκεντρη	17,4 (4,2)	18,0 (5,8)	19,6 (6,8)	21,7 (6,0)

^a: $p<.05$, ^b: $p<.01$ μεταξύ σύγκεντρης και έκκεντρης ισοκινητικής δύναμης

Πίνακας 5. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) των συμβατικών και λειτουργικών ηπλίκων της σύγκεντρης (συγ) και έκκεντρης (εκκ) δύναμης των έσω και έξω στροφών μυών (ΕοΣ, ΕξΣ) της άρθρωσης του ώμου.

	Μικρή ασυμμετρία		Μεγάλη ασυμμετρία	
	Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο	Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο
$E\sigma_{\text{συγ}} / E\sigma_{\text{συγ}}$	0,52 (0,11)	0,63 (0,26)	0,51 (0,12)	0,70 (0,16)
$E\sigma_{\text{εκκ}} / E\sigma_{\text{εκκ}}$	0,46 (0,12)	0,54 (0,19)	0,48 (0,13)	0,68 (0,24)
$E\sigma_{\text{εκκ}} / E\sigma_{\text{συγ}}$	1,71 (0,38)	1,38 (0,36) ^α	1,73 (0,43)	1,18 (0,32) ^β
$E\sigma_{\text{εκκ}} / E\sigma_{\text{συγ}}$	0,39 (0,11)	0,45 (0,23)	0,40 (0,13)	0,52 (0,16)

α: p<.05, **β:** p<.001 μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άκρου

για τους έξω στροφείς του ώμου ($F=299.59$, $p<.001$), ανεξαρτήτου ομάδας και πλευράς. Η δύναμη των έσω στροφών της κυρίαρχης πλευράς ήταν επίσης μεγαλύτερη σε σχέση με τη μη κυρίαρχη πλευρά, ανεξαρτήτου ομάδας καθώς και τύπου μυϊκής συστολής ($F=18.59$, $p<.001$). Αντίθετα, η ισοκινητική δύναμη των έξω στροφών της μη κυρίαρχης πλευράς ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με την κυρίαρχη πλευρά, ανεξαρτήτου ομάδας καθώς και τύπου μυϊκής συστολής ($F=6.33$, $p=.018$).

Ωστόσο, η ισοκινητική δύναμη, τόσο των έσω όσο και των έξω στροφών μυών της άρθρωσης του ώμου δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις ομάδες, τις πλευρές και τους τύπους μυϊκής συστολής.

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις του συμβατικού ηπλίκου της σύγκεντρης και έκκεντρης δύναμης των στροφών μυών της άρθρωσης του ώμου ($E\sigma_{\text{συγ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ και $E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{εκκ}}$), στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων, για το κυρίαρχο και για το μη κυρίαρχο άκρο απεικονίζονται στον Πίνακα 5. Στον ίδιο πίνακα απεικονίζονται τα ηπλικά της έκκεντρης συστολής των έσω στροφών προς τη σύγκεντρη συστολή των έξω στροφών ($E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$, φάση όπλισης) καθώς και της έκκεντρης συστολής των έξω στροφών προς τη σύγκεντρη συστολή των έσω στροφών ($E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$, φάση επίθεσης) και στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο (λειτουργικά ηπλικά).

Το συμβατικό ηπλίκιο της $E\sigma_{\text{συγ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ ήταν μεγαλύτερο από το συμβατικό ηπλίκιο της $E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{εκκ}}$, ανεξαρτήτου ομάδας καθώς και πλευράς ($F=6.91$, $p=.014$). Το ίδιο ηπλίκιο ήταν επίσης μεγαλύτερο στο μη κυρίαρχο σε σχέση με το κυρίαρχο άνω άκρο ανεξαρτήτου ομάδας και τύπου συστολής ($F=12.58$, $p=.001$). Τα συμβατικά ηπλικά της $E\sigma_{\text{συγ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ και $E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{εκκ}}$ δεν παρουσίασαν, ωστόσο στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των ομάδων και πλευρών ($F=.424$, $p=.520$).

Το λειτουργικό ηπλίκιο της $E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ (φάση όπλισης) του κυρίαρχου άκρου ήταν μεγαλύτερη από το αντίστοιχο λειτουργικό ηπλίκιο του μη κυρίαρχου άκρου ($F=16.82$, $p<.001$). Η κυρίαρχη πλευρά παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερα λειτουργικά ηπλικά σε σχέση με τη μη κυρίαρχη πλευρά, ανεξαρτήτου ομάδας ($F=18.46$, $p<.001$). Επίσης, το λειτουργικό ηπλίκιο κατά τη φάση όπλισης, ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με το λειτουργικό ηπλίκιο της $E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ (φάση «επιβράδυνσης») ανεξαρτήτου ομάδας και πλευράς ($F=316.72$, $p<.001$).

Η αλληλεπίδραση των λειτουργικών ηπλίκων ($E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{συγ}}$ και $E\sigma_{\text{εκκ}}/E\sigma_{\text{εκκ}}$) ανάμεσα στις ομάδες συμμετεχόντων (μικρή και μεγάλη ασυμμετρία) και τις πλευρές (κυρίαρχη και μη κυρίαρχη) ήταν μη στατιστικώς σημαντική ($F=1.17$, $p=.287$).

Συζήτηση

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει αν η ασυμμετρία μεταξύ των ωμοπλάτων επηρεάζει την ισοκινητική δύναμη των έσω και έξω στροφών του ώμου. Στην παρούσα μελέτη βρέθηκε ότι η σύγκεντρη και έκκεντρη δύναμη των έσω και των έξω στροφών του ώμου δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των πετοσφαιριστριών με μικρή και μεγάλη ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων. Ωστόσο, η σύγκεντρη δύναμη των έσω στροφών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στον κυρίαρχο ώμο, συγκριτικά με τον μη κυρίαρχο, και στις δύο ομάδες των δοκιμαζομένων. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι παρόμοια με αυτά προηγούμενων μελετών, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε αθλήτριες πετοσφαίρισης υψηλού επιπέδου (Wang and Cochrane 2000, 2001). Η διαφορά στην ισοκινητική δύναμη των έσω στροφών μεταξύ των δύο πλευρών μπορεί να είναι αποτέλεσμα της προπόνησης (Codine et al. 1997), η οποία διεξάγεται σε πολλά αθλήματα παρόμοια με αυτό της πετοσφαίρισης, όπως η αντισφαίριση και το μπέιζμπολ, όπου οι αθλητές χρησιμοποιούν το κυρίαρχο άνω άκρο πολλές φορές σε επιθέσεις. Σε αυτά τα αθλήματα, όπως και στην πετοσφαίριση, οι επιβαρύνσεις είναι μεγάλες και οι έσω στροφείς του ώμου εργάζονται κυρίως σύγκεντρα ενώ οι έξω στροφείς έκκεντρα.

Αντίθετα από τους έσω στροφείς, τόσο η σύγκεντρη όσο και η έκκεντρη δύναμη των έξω στροφών του κυρίαρχου ώμου ήταν σημαντικά μικρότερη από τη σύγκεντρη και έκκεντρη δύναμη των έξω στροφών του μη κυρίαρχου ώμου και στις δύο ομάδες των δοκιμαζομένων. Προηγούμενες μελέτες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τόσο σε αθλητές πετοσφαίρισης (Wang and Cochrane 2000, 2001) όσο και σε αθλητές αντισφαίρισης και μπέιζμπολ (Ellenbecker 1991, 1992, 1997, Wilk et al. 1993) έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές στη δύναμη (σύγκεντρη και έκκεντρη) των έξω στροφών μεταξύ του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, και στις δύο ομάδες, πιθανόν να οφεί-

λεται στην διαφοροποιημένη μηχανοδυναμική σχέση των έξω στροφών του κυρίαρχου ώμου λόγω μεταβολής του εύρους κίνησης της άρθρωσης ή στην ανεπαρκή λειτουργική ικανότητα των μυών αυτών. Οι έξω στροφείς παίζουν σημαντικό ρόλο, τόσο κατά την φάση «όπλισης», σταθεροποιώντας την γληνοβραχιόνια άρθρωση, όσο και κατά την φάση «επιβράδυνσης» του βραχίονα στο σέρβις και την επίθεση («καρφί»). Έχει αναφερθεί ότι με υπερβολική έξω στροφή, από θέση απαγωγής του βραχίονα (φάση «όπλισης»), αυξάνεται ο κίνδυνος πρόσκρουσης του τένοντα του υπερακανθίου/υπακάνθιου μυ (έσω άκρο) στο έξω άκρο της ωμοπλάτιαίας άκανθας, στο σημείο που διέρχεται ο υπακάνθιος κλάδος του υπερπλάτιου νεύρου, προκαλώντας την συμπίεση αυτού (Sandow and Ilic 1998). Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι το ποσοστό δυσλειτουργίας του υπερπλάτιου νεύρου σε αθλητές της πετοσφαίρισης μπορεί να φτάσει το 45% (Eggert and Holzgraefe 1993) γεγονός που μπορεί να δικαιολογήσει μερικώς τη μείωση της δύναμης των έξω στροφών που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη. Κατά τη φάση «επιβράδυνσης», επίσης, κατά την οποία οι έξω στροφείς του ώμου εργάζονται έκκεντρα επιβραδύνοντας το άνω άκρο, (π.χ. μετά την κρούση της μπάλας στο σερβίς ή το «καρφί»), ασκούνται πολύ μεγάλες δυνάμεις, οι οποίες τείνουν να εξαρθρώσουν την άρθρωση του ώμου προκαλώντας, πιθανότητα, μικροτραυματισμούς του μυοτενοντίου συνόλου. Αν και ο βαθμός που ένας μικροτραυματισμός του υπερπλάτιου νεύρου ή του μυοτενοντίου συνόλου επηρεάζει τη δύναμη των έξω στροφών μυών μέχρι στιγμής δεν έχει τεκμηριωθεί επαρκώς, οι αθλητές πετοσφαίρισης συστήνεται να συμπεριλαμβάνουν στα προγράμματα προπόνησής τους ασκήσεις ενδυνάμωσης των έξω στροφών του ώμου με ιδιαίτερη έμφαση στις σύγκεντρες συστολές. Αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι η άσκηση με σύγκεντρες συστολές αυξάνει τόσο την σύγκεντρη, όσο και την έκκεντρη δύναμη των μυών, ενώ άσκηση με έκκεντρες συστολές δεν αυξάνει αντίστοιχα και τη σύγκεντρη δύναμη των μυών (Mont et al. 1994).

Συμβατικά πηλίκια. Στον ώμο, πρέπει να υπάρχει ισόρροπη σχέση μεταξύ της δύναμης των έξω και έσω στροφών προκειμένου να διατηρηθεί η σταθερότητα της άρθρωσης και για να εξασφαλισθεί το διαρκές κεντράρισμα της κεφαλής του βραχιονίου στην ωμογλήνη (Bigliani et al 1996). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι τα πηλίκια σύγκεντρης και έκκεντρης δύναμης των έξω/έσω στροφών του ώμου για το επιδόξιο άνω άκρο δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πετοσφαιριστών με μικρή και μεγάλη ασυμμετρία. Διαφορές ωστόσο παρουσίασε το κυρίαρχο από το μη κυρίαρχο άνω άκρο. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής συμφωνούν με τις έρευνες των Ellenbecker (1991, 1992, 1997) και Wilk et al. (1993), που διεξήχθησαν σε αθλητές της αντισφαίρισης και του μπίτζμπολ όπου αναφέρεται ότι το πηλίκιο για το κυρίαρχο άνω άκρο είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σύγκριση με το μη κυρίαρχο άνω άκρο. Αντίθετα άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε μη αθλητές αναφέρουν ότι το πηλίκιο

της $E\dot{\Sigma}_{\text{συγ}}/E\dot{\sigma}_{\text{συγ}}$ σε γωνιακές ταχύτητες 60-300°/s κυμαίνεται από 64-79% χωρίς ιδιαίτερες διαφορές ανάμεσα στον κυρίαρχο και μη κυρίαρχο ώμο (Cook et al. 1987, Ivey et al. 1985, Reid et al. 1989). Οι διαφορές μεταξύ των μελετών πιθανόν να οφείλονται στο φύλο, το αγωνιστικό επίπεδο (Εθνική ομάδα ή μη αθλητές), και ίσως η αρτιότερη προπονητική προσέγγιση των αθλητών κορυφαίων επιδόσεων με έμφαση στην σύγκεντρη δύναμη των έξω στροφών (Wang and Cochrane 2001).

Οι διαφορές στη δύναμη των έσω στροφών, σε συνδυασμό με τις μικρότερες διαφορές στη δύναμη των έξω στροφών (σύγκεντρη και έκκεντρη) εξηγούν το λόγο που τα πηλίκια στο κυρίαρχο άνω άκρο είναι πολύ μικρότερα συγκριτικά με αυτά του μη κυρίαρχου άκρου. Το γεγονός ότι οι τιμές των πηλίκων της παρούσας έρευνας για το κυρίαρχο άνω άκρο ήταν κατά πολύ μικρότερες από τις τιμές που αναφέρονται για μη γυμνασμένα άτομα-αθλητές, ενώ οι τιμές για το μη κυρίαρχο άνω άκρο προσεγγίζουν τις τιμές των μη αθλητών, υποδηλώνει ότι υπάρχει σοβαρή μυϊκή ανισορροπία στους στροφείς του ώμου του κυρίαρχου άνω άκρου, η οποία είναι από πλευράς μεγέθους ίδια και στις δύο ομάδες.

Το γεγονός ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα πηλίκια του κυρίαρχου άνω άκρου και στις δύο ομάδες σε σύγκριση με τα πηλίκια του μη κυρίαρχου άνω άκρου, οι οποίες προσεγγίζουν τα φυσιολογικά όρια, ενισχύει την άποψη και οδηγεί έμμεσα σε συμπέρασμα ότι δεν είναι η ασυμμετρία της ωμοπλάτης το αίτιο των μυϊκών ανισορροπιών, αλλά η μείωση στη σύγκεντρη δύναμη των έξω στροφών. Όπως προαναφέρθηκε, είναι πιθανόν να έχει προέλθει από τις επαναλαμβανόμενες έκκεντρες υπερ-φορτίσεις, οι οποίες προκαλούν μικροτραυματισμούς του μυοτενοντίου συνόλου, ή του υποπλάτιου νεύρου ή και άλλους αναχαιτιστικούς νευρομυϊκούς μηχανισμούς και ως εκ τούτου μείωση της λειτουργικής ικανότητας των έξω στροφών (Wang and Cochrane 2001).

Λειτουργικά πηλίκια. Τα πηλίκια της σύγκεντρης ή έκκεντρης δύναμης των έξω στροφών προς τους έσω στροφείς χρησιμοποιούνται ως βάση για την εκτίμηση της πρόόδου της μυϊκής ενδυνάμωσης ή της αποκατάστασης μετά από τραυματισμό. (Alfredson et al. 1998, Bennett & Marcus 1994, Mikesky et al. 1995, Sirota et al. 1997, Tata et al. 1993). Αν και τα πηλίκια αυτά παρέχουν μια εικόνα για την αξιολόγηση της δύναμης των μυών του ώμου, δεν μπορούν να αποδώσουν τη λειτουργική τους ικανότητα κατά τη διάρκεια μιας «overhead» αθλητικής δραστηριότητας. Ηλεκτρομυογραφικές και κινησιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι κατά τη διάρκεια τέτοιων δραστηριοτήτων, οι έσω στροφείς εργάζονται σύγκεντρα, για να επιταχύνουν την κίνηση του άκρου προς τα εμπρός, ενώ οι έξω στροφείς μύες εργάζονται έκκεντρα για να ελέγξουν και να επιβραδύνουν την κίνηση του άκρου προς τα εμπρός μετά την κρούση ή πέταγμα της μπάλας αποτρέποντας έτσι την υπερφόρτιση της άρθρωσης (Aagaard et al. 1997, Bennett & Marcus 1994, Fleising et al. 1994). Εξαιτίας του γεγονότος αυτού, χρησιμοποιείται το πηλίκιο της έκκεντρης δύναμης των

έξω στροφών προς τη σύγκεντρη δύναμη των έσω στροφών, το οποίο εκφράζει τη λειτουργία των μυών κατά την «επίθεση» και το πηλίκο της έκκεντρης δύναμης των έσω στροφών προς τη σύγκεντρη των έξω στροφών, το οποίο εκφράζει τη λειτουργία των μυών κατά την φάση «όπλισης» (Scoville et al. 1997, Wilk & Arrigo 1994).

Το κατάλληλο πηλίκο έκκεντρης δύναμης ανταγωνιστή μυ προς σύγκεντρη δύναμη του αγωνιστή μυ είναι κρίσιμο για την δυναμική σταθερότητα και τη βέλτιστη λειτουργία του ώμου. Για αυτό το λόγο η πλέον αρμόζουσα ανάλυση της δύναμης πρέπει να συγκρίνει την δύναμη της ανταγωνιστικής μυϊκής ομάδας που εργάζεται έκκεντρα, (που είναι αντίστοιχα οι έξω στροφείς για την «επίθεση» ή οι έσω για το «όπλισμα») με την δύναμη των αγωνιστών που εργάζονται σύγκεντρα (που είναι αντίστοιχα οι έσω στροφείς για το «καρφί» ή οι έξω για το «όπλισμα»).

Τα αποτελέσματα των λειτουργικών πηλίκων της παρούσας έρευνας, σε ότι αφορά την φάση «όπλισης» (έκκεντρη των έσω/σύγκεντρη των έξω στροφών) ήταν 1.71 και 1.38 για τον ώμο του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, αντίστοιχα, στην ομάδα με μικρή ασυμμετρία. Τα αντίστοιχα πηλίκια για τον ώμο του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, στην ομάδα με μεγάλη ασυμμετρία ήταν 1.73 και 1.18, αντίστοιχα. Το λειτουργικό πηλίκιο της έκκεντρης δύναμης των έξω στροφών προς τη σύγκεντρη δύναμη των έσω στροφών (φάση «επιβράδυνσης») ήταν 0.39 και 0.45 για τον ώμο του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου αντίστοιχα, για την ομάδα με μικρή ασυμμετρία. Για την ομάδα με μεγάλη ασυμμετρία τα αντίστοιχα πηλίκια ήταν 0.40 και 0.52 για τον ώμο του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, αντίστοιχα. Ο Scoville et al. (1997) σε μια παρόμοια έρευνα, η οποία διεξήχθη σε άρρενες φοιτητές κολλεγίου, αναφέρουν πηλίκια για τη φάση του «οπλίσματος» 2.39 για τον ώμο της κυρίαρχης πλευράς και 2.15 για τον ώμο της μη κυρίαρχης, ενώ για την φάση «καρφίου» 1.08 για τον ώμο της κυρίαρχης και 1.05 για τον ώμο της μη κυρίαρχης πλευράς. Συγκριτικά με τα αποτελέσματα του Scoville et al. (1997), οι όποιες ασυμφωνίες πιθανόν οφείλονται στο γεγονός ότι οι δοκιμαζόμενοι της δικής τους έρευνας ήταν άνδρες και δεν συμμετείχαν σε «overhead» δραστηριότητες, ενώ της παρούσας έρευνας ήταν γυναίκες αθλήτριες πετοσφαίρισης και προφανώς διέφεραν στη λειτουργική ικανότητα των στροφών μυών των ώμων επειδή έκαναν προπόνηση.

Σε μια άλλη παρόμοια έρευνα που έγινε σε αθλητές μπάιτμιντον (Ng and Lam 2002), το πηλίκιο για τη φάση του «οπλίσματος» ήταν επίσης μεγαλύτερο στον ώμο της κυρίαρχης πλευράς (1.9) σε σχέση με τον ώμο της μη κυρίαρχης (1.3), ενώ στη φάση του «καρφίου» αντίστοιχα οι αναλογίες ήταν 1.1 για τον ώμο του κυρίαρχου άνω άκρου και 1.3 για τον ώμο του μη κυρίαρχου. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής είναι παρόμοια με αυτά της παρούσας μελέτης, πιθανόν εξαιτίας του γεγονότος ότι οι δοκιμαζόμενοι ήταν «overhead» αθλητές και ως εκ τούτου με παρόμοιες επιβαρύνσεις των στροφών μυών των ώμων.

Τέλος, οποιαδήποτε γενίκευση των αποτελεσμάτων θα

πρέπει να γίνεται με επιφύλαξη λόγω των περιορισμών που διέπουν την παρούσα μελέτη. Στους περιορισμούς αυτούς συγκαταλέγονται η ισοκινητική ταχύτητα (60°/s) και η παράμετρος (μέγιστη ροπή) που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η ισοκινητική ταχύτητα που επιλέχθηκε ήταν από τις μικρότερες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια ισοκινητική αξιολόγηση και κατά πολύ μικρότερη από αυτή που καταγράφεται κατά τη εκτέλεση μιας παρόμοιας αθλητικής κίνησης. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι η ταχύτητα που έχει καταγραφεί κατά τη διάρκεια της ρίψης μιας μπάλας στο μπέιζμπολ (pitching) πλησιάζει τις 6.500-7.000°/s, γεγονός που τις καθιστά από τις μεγαλύτερες ταχύτητες που αναπτύσσει το ανθρώπινο σώμα σε αθλητικές δραστηριότητες (Bennett & Marcus 1994, Dillman et al. 1993, Fleising et al. 1994). Με δεδομένο ότι η ισοκινητική δύναμη των μυών επηρεάζεται από την ταχοδυναμική σχέση, μια μεγαλύτερη ισοκινητική ταχύτητα θα μείωνε την σύγκεντρη και θα αύξανε την έκκεντρη δύναμη των στροφών μυών του ώμου (Aagaard et al. 1996, 1997, Greenfield et al. 1990) επηρεάζοντας τα αποτελέσματά μας. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα μπορούσαν επίσης να είναι διαφορετικά αν χρησιμοποιούνταν άλλοι δείκτες αξιολόγησης της ισοκινητικής δύναμης όπως η ροπή σε συγκεκριμένη γωνία του, υπό αξιολόγηση, εύρους κίνησης (angle specific torque). Τέλος θα πρέπει να τονιστεί η δυσκολία επίτευξης μέγιστης έκκεντρης ισοκινητικής δύναμης, ειδικά των έξω στροφών, ακόμα και από άτομα των οποίων το πρότυπο λειτουργικής κίνησης περιλαμβάνει παρόμοιες συστολές (φάση «επιβράδυνσης» σε ριπτικές δραστηριότητες). Προς αποφυγή μυϊκής κόπωσης και με δεδομένο ότι οι αθλήτριες που συμμετείχαν ήταν εξοικειωμένες με παρόμοιες κινήσεις δόθηκαν μόνο 4-6 κύκλοι σύγκεντρων/έκκεντρων συστολών για εξοικείωση με την ισοκινητική διαδικασία. Τα αποτελέσματα μας πιθανόν διαφοροποιούνταν εάν οι συμμετέχουσες είχαν τη δυνατότητα να εξοικειωθούν περισσότερο σε μια ξεχωριστή συνεδρία ή με περισσότερες επαναλήψεις πριν την τελική ισοκινητική αξιολόγηση.

Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι η ασύμμετρη θέση των ωμοπλάτων δεν συνδέεται με τη δύναμη των έσω και έξω στροφών των ώμων. Το εύρημα αυτό καταδεικνύει ότι οι όποιες διαφορές στη μυϊκή λειτουργική ικανότητα των στροφών μυών των ώμων πετοσφαιριστριών, δεν οφείλονται στην ασύμμετρη θέση των ωμοπλάτων.

Ένα σημαντικό εύρημα της έρευνας αυτής, το οποίο δεν συμφωνεί με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης είναι η πολύ μικρή έκκεντρη δύναμη των έξω στροφών των ώμων των δοκιμαζομένων και των δύο ομάδων, γεγονός που διαταράσσει τα συμβατικά και λειτουργικά πηλίκια της δύναμης των στροφών μυών του ώμου. Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για να δείξει εάν η δύναμη των στροφών μυών του ώμου επηρεάζεται από μεγαλύτερη ασυμμετρία των ωμοπλάτων.

Βιβλιογραφία

- AAGAARD H and JORGENSEN U. Injuries in elite volleyball. *Scand J Med Sci Sports* 6, 4, 228-232, 1996.
- AAGAARD H, SCAVENIUS M and JORGENSEN U. An epidemiological analysis of the injury pattern in indoor and in beach volleyball. *Int J Sports Med* 18, 3, 217-221, 1997.
- ALFREDSON H, PIETILA T and LORENTZON R. Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scand J Med Sci Sports* 8, 5, 265-270, 1998.
- BENNETT JG and MARCUS NA. The decelerator mechanism: eccentric muscular contraction applications at the shoulder. In: *The athlete's shoulders*. JR. Andrews and KE Wilk (Eds.), New York: Churchill Livingstone, pp.567-576, 1994.
- BIGLIANI LU, KELKAR R, FLATOW EL, POLLOCK RG and MOW VC. Glenohumeral stability. Biomechanical properties of passive and active stabilizers. *Clin Orthop and Rel Resear* 330, 13-30, 1996.
- BURKHART SS, MORGAN CD and KIBLER WB. The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology. Part III: The SICK scapula scapular dyskinesis the kinetic chain and rehabilitation. *Arthroscopy* 19, 5, 641-661, 2003.
- BURKHART SS, MORGAN CD and KIBLER WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology. Part II: evaluation and treatment of SLAP lesions in throwers. *Arthroscopy* 19, 5, 531-539, 2003.
- CHANDLER TJ, KIBLER WB, STRACENER EC, ZIEGLER AK and PACE B. Shoulder strength power and endurance in college tennis players. *Am J Sports Med* 20, 4, 455-458, 1992.
- CODINE P, BERNARD PL, POCHOLLE M, BENAÏM C and BRUN V. Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Med Sci Sports Exerc* 29, 11, 1400-1405, 1997.
- COOK EE, GRAY VL and SAVINOR-NOGUE E. Shoulder antagonistic strength ratios: a comparison between college-level baseball pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther* 8, 451-461, 1987.
- DILLMAN CJ, FLEISIG G S and ANDREWS JR. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther* 18, 402-408, 1993.
- EGGERT S and HOLZGRAEF M. [Compression neuropathy of the suprascapular nerve in high performance volleyball players]. *Sportverletz Sportschaden* 7(3):136-42, 1993.
- ELLENBECKER TS and MATTALINO AJ. Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther* 25, 323-328, 1997.
- ELLENBECKER TS and ROETERT EP. Testing isokinetic muscular fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis players. *J Orthop Sports Phys Ther* 29, 5, 275-281, 1999.
- ELLENBECKER TS. A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinet Exerc Sci* 1, 9-21, 1991.
- ELLENBECKER TS. Shoulder internal and external rotation strength and range of motion of highly skilled junior tennis players. *Isokinet Exerc Sci* 2, 1-8, 1992.
- FLEISIG GS, ANDREWS JR, DILLMAN CJ and ESCAMILLA RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med* 23, 2, 233-239, 1995.
- FLEISING GS, DILLMAN CJ and ANDREWS JR. Biomechanics of the shoulder during throwing. In: *The athlete's shoulders*, JR Andrews and KE Wilk (eds.) New York: Churchill Livingstone, pp. 355-368, 1994.
- GREENFIELD BH, DONATELLI R, WOODEN MJ and WILKE SJ. Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength between the plane of scapula and the frontal plane. *Am J Sports Med* 18, 2, 124-128, 1990.
- IVEY FM, CALHOUN JH and RUSCHE K. Isokinetic testing of shoulder strength: normal values. *Arch Phys Med Rehabil* 66, 384-386, 1985.
- KENDALL FP, MCCREARY EK and PROVANCE PG. *Muscle testing and function*. Williams & Wilkins. 4th Ed, Baltimore. 1993.
- KIBLER WB and MCMULLEN J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg* 11, 2, 142-151, 2003.
- KIBLER WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med* 26, 325-337, 1998.
- LUDEWIG PM and COOK TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther* 80, 276-291, 2000.
- LUKASIEWICZ AC, MCCLURE P, MICHENER L, PRATT N and SENNETT B. Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther* 29, 10, 574-586, 1999.
- MANDALIDIS DG, O' REAGAN M, DONNE B and O' BRIEN M. Reliability of isokinetic shoulder rotation in the scapular plane. *Isokinet Exerc Sci* 9(1): 65-72, 2001.
- MCMASTER WC, LONG SC and CAIOZZO VJ. Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *Am J Sports Med* 19, 1, 72-75, 1991.
- MCMASTER WC, LONG SC and CAIOZZO VJ. Shoulder torque changes in the swimming athlete. *Am J Sports Med* 20, 3, 323-327, 1992.
- MCNAIR PJ, DEPLEDGE J, BRETTKELLY M and STANLEY SN. Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. *Br J Sports Med* 30, 243-245, 1996.
- MIKESKY AE, EDWARDS JE, WIGGLESWORTH JK, and KUNKEL S. Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. *Am J Sports Med* 23, 5, 638-642, 1995.
- MONT MA, COHEN DB and CAMPBELL KR. Isokinetic concentric versus eccentric training of shoulder rotators with functional evaluation of performance enhancement in elite tennis players. *Am J Sports Med* 4, 513-517, 1994.
- MYERS J, LAUNDER K, PASQUALE M, BRADLEY J and LEPHART S. Scapular position and orientation in throwing athletes. *Am J Sports Med* 33, 2, 263-271, 2005.
- NG GY and LAM PC. A Study of Antagonist/Agonist Isokinetic Work Ratios of Shoulder Rotators in Men Who Play Badminton. *J Orthop Sports Phys Ther* 32, 399-404, 2002.
- NIEDERBRACHT Y, SHIM AL, SLONIGER MA, PATERNOSTRO-BAYLES M and SHORT TH. Effects of shoulder injury prevention strength training program on eccentric external rotator muscle strength and glenohumeral joint imbalance in female overhead activity athletes. *The J of Stren and Cond Resh* 22, 1, 140-145, 2008.
- NOFFAL GJ. Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *Am J Sports Med* 31, 537-541, 2003.
- PALETTA GA, WARNER IP, WARREN RF, DEUTSCH A and ALTCHER DW. Shoulder kinematics with two-plane w-ray evaluation in patients with anterior instability or rotator cuff tearing. *J of Shoulder and Elbow Surg* 6, 516-527, 1997.
- REID DC, OEDEKOVEN G and KRAMER JF. Isokinetic muscle strength parameters for shoulder movements. *Clin Biom* 4, 97-104, 1989.
- RUBIN BD. Evaluation of the overhead athlete: examination and ancillary testing. *Arthroscopy* 19, 10, (Suppl.1) 42-46, 2003.
- SANDOW, MJ and ILIC J. Suprascapular nerve rotator cuff compression syndrome in volleyball players. *J of Shoulder and Elbow Surg* 7(5), 516-521, 1998.
- SCOVILLE CR, ARCIERO RA, TAYLOR DC and STONEMAN PD. End range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios: a new perspective in shoulder strength assessment. *J Orthop Sports Phys Ther* 25, 203-207, 1997.
- SIROTA SC, MALANGA GA, EISCHEN JJ and LASKOWSKI ER. An eccentric and concentric-strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 25, 1, 59-64, 1997.
- TATA GE, LINDA N and KRAMER JF. Shoulder antagonistic strength ratios during concentric and eccentric muscle actions in the scapular plane. *J Orthop Sports Phys Ther* 18, 6, 654-660, 1993.
- WANG HK and COCHRANE T. A descriptive epidemiological study of shoulder injury in top level English male volleyball players. *Int J Sports Med* 22, 2, 159-163, 2001.
- WANG HK and COCHRANE T. Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *Br J Sports Med* 34, 39-43, 2000.
- WANG HK. and COCHRANE T. Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 41, 403-410, 2001.
- WARNER IP, MICHELI LI, ARSLANIAN LE. and KENNEDY R. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. *Clin Orthop* 285, 199-204, 1992.
- WILK KE and ARRIGO CA. Peak torque and maximum work repetition during isokinetic testing of the shoulder internal and external rotators. *Isokin Exerc Sci* 4, 171-175, 1994.
- WILK KE, ANDREWS JR, ARRIGO CA, KEIRNS MA and ERBER DJ. The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 21, 1 61-66, 1993.
- WILK KE, MEISTER K and ANDREWS JR. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med* 30, 1, 136-151, 2002.
- YILDIZ Y, AYDIN T, SEKIR U, KIRALP MZ, HAZNECI B and KALYON TA. Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios in overhead athletes. *Scandinavian J of Med and Sci in Sports* 16, 174-180, 2006.

Abstract

Shoulder rotators muscle strength in female volleyball players with scapular asymmetry

ATHANASOPOULOU E.,¹ KARAYIANNAKIS D.,² MANDALIDIS D.,² BENEKA A.,¹ MALLIOU P.¹ and MIHALOPOULOU M.¹

¹ School of Physical Education and Sport Science, Democretian University of Thrace

² Section of Sport Medicine and Biology of Exercise, School of Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens

Introduction. Strength imbalances between the muscles surrounding the glenohumeral joint (rotator cuff) and scapulothoracic articulation (scapular rotators) are very common among overhead athletes with shoulder injuries. The purpose of this study was to investigate possible alterations of shoulder rotator's muscle strength in healthy female volleyball players with asymmetry in static scapular position.

Method. Isokinetic strength of internal and external rotators of the shoulder was assessed in 29 female volleyball players with low (N=15) and high asymmetry (N=14) between the two scapulae. Participants were classified in a group with low and a group with high scapular asymmetry if the differences between (i) the horizontal distances of the two scapulae from the spine and/or (ii) vertical distance between the projections of the roots of the scapular spine to the spine were ≤ 1.5 cm and ≥ 1.5 cm, respectively. Strength assessment of the shoulder internal and external rotators (IR, ER) was performed isokinetically with 5 consecutive cycles of concentric/eccentric (con, ecc) muscle contractions at 60°/sec.

Results. The findings of the present study revealed that both concentric and eccentric muscle strength of the shoulder internal and external rotators of the dominant and non-dominant side were not affected by scapular asymmetry. Similarly, both conventional (ER_{con}/IR_{con}) and functional ratios (ER_{con}/IR_{ecc} , ER_{ecc}/IR_{con}) were not statistically significantly different between groups and sides.

Conclusions. The findings of the present study suggest that asymmetric position of the scapula was not connected to strength imbalances between the rotator cuff muscles. Future research may be able to identify strength imbalances between shoulder rotators, examining greater scapular asymmetry or implementing other isokinetic variables like the angle specific torque.

Key words: FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS, SCAPULAR ASYMMETRY, ROTATOR STRENGTH, MUSCLE IMBALANCE, FUNCTIONAL RATIOS

Main references

- AAGAARD H and JORGENSEN U. Injuries in elite volleyball. *Scand J Med Sci Sports* : 6, 4, 228–232, 1996.
- AAGAARD H, SCAVENIUS M and JORGENSEN U. An epidemiological analysis of the injury pattern in indoor and in beach volleyball. *Int J Sports Med* :18, 3, 217–221, 1997.
- ALFREDSON H, PIETILA T and LORENTZON R. Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scand J Med Sci Sports* :8, 5, 265–270, 1998.
- BENNETT JG and MARCUS NA. The decelerator mechanism: eccentric muscular contraction applications at the shoulder. In: *The athlete's shoulders*, JR. Andrews and KE Wilk (Eds.), New York: Churchill Livingstone, pp.567–576, 1994.

Correspondance with first author

Athanasopoulou Evaggelia, e-mail: athanasopoulaina@yahoo.com

Σύγκριση μορφολογικών χαρακτηριστικών αθλητών εθνικών ομάδων χειροσφαίρισης και πετοσφαίρισης

Κωνσταντίνος Νούτσος

Τομέας Αθλοπαιδιών, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΝΟΥΤΣΟΣ Κ. Σύγκριση μορφολογικών χαρακτηριστικών αθλητών εθνικών ομάδων χειροσφαίρισης και πετοσφαίρισης. *Κινησιολογία*, Εαρινή Περίοδος 2016, Τόμος 6, Τεύχος 1, Σελ. 19-26. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των αθλητών υψηλής απόδοσης βοηθούν να κατανοήσουμε τις βέλτιστες μορφολογικές, φυσιολογικές, βιομηχανικές και διατροφικές απαιτήσεις των επιδόσεων για επιτυχή συμμετοχή. **Σκοπός.** Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να συγκρίνει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά αθλητών εθνικών ομάδων χειροσφαίρισης, πετοσφαίρισης και να διερευνήσει πιθανές διαφορές μεταξύ τους. **Μέθοδος.** Το δείγμα της παρούσας μελέτης το αποτέλεσαν οι αθλητές των εθνικών ομάδων χειροσφαίρισης ($n=16$, 25.0 ± 4.1 έτη, σωματικό ανάστημα 186.4 ± 7.2 cm, σωματική μάζα 90.3 ± 10.0 kg) και πετοσφαίρισης ($n=16$, 25.1 ± 4.3 έτη, σωματικό ανάστημα 192.4 ± 6.7 cm, σωματική μάζα 89.8 ± 5.8 kg). Μετρήθηκαν 5 δερματοπτυχές, 2 διακονδυλικά πλάτη καθώς και τρεις περιφέρειες. **Αποτελέσματα.** Στις πρωτογενείς σωματομετρικές παραμέτρους σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν στη σωματική μάζα ($p<0.05$), υποπλάτεια ($p<0.001$), υπερλαγώνια ($p<0.001$) και γαστροκνημιαία ($p<0.05$) δερματοπτυχή με τους χειροσφαιριστές να καταγράφουν υψηλότερες τιμές έναντι των πετοσφαιριστών. Στις δευτερογενείς παραμέτρους, οι χειροσφαιριστές εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές στο δείκτη σωματικής μάζας ($p<0.05$), ποσοστό σωματικού λίπους ($p<0.05$), στο άθροισμα των πέντε δερματικών πτυχών ($p<0.001$) και στην ενδομορφία ($p<0.001$). Ο σωματότυπος των χειροσφαιριστών καταγράφεται ως ενδομορφικός μεσόμορφος ($3.6-5.2-1.8$) ενώ των πετοσφαιριστών ως ισορροπημένος μεσόμορφος ($2.4-4.0-2.8$). **Συμπέρασμα.** Στις περισσότερες εξεταζόμενες παραμέτρους δεν ανιχνεύθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών. Οι παρατηρούμενες διαφορές μπορεί να είναι αποτέλεσμα της εξειδικευμένης και μακροχρόνιας προπόνησης των χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών καθώς η άσκηση συμβάλλει στην μυϊκή ανάπτυξη μερών του σώματος.

Λέξεις κλειδιά: ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ, ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ, ΣΩΜΑΤΟΤΥΠΟΣ

Ανθρωπομετρικές μελέτες έχουν δείξει ότι η υψηλή απόδοση απαιτεί ειδικά μορφολογικά χαρακτηριστικά σε κάθε άθλημα (Carter & Heath, 1990). Η μορφολογία του σώματος του αθλητή υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις του αθλήματος και θεωρείται ζωτικής σημασίας για απόδοση υψηλού επιπέδου στο συγκεκριμένο άθλημα. Η μορφολογική κατασκευή ενός αθλητή ορίζεται από το σωματικό του ανάστημα, τη μάζα που διαθέτει, τις μεταξύ τους αναλογίες, το ποσοστό λίπους και τα σωματοτυπικά του χαρακτηριστικά (Eiblen, 1981).

Στις μέρες μας το επίπεδο του επαγγελματικού ανταγωνισμού στις αθλοπαιδιές έχει αυξηθεί με αποτέλεσμα η επιτυχία να έχει συνδεθεί με συγκεκριμένα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, σύσταση σώματος και σωματότυπο (Duquet & Carter, 2001). Οι αθλητές σε ένα συγκεκριμένο άθλημα πρέπει να έχουν καθορισμένες ανθρωπομετρικές μεταβλητές που είναι πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και συσχετίζονται με την απόδοση. Ο προσδιορισμός των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της σωματικής διάπλασης που μπορεί να συμβάλλουν στην επίτευξη υψηλών επιδόσεων καθώς και τις πιθανές δομικές διαφορές μεταξύ των αθλητών σε διάφορα αθλήματα έχει αποτελέσει αντικείμενο μεγάλου ενδιαφέροντος για ερευνητές και προπονητές (Carter, Ackland, Kerr, & Stapff, 2005, Gaurav, Singh M., & Singh S.,

2010, Malousaris, Bergeles, Barzouka, Bayios, Nassis, & Koskoulou, 2008). Η χειροσφαίριση και η πετοσφαίριση είναι δύο ολυμπιακά, δημοφιλή και δυναμικά ομαδικά αθλήματα υψηλής θεαματικότητας, με διαφορετικές τεχνικές ικανότητες και κατάρτιση. Η χειροσφαίριση χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο διαφορετικών κινήσεων, αλμάτων, εναλλασσόμενων ταχυτήτων, επαναλαμβανόμενων επιταχύνσεων, αλλαγών κατεύθυνσης, σημαντικών επαφών μεταξύ των αντιπάλων καθώς και τεχνικοτακτικών κινήσεων σε σύντομο χρόνο (Gorostiaga, Granados, Ibanez, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2006, Ronglan, Raastad, & Borgesen, 2006). Η πετοσφαίριση απαιτεί από τους παίκτες να ανταγωνιστούν σε συχνές σύντομες περιόδους άσκησης υψηλής έντασης, ακολουθούμενες από περιόδους χαμηλής έντασης (Kunstlinger, Ludwig, & Stegemann, 1987, Viitasalo, Rusko, Pajla, Rahkila, Ahila, & Montonen, 1987) και περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενα άλματα, μπλοκ, καρφώματα και δυνατά σέρβις (Lidor & Ziv, 2010).

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, φαίνεται ότι υπάρχει περιορισμένος αριθμός ερευνών που μελετούν επιλεγμένα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά αθλητών χειροσφαίρισης (Srhoj, Marinovic, & Rogulj, 2002, Sibila & Pori, 2009) και πετοσφαίρισης υψηλής απόδοσης (Gualdi-Russo & Zaccagni, 2001, Κασαμπαλής Δούδα, & Τοκμακίδης, 2005, Zary, Reis, Rouboa, Silva, Fernandes, & Filho, 2009). Υπάρχουν επίσης εργασίες που αναφέρονται σε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και δίνουν ταυτόχρονα πληροφορίες και για δείκτες κινητικής απόδοσης χειροσφαιριστών (Rannou, Priou, Zouhal, Gratas-Delamarche, & Delamarche, 2001,

Επικοινωνία με συγγραφέα

Νούτσος Κωνσταντίνος, e-mail: knutsos@phed.uoa.gr

Chaouachi, Brughelli, Levin, Boudhina, Cronin, & Chamari, 2009, Sporis, Vuleta D., Vuleta DJR., & Milanovic, 2010) και πετοσφαιριστών (Borras, Balius, Drobnic, & Galilea, 2011, Kalinski, Norkowski, Karner, & Tkaczuk, 2002, Smith, Roberts, & Watson, 1992) υψηλού επιπέδου κατηγορίας ανδρών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται ότι υπάρχει έλλειμμα εργασιών που να συγκρίνουν ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά ενηλίκων αθλητών χειροσφαίρισης, πετοσφαίρισης και οι υπάρχουσες μελέτες δεν μας βοηθούν να αποκτήσουμε μία αντιπροσωπευτική εικόνα των διαφορών μεταξύ αθλητών υψηλού επιπέδου στα συγκεκριμένα αθλήματα. Ως εκ τούτου σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν: α) να αξιολογήσει τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, τους δείκτες σύστασης σώματος και τα συστατικά του σωματότυπου σε αθλητές χειροσφαίρισης, πετοσφαίρισης μέλη των εθνικών ομάδων και β) να εξετάσει πιθανές διαφορές μεταξύ χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών στις παραπάνω μεταβλητές.

Μεθοδολογία

Δείγμα. Το δείγμα της παρούσας μελέτης αποτέλεσαν δέκα έξι (16) χειροσφαιριστές και δέκα πέντε (15) πετοσφαιριστές μέλη των Εθνικών ομάδων ανδρών. Οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις ($\bar{x} \pm s.d$) της χρονολογικής ηλικίας, τα έτη συστηματικής ενασχόλησης καθώς και οι ώρες εβδομαδιαίας προπόνησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν σχετικά με τη διαδικασία και τους σκοπούς της μελέτης συμπεριλαμβανομένων των οφελών συμμετοχής τους αφού είχε προηγηθεί η συγκατάθεση των ιδίων. Σε όλους τους δοκιμαζόμενους καταγράφηκε το ιστορικό της αθλητικής τους δραστηριότητας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με βάση τους κανόνες της ερευνητικής και ηθικής δεοντολογίας του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η ερευνητική ομάδα σε συνεργασία με τους εθνικούς προπονητές ενέταξαν τις μετρήσεις μέσα στο προπονητικό τους σχεδιασμό. Οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο των ετήσιων περιοδικών μετρήσεων αξιολόγησης των μελών των εθνικών ομάδων.

Ανθρωπομετρήσεις. Όλες οι ανθρωπομετρήσεις έγι-

Πίνακας 1. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις της χρονολογικής ηλικίας και στοιχείων προπόνησης χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών.

Μεταβλητές	Χειροσφαίριση (n=16)	Πετοσφαίριση (n=15)
Ηλικία (έτη)	25.0 $\pm$ 4.1	25.1 $\pm$ 4.3
Προπονητική ηλικία (έτη)	12.4 $\pm$ 3.8	12.0 $\pm$ 4.8
Ώρες προπόνησης την εβδομάδα	15.4 $\pm$ 2.2	17.7 $\pm$ 3.2

ναν από τον ίδιο εξεταστή σύμφωνα με τις οδηγίες που περιγράφονται από τους ερευνητές Norton, Marfell-Jones, Whittingham, Kerr, Carter, Saddington, & Gore (2000). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο στη δεξιά πλευρά του σώματος του εξεταζόμενου. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων καταγράφηκε η σωματική μάζα του δείγματος που μετρήθηκε με τη χρήση βαθμονομημένης ψηφιακής ζυγαριάς χωρίς να φορούν παπούτσια και με την ελάχιστη δυνατή ένδυση με ακρίβεια μέτρησης 0.1 kg (sega alfa model 770, Germany). Το σωματικό ανάστημα μετρήθηκε σε όρθια στάση, χωρίς υποδήματα, με τη χρήση ενός αναστημόμετρου του εμπορίου και με ακρίβεια ± 0.1 cm (220 Seca, Germany). Μετρήθηκαν επίσης δύο πλάτη οστών (βραχιόνιο και μηριαίο διακονδυλικό πλάτος) σε cm με ακρίβεια 0.1 cm, τρεις περιφέρειες οστών (περιφέρεια δικεφάλου σε χάλαση και σε σύσπαση, γαστροκνημιαία) σε cm με ακρίβεια 0.1 cm. Οι δερματοπτυχές, δικεφάλου, τρικεφάλου βραχιόνιου μυ, υποπλατιαία, υπερλαγόνια και γαστροκνημιαία μετρήθηκαν σε mm με ακρίβεια 0.1 mm έπειτα από τον ακριβή εντοπισμό του ανατομικού σημείου κάθε δερματοπτυχής με τη χρήση δερματοπτυχόμετρου (J. Bull, U.K). Οι παραπάνω ανθρωπομετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τρεις φορές από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Το τεχνικό σφάλμα των μετρήσεων ήταν αντίστοιχα, στο σωματικό ανάστημα, σωματική μάζα 0.167 cm, 0.198 kg, πέντε δερματοπτυχές (βραχιόνια δικεφαλική και τρικεφαλική, υποπλατιαία, υπερλαγόνια και γαστροκνημιαία 0.529 mm, 0.620 mm, 0.438 mm, 0.657 mm, 0.785 mm) μηριαίο και βραχιόνιο διακονδυλικό 0.639 cm, 0.127 cm και περιφέρεια του γαστροκνημίου και του δικεφάλου σε χάλαση και σύσπαση 0.346 cm, 0.164 cm και 0.109 cm (Ulijaszek & Kerr, 1999).

Με βάση τα πρωτογενή δεδομένα σωματομέτρησης υπολογίστηκε ο δείκτης σωματικής μάζας (BMI) (Kg/m^2) από το σωματικό βάρος δια του τετραγώνου του αναστήματος. Υπολογίστηκε επίσης η πυκνότητα σώματος (D) με βάση την εξίσωση Durnin & Womersley (1973) ($D = c - m \times \log S_4 s$), το ποσοστό σωματικού λίπους (BF%) (%) με βάση τις μετρήσεις τεσσάρων δερματοπτυχών (βραχιόνια δικεφαλική και τρικεφαλική, υπερλαγόνια και υποπλατιαία) χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Siri (1956) ($\% \text{ fat} = [(4.95/D) - 4500] \times 100$). Οι συνιστώσες του σωματότυπου (ενδομορφία, μεσομορφία, εξωμορφία) υπολογίστηκαν από τις εξισώσεις που προτείνονται από τους Carter και Heath (1990). Η μέση διασπορά σωματότυπων, η οποία υπολογίστηκε από την απόσταση της τιμής κάθε σωματότυπου από το μέσο όρο όλων των τιμών σε δισδιάστατη μορφή ως προς τον άξονα X και Y (Ross & Wilson, 1973, Carter & Heath, 1990, Kopriva & Cechovsky, 1990), όπου: $X = \text{εξωμορφία} - \text{ενδομορφία}$ $Y = 2 \times \text{μεσομορφία} - (\text{ενδομορφία} + \text{εξωμορφία})$. Η μέση θέση σωματότυπων, η οποία υπολογίστηκε από την απόσταση της τιμής κάθε σωματότυπου ως προς το μέσο όρο όλων των τιμών σε τριδιάστατη μορφή ως προς ενδομορφία, μεσομορφία και εξωμορφία (Ross & Wilson, 1973).

Στατιστική ανάλυση. Για τον έλεγχο της σημαντικότητας

Πίνακας 2. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις και δείκτης σημαντικότητας της διαφοράς των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών.

Μεταβλητές	Χειροσφαίριση (n=16)	Πετοσφαίριση (n=15)	F	P Value
Σωματικό ανάστημα (cm)	186.4 $\pm$ 7.2	192.4 $\pm$ 6.7	0.08	P=0.771
Σωματική μάζα (kg)	90.3 $\pm$ 10.0	89.8 $\pm$ 5.8.4	4.3	P=0.045*
Δικεφαλική δερματοπτυχή (mm)	4.3 $\pm$ 0.8	4.5 $\pm$ 1.1	0.8	P=0.368
Τρικεφαλική δερματοπτυχή (mm)	10.7 $\pm$ 3.8	9.1 $\pm$ 2.9	1.2	P=0.270
Υποπλατιαία δερματοπτυχή (mm)	13.9 $\pm$ 3.5	9.6 $\pm$ 1.7	9.8	P=0.004**
Υπερλαγώνια δερματοπτυχή (mm)	11.7 $\pm$ 5.1	5.5 $\pm$ 1.2	20.4	P=0.000**
Γαστροκνήμια δερματοπτυχή (mm)	8.3 $\pm$ 4.0	7.4 $\pm$ 2.0	4.7	P=0.037*
Βραχιόνιο διακονδυλικό (cm)	7.3 $\pm$ 0.3	7.2 $\pm$ 0.3	0.08	P=0.771
Μηριαίο διακονδυλικό (cm)	9.9 $\pm$ 0.5	10.1 $\pm$ 0.3	2.5	P=0.123
Περιφέρεια δικεφάλου σε συστολή (cm)	36.5 $\pm$ 2.2	34.6 $\pm$ 0.9	1.3	P=0.254
Περιφέρεια δικεφάλου σε χάλαση (cm)	34.0 $\pm$ 2.2	32.9 $\pm$ 0.9	3.9	P=0.058
Περιφέρεια γαστροκνήμιου (cm)	42.1 $\pm$ 1.8	40.8 $\pm$ 1.6	0.3	P=0.537

*p<0.05, **p<0.001

των διαφορών μεταξύ των ομάδων χειροσφαίρισης και πετοσφαίρισης χρησιμοποιήθηκε το t-test για ανεξάρτητα δείγματα σε προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας ($p<0.05$).

Αποτελέσματα

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις ($\bar{x}\pm sd$) των ανθρωπομετρικών παραμέτρων καθώς και τα επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας για κάθε ομάδα μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Στις πρωτογενείς σωματομετρικές παραμέτρους σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μόνο στη σωματική μάζα ($p<0.05$), υποπλατιαία ($p<0.001$), υπερλαγώνια ($p<0.001$) και γαστροκνήμια ($p<0.05$) δερματοπτυχή με τους

χειροσφαιριστές να καταγράφουν υψηλότερες επιδόσεις έναντι των πετοσφαιριστών. Στις δευτερογενείς παραμέτρους, οι χειροσφαιριστές εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές στο δείκτη σωματικής μάζας ($p<0.05$), ποσοστό σωματικού λίπους ($p<0.05$), λιπώδη μάζα ($p<0.01$) και στο άθροισμα των πέντε δερματικών πτυχών ($p<0.001$). Στην άλιπη σωματική μάζα μεταξύ των δυο ομάδων μελέτης δεν καταγράφεται καμία σημαντική διαφορά με τους πετοσφαιριστές να καταγράφουν υψηλότερη τιμή (Πίνακας 3). Ο σωματότυπος των χειροσφαιριστών καταγράφεται ως ενδομορφικός μεσόμορφος (3.6–5.2–1.8) ενώ των πετοσφαιριστών ως ισορροπημένος μεσόμορφος (2.4–4.0–2.8). Ως προς τα συστατικά του σωματότυπου, παρατηρείται σημαντική διαφορά ($p=0.001$)

Πίνακας 3. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις και σημαντικές διαφορές της σύστασης σώματος χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών.

Μεταβλητές	Χειροσφαίριση (n=16)	Πετοσφαίριση (n=15)	F	P Value
Δείκτης σωματικής μάζας (kg/m ²)	25.9 $\pm$ 1.5	24.2 $\pm$ 1.0	4.1	P=0.050*
Ποσοστό σωματικού λίπους (%)	23.8 $\pm$ 4.3	19.2 $\pm$ 2.9	4.1	P=0.050*
Λιπώδης μάζα (kg)	21.8 $\pm$ 5.8	17.3 $\pm$ 2.7	7.4	P=0.011**
Άλιπη σωματική μάζα (kg)	68.4 $\pm$ 5.2	72.5 $\pm$ 5.5	0.0	P=0.937
Άθροισμα 5 δερματοπτυχών (mm)	49.1 $\pm$ 15.3	36.3 $\pm$ 7.1	8.9	P=0.006***

*p<0.05, ** p<0.01, ***p<0.001

Πίνακας 4. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις και σημαντικές διαφορές των σωματοτυπικών χαρακτηριστικών χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών.

Μεταβλητές	Χειροσφαίριση (n=16)	Πετοσφαίριση (n=15)	F	P Value
Ενδομορφία	3.6 $\pm$ 1.1	2.4 $\pm$ 0.5	9.0	P=0.005*
Μεσομορφία	5.2 $\pm$ 0.7	4.0 $\pm$ 0.8	0.3	P=0.572
Εξωμορφία	1.8 $\pm$ 0.6	2.8 $\pm$ 0.6	0.0	P=0.808
Μέση Διασπορά σωματότυπων σε διδιάστατη μορφή	3.6 $\pm$ 1.4	4.5 $\pm$ 1.5	0.0	P=0.952
Μέση θέση σωματότυπων σε τριδιάστατη μορφή	1.3 $\pm$ 0.4	2.1 $\pm$ 0.8	9.5	P=0.004*
*p<0.001				

στην ενδομορφία μεταξύ των δύο ομάδων ενώ δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη μεσομορφία και την εξωμορφία ($p>0.05$). Επίσης ανιχνεύτηκε σημαντική διαφορά στη μέση θέση σωματότυπων ($p<0.001$) (Πίνακας 4). Από την κατηγοριοποίηση των διαφόρων σωματότυπων φαίνεται ότι στο 50.0% των αθλητών της χειροσφαίρισης ο σωματότυπος ήταν ενδομορφικός μεσόμορφος και από 18.7% ήταν ισορροπημένος μεσόμορφος και μεσόμορφος-ενδόμορφος. Ταυτόχρονα στους πετοσφαιριστές το 33.3% ήταν ισορροπημένος μεσόμορφος και από 20.0 % ήταν εξωμορφικός-μεσόμορφος και μεσόμορφος-εξώμορφος (Πίνακας 5).

Συζήτηση

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης οι αθλητές των δύο ομάδων δεν διαφέρουν σημαντικά στο σωματικό ανάστημα μεταξύ τους. Αντίστοιχες εργασίες άλλων ερευνητών παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα για τους πετοσφαιριστές (Borras, Balus, Drobic, & Galilea, 2011, Smith, Roberts, & Watson, 1992) ενώ οι χειροσφαιριστές υπολείπονται (Srhoj, Marinovic, & Rogulj, 2002, Sibila & Pori, 2009). Το σωματικό ανάστημα αποτελεί βασικό και απαραίτητο στοιχείο στην ομαδική επιτυχία και κριτήριο εξειδίκευσης των αθλητών γιατί τους βοηθά να εκτελούν με επιτυχία σε συγκεκριμένες θέσεις ορισμένες τεχνικοτακτικές ενέργειες. Συγκεκριμένα στη χειροσφαίριση το υψηλό ανάστημα βοηθά τους παίκτες στην επίθεση να εκτελούν τους στόχους με επιτυχία και αποτελεσματικότητα, στην άμυνα να μπλοκάρουν τις ρίψεις που κατευθύνονται στις πάνω γωνίες του τέρματος, ενώ ένας ψηλόσωμος τερματοφύλακας μπορεί να έχει μεγαλύτερη κάλυψη του τέρματος (Sibila & Pori, 2009). Στην πετοσφαίριση ένα μεγαλύτερο σωματικό ανάστημα είναι σημαντικός παράγοντας στην απόδοση των πετοσφαιριστών κατά την διάρκεια του παιχνιδιού (Koley, Singh, & Sadhu, 2010, Bayios, Bergeles, Apostolidis, Noutsos, & Koskoulou, 2006), τόσο στην άμυνα όσο και στην επίθεση επειδή βασικά τεχνικοτα-

κτικά στοιχεία, (κάρφωμα, μπλοκ, σέρβις) απαιτούν χειρισμό της μπάλας πάνω από το κεφάλι. Επιπρόσθετα, ένας από τους κύριους σκοπούς των πετοσφαιριστών σε έναν αγώνα είναι η υπεροχή πάνω από τον φιλέ έναντι της άλλης ομάδας και οι παίκτες με υψηλό ανάστημα έχουν το πλεονέκτημα αυτό. Συνεπώς, για την επιτυχία της ομάδας η παρουσία των αθλητών υψηλού αναστήματος θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων καθότι αυτό επηρεάζει θετικά όλες τις άλλες επιμήκειες διαστάσεις του σώματος και με τη σειρά τους, την αθλητική απόδοση (Carter & Heath 1990, Fleck, Case, Puhl, & Van Handle, 1985, Van Den Tillar & Ettema, 2004, Bayios, Bergeles, Apostolidis, Noutsos, & Koskoulou, 2006).

Πίνακας 5. Απόλυτη (N) και ποσοστιαία (%) συχνότητα εμφάνισης σωματοτύπων σε χειροσφαιριστές και πετοσφαιριστές.

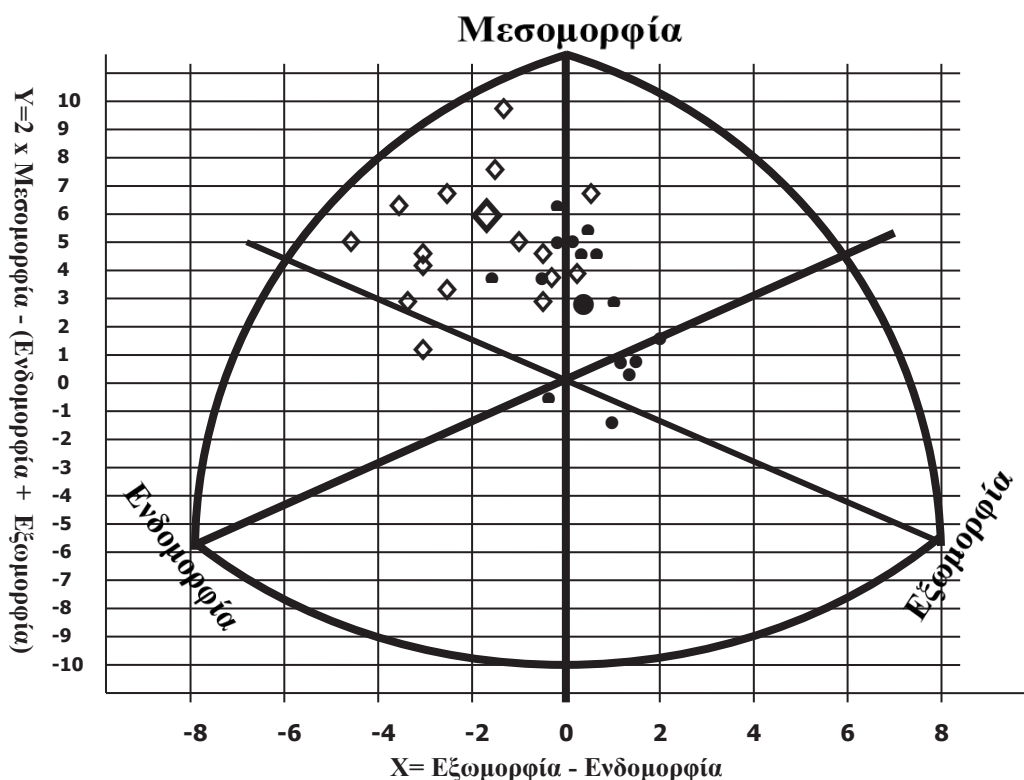
Κατηγορίες σωματοτύπων	Χειροσφαίριση (n=16)	Πετοσφαίριση (n=15)
	N (%)	N (%)
1 Εξωμορφικός-μεσόμορφος	1/16 (6.2%)	3/15 (20.0%)
2 Μεσομορφικός- ενδόμορφος	1/16 (6.2%)	~
3 Ενδομορφικός-μεσόμορφος	8/16 (50.0%)	1/15 (6.6%)
4 Εξωμορφικός- ενδόμορφος	~	~
5 Μεσόμορφος-ενδόμορφος	3/16 (18.0%)	~
6 Ενδόμορφος-εξώμορφος	~	~
7 Ενδομορφικός-εξώμορφος	~	~
8 Κεντρικός	~	~
9 Μεσομορφικός-εξώμορφος	~	1/15 (6.6%)
10 Ισορροπημένος- ενδόμορφος	~	1/15 (6.6%)
11 Ισορροπημένος-μεσόμορφος	3/16 (18.0%)	5/15 (33.3%)
12 Ισορροπημένος-εξώμορφος	~	1/15 (6.6%)
13 Μεσόμορφος-εξώμορφος	~	3/15 (20.0%)
~ = Mn εμφάνιση σωματότυπου		

Η αξιολόγηση της σωματικής μάζας των αθλητών συμβάλλει καθοριστικά στην επίδοσή τους καθώς αυτή αποτελεί ένα καλό μέσο υπολογισμού της ενεργειακής ισορροπίας του αθλητή. Στη μάζα σώματος οι χειροσφαιριστές της μελέτης διέφεραν σημαντικά από τους πετοσφαιριστές. Οι τιμές της παρούσας μελέτης ήταν παρόμοιες με προηγούμενες μελέτες για χειροσφαιριστές (Srhoj, Marinovic, & Rogulj, 2002, Sibila & Pori, 2009) όσο και τους πετοσφαιριστές (Borras, Balias, Drobic, & Galilea, 2011, Smith, Roberts, & Watson, 1992). Η σωματική μάζα μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα, την αντοχή και τη δύναμη των αθλητών (ACSM, 2009) και η αθλητική επιτυχία συνδέεται μια υψηλή αναλογία δύναμης προς μάζας σώματος (ACMS, 1993). Για το λόγο αυτό οι αθλητές πρέπει να κατανοήσουν πώς να επιτύχουν ιδανική σωματική μάζα χωρίς απώλεια μυϊκού ιστού καθότι η μεγάλη απώλεια μάζας σώματος δεν βελτιώνει την αθλητική απόδοση (Thompson & Manore, 2000).

Στις υπόλοιπες πρωτογενείς σωματομετρικές παραμέτρους οι δύο ομάδες παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα και μόνο στην υπερλαγώνια, υποπλατία και γαστροκνημία ή δερματοπτυχή οι πετοσφαιριστές υστερούσαν σημαντικά έναντι των χειροσφαιριστών. Σύμφωνα με τον Martin, Drinkwater, Clarys, & Ross (1986) το συνολικό σωματικό λίπος σχετίζεται με το πάχος των δερματοπτυχών. Από τα αποτελέσματα της εργασίας το συνολικό πάχος των μετρηθέντων δερματοπτυχών καθώς επίσης και το ποσοστό σωματικού λίπους ήταν σημαντικά μεγαλύτερο για τους αθλητές της χει-

ροσφαίρισης. Επομένως οι παρατηρούμενες διαφορές μπορεί να οφείλονται στο υψηλό ποσοστό σωματικού λίπους που εμφάνισαν οι χειροσφαιριστές.

Σύσταση σώματος. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν σε όλους τους εξεταζόμενους δείκτες ανάμεσα στις δύο ομάδες μελέτης εκτός της άλιπης σωματικής μάζας. Οι βασικές διαφορές στη δομή του παιχνιδιού μεταξύ των δυο αθλοπαιδιών της μελέτης ήταν ότι οι αθλητές της χειροσφαίρισης χαρακτηρίζονται κυρίως για τη ριπτική τους ικανότητα και την άμεση σωματική επαφή μεταξύ των αντιπάλων παικτών ενώ οι πετοσφαιριστές για την κρουστική τους ικανότητα αλλά χωρίς σωματική επαφή. Η προπονητική επιβάρυνση και η διατροφή είναι μεταξύ των βασικών παραγόντων που καθορίζουν την μορφολογική διαφοροποίηση του αθλητή ως αποτέλεσμα των στοχευόμενων βιολογικών προσαρμογών. Γι αυτό οι παρατηρούμενες διαφορές μπορεί να είναι αποτέλεσμα της εξειδικευμένης και μακροχρόνιας προπόνησης καθώς επίσης και των διατροφικών συνθηκών των χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών καθότι η άσκηση συμβάλλει στην μυϊκή ανάπτυξη μερών του σώματος και επηρεάζει την παχυσαρκία (Gil S., Gil J., Ruiz, Irazusta A., & Irazusta J., 2010, Malina, 1982). Συγκριτικά με άλλες ομάδες εθνικού επιπέδου οι χειροσφαιριστές της παρούσας μελέτης παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά σωματικού λίπους (Rannou, Priou, Zouhal, Gratas-Delamarche, & Delamarche, 2001, Sporis, Vuleta D., Vuleta DJR., & Milanovic, 2010), λιπώδη μάζα και μικρότερη άλιπη



Σχήμα 1. Σωματογράφημα χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών
 ◇ = χειροσφαιριστές
 • = πετοσφαιριστές

σωματική μάζα (Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo, 2005). Για την επιτυχή συμμετοχή στη χειροσφαίριση η μυϊκή δύναμη και η ισχύς είναι σημαντικοί παράγοντες για υψηλή απόδοση (Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo, 2005, Rannou, Priou, Zouhal, Gratas-Delamarche, & Delamarche, 2001). Το 73-75% των ρίψεων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού εκτελούνται με κατακόρυφο άλμα (Wagner, Kainrath, & Muller, 2008) στην προσπάθεια των χειροσφαιριστών να υπερνικήσουν το αντίπαλο μπλοκ και να κατευθύνουν την μπάλα στο τέρμα. Για το λόγο αυτό η χαμηλή άλιπη σωματική μάζα που παρουσιάζουν οι χειροσφαιριστές της μελέτης μπορεί να επηρεάσει την απόδοση τους όσον αφορά στη δύναμη και στην ταχύτητα ρίψης. Επίσης, το επιπλέον λιπώδες φορτίο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες ενεργειακές ανάγκες με συνέπεια τη γρήγορη εμφάνιση της κόπωσης (Sporis, Vuleta D., Vuleta J., & Milanovic, 2010) και τη μειωμένη αποτελεσματικότητα των αθλητών (Hasan, Rahaman, Cable, & Reilly, 2007). Κατά συνέπεια, μια συστηματική και έντονη φυσική δραστηριότητα μπορεί να μειώσει αισθητά το ποσοστό σωματικού λίπους (Wilmore, 1983, Malina, 1993) και συγχρόνως να αυξήσει την άλιπη σωματική μάζα. Οι πετοσφαιριστές έδειξαν υψηλότερες τιμές στο ποσοστό σωματικού λίπους, λιπώδη μάζα και χαμηλότερες τιμές άλιπης σωματικής μάζας από άλλες μελέτες (Borras, Balius, Drobnic, & Galilea, 2011, Κασαμπάλης Δούδα, & Τοκμακίδης, 2005). Τα ποιοτικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη σημερινή δομή της πετοσφαίρισης είναι τα πολύ συχνά κατακόρυφα άλματα, προσπάθειες γρήγορων μετακινήσεων και απότομες αλλαγές κατεύθυνσης. Τα μειωμένα ποσοστά λίπους του σώματος, βοηθούν τους αθλητές να βελτιώσουν την ταχύτητα, την ευκινησία και το κατακόρυφο άλμα (Fleck, Case, Puhl, & Van Handle, 1985, Viitasalo, Bosco, Sauro, Montonen, & Pittera, 1982) ενώ ο υπερβολικός υποδόριος λιπώδης ιστός ασκεί δυσμενή επίδραση στην απόδοση των πετοσφαιριστών (Gualdi-Russo & Zaccagni, 2001). Το υψηλό ποσοστό σωματικού λίπους καθώς επίσης και η χαμηλή άλιπη σωματική μάζα μπορεί να επηρεάσει το επίπεδο απόδοσης των πετοσφαιριστών της μελέτης μας καθώς μειώνονται οι πιθανότητες να βελτιώσουν την ταχύτητα, την ευκινησία και την δυνατότητα άλματος ώστε να εφαρμόζουν πιο αποτελεσματικά μπλοκ στην άμυνα και να καρφώνουν στην επίθεση. Συνεπώς, οι πετοσφαιριστές για να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους θα πρέπει να μειώσουν το ποσοστό του σωματικού λίπους και να αυξήσουν τη μυϊκή μάζα μέσω μιας ισορροπημένης διατροφής και αύξησης της σωματικής δραστηριότητας (De Almeida & Soarres, 2003).

Χαρακτηριστικά σωματότυπου. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν υποστηρίζουν ότι ο ιδανικός σωματότυπος των αθλητών ποικίλλει ανάλογα με το άθλημα (Carter & Heath, 1990, Gualdi-Russo & Zaccagni, 2001). Στην παρούσα μελέτη ο σωματότυπος των χειροσφαιριστών καταγράφεται ως ενδομορφικός μεσόμορφος (3.6–5.2–1.8), ενώ των πετοσφαιριστών ως ισορροπημένος μεσόμορφος (2.4–4.0–2.8) σύμφωνα με τον Carter (1980). Μεταξύ των συ-

στατικών στοιχείων του σωματότυπου οι χειροσφαιριστές παρουσίασαν σημαντική διαφορά από τους πετοσφαιριστές μόνο στην ενδομορφία που εξηγείται από τη σημαντική διαφορά λίπους που παρατηρήθηκε. Το στοιχείο της μεσομορφίας ήταν κυρίαρχο και στις δύο εξεταζόμενες ομάδες και δείχνει την τάση που διέπει τους αθλητές. Προηγούμενες μελέτες επιβεβαιώνουν αυτή την τάση από την ανάλυση των σωματότυπων αθλητών υψηλού επιπέδου όπου συνδέεται η υψηλή απόδοση με τη μεσομορφία για τους χειροσφαιριστές (Sibila & Pori, 2009, Massuça & Fragoso, 2011) και πετοσφαιριστές (Carter & Heath, 1990, Gualdi-Russo & Zaccagni 2001, Zary, Reis, Rouboa, Silva, Fernandes, & Filho, 2009). Η επικράτηση του μεσομορφικού στοιχείου στους χειροσφαιριστές σημαίνει την παρουσία μεγαλύτερης μυϊκής μάζας που θεωρείται απαραίτητη για να αντιμετωπίσουν οι αθλητές τις έντονες σωματικές συγκρούσεις κατά τη διάρκεια του αγώνα, τόσο στην άμυνα όσο και στην επίθεση. Σύμφωνα με τους Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo (2005) η αυξημένη μυϊκή μάζα του σώματος που οφείλεται σε υπερτροφία των σκελετικών μυών είναι ευεργετική για την απόδοση σε ενήλικες επαγγελματίες παίκτες χειροσφαίρισης. Η τονισμένη μεσομορφία στους πετοσφαιριστές μπορεί να συμβάλει στη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε βασικές φυσικοκινητικές ικανότητες όπως η ισχύς, η δύναμη, η δύναμη απογείωσης, η αντιδραστική δύναμη και η δύναμη αντοχής. Επίσης, οι πετοσφαιριστές της μελέτης διαφαίνεται να τονίζουν περισσότερο το στοιχείο της εξωμορφίας από τους χειροσφαιριστές το οποίο σύμφωνα με τους Gualdi-Russo & Zaccagni (2001) πιθανόν να αποτελεί πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Στη μέση διασπορά και θέση των σωματότυπων παρατηρείται στους πετοσφαιριστές να έχουν υψηλότερες τιμές από τους χειροσφαιριστές και στη μέση θέση η διαφορά αυτή να είναι σημαντική. Αυτό δείχνει ότι οι αθλητές της πετοσφαίρισης παρουσιάζουν μεγαλύτερη διασπορά και σημαντική απόσταση από τη μέση θέση σωματότυπων σε σύγκριση με τους χειροσφαιριστές. Επίσης και από την κατηγοριοποίηση των διαφόρων σωματότυπων σύμφωνα με τον Carter (1990), φαίνεται ότι ο ένας στους δυο από τους αθλητές της χειροσφαίρισης ο σωματότυπος ήταν ενδομορφικός μεσόμορφος ενώ ταυτόχρονα στους πετοσφαιριστές ο ένας στους τρεις ήταν ισορροπημένος μεσόμορφος. Επομένως η ανομοιογένεια της σωματοτυπικής δομής που παρουσιάζουν οι πετοσφαιριστές μπορεί να θεωρηθεί φυσιολογική, καθότι είναι διαφορετικές οι τεχνικές και τακτικές απαιτήσεις που τίθενται για τους παίκτες μεταξύ των διαφορετικών αγωνιστικών θέσεων (διαγώνιοι, ακραίοι, πασαδόροι, λίμπερο) σύμφωνα με τη δομή του παιχνιδιού.

Συμπερασματικά, στις περισσότερες από τις παραμέτρους δεν ανιχνεύτηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ χειροσφαιριστών και πετοσφαιριστών. Στις σημαντικές διαφορές που παρουσιάζουν μεταξύ τους οι δυο ομάδες μελέτης, οι αθλητές της χειροσφαίρισης καταγράφουν υψηλότερες τιμές εκτός της μέσης θέσης σωματότυπων. Στις πρωτογενείς σωματομετρικές παραμέτρους, οι πετοσφαιριστές υστερούν

σημαντικά σωματική μάζα και σε τρεις από τις πέντε δερματοπτυχές, υπερλαγώνια, υποπλατιά, γαστροκνημιαία έναντι των χειροσφαιριστών. Στις δευτερογενείς παραμέτρους, σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων παρουσιάστηκαν σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους της σύστασης σώματος εκτός από την άλιπη σωματική μάζα. Ο σωματότυπος των χειροσφαιριστών ήταν ενδομορφικός μεσόμορφος και των

πετοσφαιριστών ισορροπημένος μεσόμορφος. Διέφεραν σημαντικά στην ενδομορφία και στη μέση θέση σωματότυπων. Συνοπτικά γίνεται αντιληπτό ότι τα στοιχεία που διαχωρίζουν τους χειροσφαιριστές από τους πετοσφαιριστές, στα μορφολογικά χαρακτηριστικά στην παρούσα εργασία ήταν η μεγαλύτερη σωματική και λιπώδης μάζα και η μικρότερη διασπορά σωματότυπων.

Βιβλιογραφία

- ΚΑΣΑΜΠΑΛΗΣ Α, ΔΟΥΔΑ Ε & ΤΟΚΜΑΚΙΔΗΣ Σ. Μορφολογικά χαρακτηριστικά και προσδιορισμός της σύστασης σώματος Επίλεκτων αθλητών Πετοσφαίρισης. *Άθληση & Κοινωνία* 56: 7-17, 2005.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association* 109: 509-527, 2009.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position stand of the American Dietetic Association and the Canadian Dietetic Association: Nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. *Journal of the American Dietetic Association* 93: 691- 696, 1993.
- BAYIOS I, BERGELES N, APOSTOLIDIS N, NOUTSOS K & KOSKOLOU M. Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek Elite Female Basketball, Volleyball and Handball Players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 46: 271-280, 2006.
- BORRAS X, BALIUS X, DROBNIC F & GALILEA P. Vertical jump assessment on volleyball. A follow-up of three seasons of a high-level volleyball team. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25: 1686-1694, 2011.
- CARTER JEL. *The Heath-Carter somatotype method*. San Diego State University: San Diego, 1980.
- CARTER JEL & HEATH HB. *Somatotyping – development and application*. Cambridge, University Press 1990.
- CARTER JEL, ACKLAND TR, KERR DA & STAPFF AB. Somatotype and size of elite female basketball players. *Journal of Sports Sciences* 23: 1057-1063, 2005.
- CHAOUACHI A, BRUGHELLI M, LEVIN G, BOUDHINA NBB, CROININ J & CHAMARI K. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences* 27: 151-157, 2009.
- DE ALMEIDA TA & SOARES EA. Nutritional and anthropometric profile of adolescent volleyball athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 9: 198-203, 2003.
- DUQUET W & CARTER JEL. Somatotyping. In: R.Eston and T. Reilly *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual*. Vol. 1: *Anthropometry*. Routledge, London, pp. 47-64, 2001.
- DURNIN J.V.G.A & WOMERSLEY J. Body fat assessment from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition* 32: 77-97, 1974.
- EIBEN O. Physique of female athletes – Anthropological and proportional analysis. In: Borms, J., Hebbelinck, M. & Venerando, A. (Ed). *The female athletes. Asocial-physiological and kinanthropometric approach*. *Medicine Sport* 15:127-141, 1981.
- FLECK SJ, CASE S, PUHL J & VAN HANDLE P. Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 10: 122-126, 1985.
- GAURAV V, SINGH M & SINGH S. Anthropometric characteristics, somatotyping and body composition of volleyball and basketball players. *Journal of Physical Education and Sports Management* 1: 28-32, 2010.
- GIL SM, GIL J, RUIZ F, IRAZUSTA A & IRAZUSTA J. Anthropometrical characteristics and somatotype of young soccer players and their comparison with the general population. *Biology of Sport* 27: 17-24, 2010.
- GOROSTIAGA EM, GRANADOS C, IBANEZ J & IZQUIERDO M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine* 26: 225 - 232, 2005.
- GOROSTIAGA EM, GRANADOS C, IBANEZ J, GONZALEZ-BADILLO JJ & IZQUIERDO M. Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38: 357-366, 2006.
- GUALDI- RUSSO E & ZACCAGNI L. Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 41: 256-262, 2001.
- HASAN AAA, RAHAMAN JA, CABLE NT & REILLY T. Anthropometric profile of elite male handball players in Asia. *Biology Sport* 24: 3-12, 2007.
- KALINSKI M, NORKOWSKI H, KARNER M & TKACZUK W. Anaerobic power characteristics of elite athletes in national level team-sport games. *European Journal of Sport Science* 2: 1-21, 2002.
- LIDOR R & ZIN G. Physical characteristics and physiological attributes of adolescent volleyball players-a review. *Pediatric Exercise Science* 22: 114-134, 2010.
- KOLEY S, SINGH J & SADHU JJ. Anthropometric and physiological characteristics on Indian inter-university volleyball players. *Journal of Human Sport and Exercise* 5: 389-399, 2010.
- KOPRIVA J & CECHOVSKY K. Determination of Heath-Carter somatotype and somatotype dispersion index using a computer. *Anthropologie* 28: 31-33, 1990.
- KUENSTLINGER U, LUDWIG HG & STEGEMANN J. Metabolic changes during volleyball matches. *International Journal of Sports Medicine* 8: 315-322, 1987.
- MALINA RM, MULLER WH, BOUCHARD C, SHOUP RF & LARIVIERE G. Fatness and fat patterning among athletes at the Montreal Olympic Games, 1976. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14: 445- 452, 1982.
- MALINA RM. *Physical Activity & Well-being*. Physical Growth and. Maturation: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance, Virginia, 3-38, 1986.
- MALINA RM. Physical activity and training: Effects on stature and the adolescent growth spurt. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26: 759-766, 1993.
- MALOUSARIS G, BERGELES N, BARZOUKA K, BAYIOS I, NASSIS G & KOSKOLOU M. Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 11: 337-344, 2008.
- MASSUCA L & FRAGOSO I. Study of Portuguese handball players of different playing status – A morphological and biosocial perspective. *Biology of Sport* 28: 37-44, 2011.
- NORTON K, MARFELL-JONES M, WHITTINGHAM N, KERR D, CARTER L, SADDINGTON K & GORE C. Anthropometric assessment protocols. In: C.J. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes*. Lower Mitcham, Australia: Human Kinetics pp.66-85, 2000.
- RANNOU F, PRIOU J, ZOUHAL H, GRATAS-DELAMARCHE A & DELAMARCHE P. Physiological profile of handball players. *Journal of sports medicine and physical fitness* 41: 349-353, 2001.
- RONGLAN LT, RAASTAD T & BORGESSEN A. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female handball players. *Scandinavian sports medicine and science* 16: 267-273, 2006.
- ROSS WD & WILSON BD. A somatotype dispersion index. *Research Quarterly* 44: 372-384, 1973.
- SIBILA M & PORI P. Position-related differences in selected morphological body characteristics of top-level handball players. *Collegium Anthropologicum* 33: 1079-1086, 2009.
- SIRI WE. Body composition from fluid spaces and density. In: J.Brozek and A.Henschel (eds.) *Techniques for measuring body composition*. National Academy of Science, Washington, pp. 223-244, 1961.
- SMITH DJ, ROBERTS D & WATSON B. Physical, physiological and performance differences between canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences* 10: 131-138, 1992.
- SRHOJ V, MARINOVIC M & ROGULJ N. Position specific morphological characteristics of top-level male handball players. *Collegium Anthropologicum* 26: 219-227, 2002.
- SPORIS G, VULETA D, VULETA DJR & MILANOVIC D. Fitness profiling in handball: physical and physiological characteristics of elite players. *Collegium Anthropologicum* 34: 1009-1014, 2010.

- THOMPSON JL, MANORE MM. Body weight regulation and energy needs: weight loss. In: Driskell JA, Wolinsky I, eds. *Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition*. Boca Raton, La: CRC Press pp. 291-308, 2000.
- ULIJASZEK JS & KERR AD. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *British Journal of Nutrition* 82: 165-177, 1999.
- VAN DEN TILLAR R & ETTEMA G. A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. *Journal of Sports Science and Medicine* 3: 211-219, 2004.
- VIITASALO JT. Anthropometric and physical performance characteristics of male volleyball players. *Canadian Journal of Applied Sport Science* 7: 182-188, 1982.
- VIITASALO JT, BOSCO C, SAURO R, MONTONEN H & PITTERA C. Vertical jump height, aerobic and anaerobic performance capacity in elite male volleyball players. *Volleyball* 5: 18-21, 1982.
- VIITASALO JT, RUSKO H, PAJALA O, RAHKILA P, AHILA M & MONTONEN H. Endurance requirements in volleyball. *Canadian Journal of Sport Sciences* 12: 194-201, 1987.
- WAGNER H, KAINRATH S & MULLER E. Coordinative and tactical parameters of team-handball jump throw. The correlation of level of performance, throwing quality and selected technique-tactical parameters. *Leistungssport* 38: 35-41, 2008.
- WILMORE JH & COSTILL DL. *Physiology of sports and exercise*. 2nd ed. Human Kinetics, Champaign, pp. 490-507, 1999.
- WILMORE JH. Body composition in sport and exercise: direction for future research. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 15 : 21-31, 1983.
- ZARY JC, REIS VM, ROUBOA A, SILVA AJ, FERNANDES PR & FILHO J F. The somatotype and dermatoglyphic profiles of adult, junior and juvenile male Brazilian top level volleyball players. *Science & Sports* 25: 146-152, 2009.

Abstract

Comparison of morphological characteristics between national level male handball and volleyball players

NOUTSOS K.

Section of Sport Games, School of Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens

Introduction. The morphological characteristics of high performance athletes contribute to our better understanding of the morphological, physiological, biomechanical and nutritional requirements of performance for successful participation.

Purpose. The purpose of this study was to compare and investigate possible differences in the morphological characteristics between male handball and volleyball players, members of the national teams.

Methods. Sixteen male handball players (age 25.0 ± 4.1 years) and 15 volleyball players (age 25.1 ± 4.3 years) participated in this study. The anthropometric measures required for the calculation of body composition indexes and somatotype components were obtained according to Norton et al (2000). Height and body mass were determined, while fat mass (FM), fat free mass (FFM) and percent body fat (%BF) were calculated for all subjects from the measurement of four skinfold thicknesses, using a standard equation (Siri, 1956). Somatotype components were determined according to Heath & Carter method (1990). A t-test for independent samples was performed in order to examine possible differences in the above anthropometric, body composition and somatotype variables between sports.

Results. The morphologic measures between the male handball and volleyball players are presented in Table 1. In relation to the primary anthropometric parameters significant differences were found in body mass ($p < 0.05$), subscapula ($p < 0.001$), suprailiac ($p < 0.001$) and calf ($p < 0.05$) skinfolds with the handball players recording higher values compared to the volleyball players. Regarding the secondary calculated anthropometric parameters, the handball players exhibited significantly higher values in body mass index ($p < 0.05$), body fat percentage ($p < 0.05$), the sum of five skinfolds ($p < 0.001$) and endomorphy ($p < 0.001$). The somatotype components revealed significant differences in endomorphy ($p < 0.001$) and the somatotype attitudinal mean ($p < 0.001$) between players. Specifically, the somatotype of male handball players was recorded as endomorphic mesomorph (3.6-5.2-1.8), whereas the male volleyball players somatotype was a balanced mesomorph (2.4-4.0-2.8), respectively.

Conclusion. No significant differences between male handball and volleyball players were detected in most of the examined parameters. In the present study, the components that distinguish handball players from volleyball players in morphological characteristics were the greater body and adipose mass and the smaller somatotype attitudinal mean. The observed differences may be the result of specialized and long-term training between sports that contributes to sport-specific variations in muscle growth of body parts.

Key words: ANTHROPOMETRY, BODY COMPOSITION, SOMATOTYPE

Main references

- CARTER JEL, HEATH HB. *Somatotyping – development and application*. Cambridge University Press, 1990.
- NORTON K, MARFELL-JONES M, WHITTINGHAM N, KERR D, CARTER L, SADDINGTON K, GORE C. Anthropometric assessment protocols. In: C.J. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes*. Lower Mitcham, Australia: Human Kinetics pp.66-85, 2000.
- SIRI WE. Body composition from fluid spaces and density. In: J. Brozek and A. Henschel (eds.) *Techniques for measuring body composition*. National Academy of Science, Washington, pp. 223-244, 1961.

Correspondance with author

Noutsos Konstantinos, e-mail: knutsos@phed.uoa.gr

Η επίδραση ύψους τακουνιού υπόδησης στην ισορροπία κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση σώματος

Αναλίνα Εμμανουήλ και Ελισσάβετ Ρουσάνογλου

Εργαστήριο Αθλητικής Βιο-μηχανικής, Τομέας Αθλητιατρικής και Βιολογίας της Άσκησης, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Α. και ΡΟΥΣΑΝΟΓΛΟΥ Ε. Η επίδραση ύψους τακουνιού υπόδησης στην ισορροπία κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση σώματος. *Κινησιολογία*, Εαρινή Περίοδος 2016, Τόμος 6, Τεύχος 1, Σελ. 28-36. Η χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι διαταράσσει την ισορροπία του σώματος καθώς επιφέρει μείωση της βάσης στήριξης και μεταφορά του κέντρου μάζας σώματος προς τα πάνω και εμπρός. Σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση του ύψους τακουνιού (ΥΤ) στην στατική ισορροπία κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση σώματος. Έντεκα νεαρές γυναίκες ($22,14 \pm 2,93$ έτη, μέτρια συχνότητα χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι) αξιολογήθηκαν στις δοκιμασίες της όρθιας και της κεκλιμένης στάσης (πρόσθια, οπίσθια, δεξιά και αριστερή κλίση σώματος) (δυναμοδάπεδο Kistler-9286AA, 100 Hz, λογισμικό Kistler BioWare®-2812A1, v.3.2.6.). Οι δοκιμαζόμενες διατήρησαν την όρθια και κεκλιμένη στάση σε τρεις συνθήκες ΥΤ (χωρίς υπόδημα: 0 εκ. και με υποδήματα ΥΤ 6,5 εκ. και 11 εκ.). Στην όρθια στάση, υπολογίσθηκαν η διαδρομή (cm) και το εύρος μετατόπισης (cm) του κέντρου πίεσης (ΚΠ), στην προσθιοπίσθια και πλάγια διεύθυνση, αντίστοιχα. Στην κεκλιμένη στάση, εξετάστηκαν η μέγιστη μετατόπιση του ΚΠ σε κάθε διεύθυνση κλίσης (cm) και το εύρος σταθερότητας στην προσθιοπίσθια και πλάγια διεύθυνση. Για τη στατιστική ανάλυση εφαρμόστηκε ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (έλεγχος ενδοζευγικών διαφορών με διόρθωση κατά Bonferroni) και γραμμική σύγκριση ($p \leq 0.05$, SPSS 22.0). Κατά την αύξηση του ΥΤ, και με στατιστικά σημαντικές ενδοζευγικές διαφορές, βρέθηκε σημαντική αύξηση της διαδρομής ΚΠ κατά την όρθια στάση και σημαντική μείωση της μέγιστης μετατόπισης και του εύρους σταθερότητας ΚΠ κατά την κεκλιμένη στάση. Η γραμμική σύγκριση έδειξε σημαντική αυξανόμενη και μειούμενη μεταβολή των εξεταζόμενων μεταβλητών του ΚΠ κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση, αντίστοιχα. Οι σχετικές επισημάνσεις επικινδυνότητας για τα υποδήματα με ψηλό τακούνι ως πολύωρη εργασιακή απαίτηση υποστηρίζονται από την παρούσα μελέτη. Η αύξηση του ΥΤ συνοδεύεται από μεταβολές των χαρακτηριστικών του ΚΠ οι οποίες δηλώνουν μείωση της σταθερότητας της σωματικής στάσης και συνδέονται με αύξηση της πιθανότητας πτώσης. Οι μελέτες ανάδειξης της αρνητικής επίδρασης του μεγάλου ύψους τακουνιού έχουν πρακτική χρησιμότητα ως προς την τεκμηρίωση του βαθμού επικινδυνότητας για κακώσεις που συνδέονται με συνθήκες μειωμένου ελέγχου της ισορροπίας του σώματος.

Λέξεις κλειδιά: ΚΕΝΤΡΟ ΠΙΕΣΗΣ, ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ, ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, ΟΡΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ

Η ισορροπία αποτελεί καθοριστική παράμετρο για τον αποτελεσματικό κινητικό έλεγχο της στάσης του σώματος και την αποφυγή πτώσης (Horak, 2006, Winter 1995). Η χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι διαταράσσει την ισορροπία του σώματος και δυσχεραίνει τον έλεγχο αυτής καθώς επιφέρει μείωση της βάσης στήριξης και αύξηση του ύψους του κέντρου μάζας σώματος (ΚΜΣ) (Cronin, 2014). Ως βέλτιστο ύψος τακουνιού για την αποφυγή επικίνδυνης διατάραξης της ισορροπιστικής ικανότητας συστήνεται αυτό από 3 έως 5 εκατοστά (Gefen et al. 2002, Lee et al. 2001). Σε μελέτες βάδισης, η χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι φαίνεται να οδηγεί σε σημαντικές κινηματικές (Cronin, 2014, Orpila-Correia, 1990) και κινητικές (Cronin, 2014, Esenyel et al. 2003, Ko and Lee, 2013) αποκλίσεις από το φυσιολογικό πρότυπο κίνησης. Η δε μακροχρόνια χρήση υποδημάτων με υψηλό τακούνι εδραιώνει τροποποιήσεις της μυϊκής λειτουργίας στον κορμό, ισχίο, γόνατο και ποδοκνημική οι οποίες επιτείνουν τόσο τη μυϊκή αλλά και ενεργειακή κόπωση (Bae et al. 2015, Esenyel et al. 2003, Gefen et al. 2002, Luximon et al. 2015).

Ειδικότερα οι τροποποιήσεις της μυϊκής λειτουργίας στην ποδοκνημική, δημιουργούν μυϊκή ανισορροπία και αστάθεια στην άρθρωση, συνθήκες που αυξάνουν την προδιάθεση για διάστρεμμα (Lee et al. 2012) και πτώση (Gefen et al. 2002).

Στην ιστορική αναδρομή των Linder και Saltzman (1998), φαίνεται ότι ήδη από το 1874 επισημαίνεται η αναγκαιότητα σωστής ενημέρωσης, τόσο της κοινής γνώμης όσο και των εργοδοτών, σχετικά με τους κινδύνους της χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι, ενώ το 1951 η χρήση τους εντοπίζεται ως πρόβλημα δημόσιας υγείας. (Linder and Saltzman 1998). Οι επικίνδυνες επιπτώσεις της πολύωρης συστηματικής χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι εξακολουθούν μέχρι και σήμερα να επισημαίνονται από φορείς εργασιακής υγείας (Health and Safety at Work 2009) και διεθνείς ιατρικούς συλλόγους (American Podiatric Association 2014). Εντούτοις, οι επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι στην καθημερινή πρακτική (Chua et al. 2013, Moore et al. 2015, Williams et al. 2014) οι γυναίκες επιμένουν στη χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι αψηφώντας τις επισημάνσεις σχετικά με τον κίνδυνο άμεσης ή μακροπρόθεσμης κάκωσης. Επιπλέον, παρατηρείται αυξητική τάση της καθημερινής χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι με αυτή να ανέρχεται σε ποσοστό 49% του γυναικείου πληθυσμού το έτος 2014 από 39% το έτος 2003 (American

Επικοινωνία με συγγραφείς

Analina Emmanouil, e-mail: an.emmanouil@yahoo.com

Podiatric Association 2014). Η συχνότητα κάκωσης εξαιτίας υποδημάτων με ψηλό τακούνι ανέρχεται στις 7,32 κακώσεις (Moore et al. 2015) και 16,2 κακώσεις (Williams et al. 2014) ανά 100.000 γυναικών, με διπλασιασμό της συχνότητας κάκωσης στην δεκαετία από το 2002 έως το 2012 (Moore et al. 2015). Ιδιαίτερη βαρύτητα αποκτά το γεγονός της υποχρεωτικής καθημερινής χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι λόγω εργασιακών απαιτήσεων (Chua et al. 2013). Όπως χαρακτηριστικά καταγράφεται στη εργασία των Chua και συνεργατών (2013), ποσοστό 58,3% σε σύνολο 400 γυναικών υποχρεούνται στη χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι στη διάρκεια του εργασιακού τους ωραρίου (7,36 ώρες ανά ημέρα). Από το σύνολο των 200 γυναικών με μη τραυματικό πόνο στο πόδι στην εργασία των Chua και συνεργατών (2013), ποσοστό 68,3% συνδέουν τον πόνο με τη εργασιακή υποχρέωση για χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι.

Το ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με την επίδραση των υποδημάτων με ψηλό τακούνι επικεντρώνεται στη βλάβη (Cronin, 2014) με ιδιαίτερα μικρό αριθμό ερευνών να εξετάζουν την επίδραση στη στατική ισορροπία (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013). Οι μελέτες που εξετάζουν την επίδραση του ύψους τακουνιού στην στατική ισορροπία αναφέρουν σημαντικές αλλαγές στα χαρακτηριστικά του κέντρου πίεσης (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013) οι οποίες συνδέονται με μειωμένο ισορροπιστικό έλεγχο. Στα πρωτόκολλα ελέγχου της επίδρασης του ύψους τακουνιού στην στατική ισορροπία χρησιμοποιείται τυπικά το μοντέλο της ορθίας στάσης (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013) με έλλειμα πληροφοριών για συνθήκες κεκλιμένης σωματικής στά-

σης. Εντούτοις, η σκόπιμη κλίση σώματος προς διάφορες κατευθύνσεις κατά την όρθια στάση είναι συχνή, π.χ. προσπάθεια να πιάσει κάποιος ένα αντικείμενο που βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη του μήκους του άνω άκρου. Κατά την κεκλιμένη στάση, η μεταφορά του ΚΜΣ πιο κοντά στο πρόσθιο όριο της βάσης στήριξης απαιτεί ενδεχομένως και διαφορετική στρατηγική ελέγχου της ισορροπίας συγκριτικά με την όρθια στάση (Horak et al. 1993, Winter, 1995). Κατά την όρθια στάση εφαρμόζεται η στατική στρατηγική (ή στρατηγική ποδοκνημικής - ισχίου) ενώ κατά τη κεκλιμένη στάση εφαρμόζεται η δυναμική στρατηγική (ή στρατηγική βηματισμού) (Horak et al. 1993, Winter, 1995). Για την διατήρηση της ισορροπίας και την αποφυγή πτώσης στην κεκλιμένη στάση σώματος, είναι κρίσιμη η γρήγορη αναγνώριση του ορίου που διακρίνει τη στατική από τη δυναμική στρατηγική (Balszczyk et al. 1993). Η αναγνώριση αυτή γίνεται πιο δύσκολη κατά την αύξηση του ύψους τακουνιού εξαιτίας της μετακίνησης της γραμμής βαρύτητας προς τα όρια της βάσης στήριξης (Balszczyk et al. 1993). Η κεκλιμένη άκαμπτη στάση αποτελεί εδραιωμένο μοντέλο ελέγχου της βιομηχανικής σταθερότητας του σώματος (Balszczyk et al. 1993, Horak et al. 1993, Riley et al. 1997). Εντούτοις δεν εντοπίζονται μελέτες σχετικά με την επίδραση του ύψους τακουνιού στην στατική ισορροπία κατά την άκαμπτη κεκλιμένη στάση. Σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση του ύψους τακουνιού στην στατική ισορροπία κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση σώματος. Η υπόθεση της εργασίας ήταν ότι, τόσο στην όρθια όσο και στην κεκλιμένη στάση, η αύξηση του ύψους τακουνιού θα επιφέρει μεταβολές στα χαρακτηριστικά του κέντρου πίεσης οι οποίες θα συνδέονται με μείωση της ισορροπιστικής ικανότητας.



Σχήμα 1. Αριστερά-πάνω: Τα υποδήματα με ύψος τακουνιού (ΥΤ) 6,5 και 11 εκ. Αριστερά-κάτω: Δοκιμαζόμενη στην όρθια στάση στις 3 συνθήκες ΥΤ. Δεξιά: Η ίδια δοκιμαζόμενη στην κεκλιμένη στάση (ΥΤ 6,5 εκ.) κατά την πρόσθια (Α), οπίσθια (Β), δεξιά (Γ) και αριστερή (Δ) μέγιστη κλίση σώματος.

Μέθοδος και Διαδικασία

Δείγμα. Το δείγμα της εργασίας αποτέλεσαν 11 νεαρές γυναίκες (Ηλικία: $22,14 \pm 2,93$ έτη, Ανάστημα: $1,63 \pm 0,04$ m, Μάζα: $52,44 \pm 6,94$ kg, Δείκτης Μάζας Σώματος $19,85 \pm 2,99$ kg/m²). Επιλέχθηκε δείγμα νεαρής ηλικίας καθώς αυτές ανήκουν στο ηλικιακό εύρος στο οποίο καταγράφεται η μεγαλύτερη συχνότητα κακώσεων (20 έως 29 ετών) εξαιτίας της χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι (34,2% σε σύνολο 3294 περιπτώσεων για το χρονικό διάστημα 2002 – 2012, Moore et al. 2015 και 33,4% σε σύνολο 240 περιπτώσεων για το χρονικό διάστημα 2006 – 2010, Williams et al. 2014). Τα κριτήρια επιλογής του δείγματος αφορούσαν σε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (Chiari et al. 2002) και στη συχνότητα χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι (Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013). Για τον έλεγχο ανθρωπομετρικών επιδράσεων εξαιτίας του αναστήματος και της σωματικής μάζας (Chiari et al. 2002), αρχικά κριτήρια ήταν η ένταξη του αναστήματος στο εύρος από 1,60 m έως 1,70 m (μεταβλητότητα αναστήματος 2,8%) και του δείκτη μάζας σώματος εντός του φυσιολογικού εύρους (18,50 kg/m²– 24,99 kg/m², σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας). Στη συνέχεια, για τον έλεγχο ανθρωπομετρικών επιδράσεων εξαιτίας του μήκους του άκρου ποδιού (Chiari et al. 2002) οι συμμετέχουσες επιλέχθηκαν ώστε να φορούν όλες το ίδιο νούμερο υποδήματος (No 37, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή τυποποίηση). Τελικό κριτήριο αποτελούσε η συχνότητα χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι διότι η συστηματική χρήση επιφέρει αλλαγές στο εύρος κίνησης και τη μυϊκή δύναμη στην άρθρωση της ποδοκνημικής (Kim et al. 2013). Οι συμμετέχουσες φορούσαν υποδήματα με ΥΤ 5 – 10 εκ. από 1 έως 2 φορές την εβδομάδα για 5 – 6 ώρες κάθε φορά, κατάσταση που χαρακτηρίζεται ως μέτρια χρήση (Hapsari and Xiong 2015). Δεν αναφέρθηκαν προβλήματα όρασης, ακοής ή μυοσκελετικές και νευρομυϊκές διαταραχές που ενδεχομένως θα συνιστούσαν κατάσταση μη βέλτιστης ισορροπιστικής

ικανότητας ή δεν θα επέτρεπαν την άνετη χρήση υποδημάτων με ψηλά τακούνια. Μετά από τη σχετική έντυπη αλλά και προφορική ενημέρωση, όλες οι νεαρές γυναίκες υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στη διαδικασία συλλογής δεδομένων. Σε όλες τις διαδικασίες ακολουθήθηκε η ερευνητική και ηθική δεοντολογία της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και τηρήθηκαν οι κανονιστικές αρχές της Διακήρυξης του Ελσίνκι για τη συμμετοχή ανθρώπων στην επιστημονική έρευνα.

Διαδικασία Μετρήσεων. Οι συμμετέχουσες αξιολογήθηκαν σε 2 δοκιμασίες (Σχήμα 1) (2 προσπάθειες σε κάθε δοκιμασία με 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ προσπαθειών): Α) την ήρεμη όρθια στάση και Β) την κεκλιμένη στάση σε 4 κατευθύνσεις κλίσης σώματος (πρόσθια, οπίσθια, δεξιά και αριστερά). Για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων του κέντρου πίεσης (ΚΠ) κατά την όρθια και κεκλιμένη στάση χρησιμοποιήθηκε δυναμοδόπεδο διαστάσεων 40 x 60 cm (Kistler, 9286AA, 100 Hz, Kistler BioWare® Data Acquisition and Analysis Software, 2812A1, version 3.2.6.).

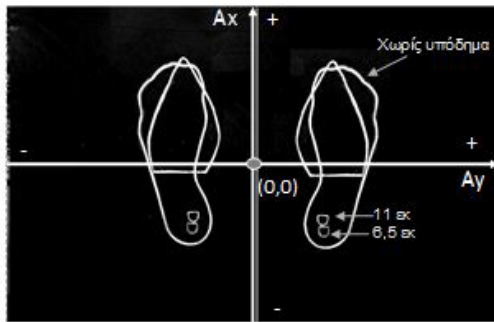
Η όρθια και κεκλιμένη στάση, αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκαν σε τρεις συνθήκες ύψους τακουνιού (ΥΤ), στη συνθήκη χωρίς υπόδημα η οποία στην παρούσα εργασία θα αναφέρεται ως ΥΤ 0 εκ. και με υποδήματα 6,5 εκ. και 11 εκ., με τυχαιοποίηση της σειράς των ΥΤ (Σχήμα 1). Τα υποδήματα είχαν παρόμοια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (είδος σόλας, σχήμα πλάτους τακουνιού) ώστε να ελαχιστοποιηθεί τυχόν επίδραση του συντελεστή τριβής (Blanchette et al. 2011) και μικρή βάση τακουνιού τύπου stiletto (1εκ. x 1 εκ.). Τα ΥΤ επιλέχθηκαν σύμφωνα με αυτά που χρησιμοποιούνται σε προηγούμενες μελέτες (Πίνακας 1) έτσι ώστε να υπάρξει συνθήκη μεσαίου ΥΤ (6,5 εκ) αλλά και ΥΤ μεγαλύτερου (11 εκ) από τα υψηλότερα που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία (9 – 10 εκ) προκειμένου να δημιουργηθεί συνθήκη πολύ υψηλής αστάθειας.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά πλάτους και ύψους τακουνιού σε προηγούμενες εργασίες[†].

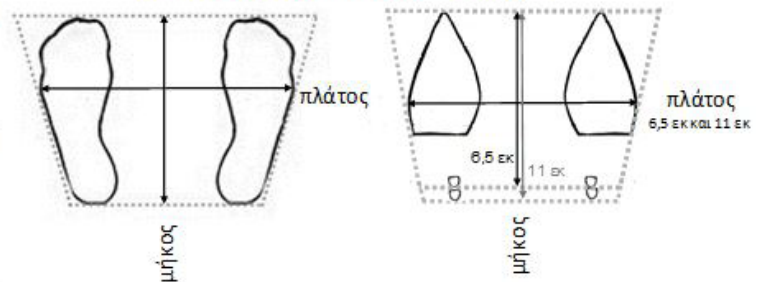
	Ηλικία (έτη)	Πλάτος τακουνιού	Ύψος τακουνιού				
			Ίσιο	Χαμηλό	Μεσαίο	Ψηλό	Πολύ ψηλό
Gerber et al. (2012) ^{††}	18 – 30	Stiletto (1εκ. x 1 εκ.)			7 εκ.		
Ko et al. (2013)	20,9 ± 1,3	δεν αναφέρεται	0,5 εκ.	4 εκ.		9 εκ.	
Kim et al. (2013) ^{††}	22,9 ± 1,5	δεν αναφέρεται	0 εκ.		7 εκ.		
Hapsari and Xiong (2015)	18 – 30	Stiletto (1,5εκ. x 1,5εκ.)	1 εκ.	4 εκ.	7 εκ.	10 εκ.	
Παρούσα μελέτη		Stiletto (1εκ. x 1 εκ.)			6,5 εκ		11 εκ

[†] Εξ' όσων είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε, δεν υπάρχει συστηματικό πρότυπο κατηγοριοποίησης του ύψους τακουνιού. Η κατηγοριοποίηση έγινε με βάση το επικρατέστερο χαρακτηρισμό που συναντάται στην ερευνητική βιβλιογραφία.

^{††} Σύγκριση μεταξύ γυμνού ποδιού (Gerber et al. 2012) ή υποδήματος χωρίς τακούνι (Kim et al. 2013) και μίας μόνο συνθήκης ΥΤ χαρακτηρίζοντας το υπόδημα ως «ψηλά τακούνια».

ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΠΑΦΗΣ
ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΟΥ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

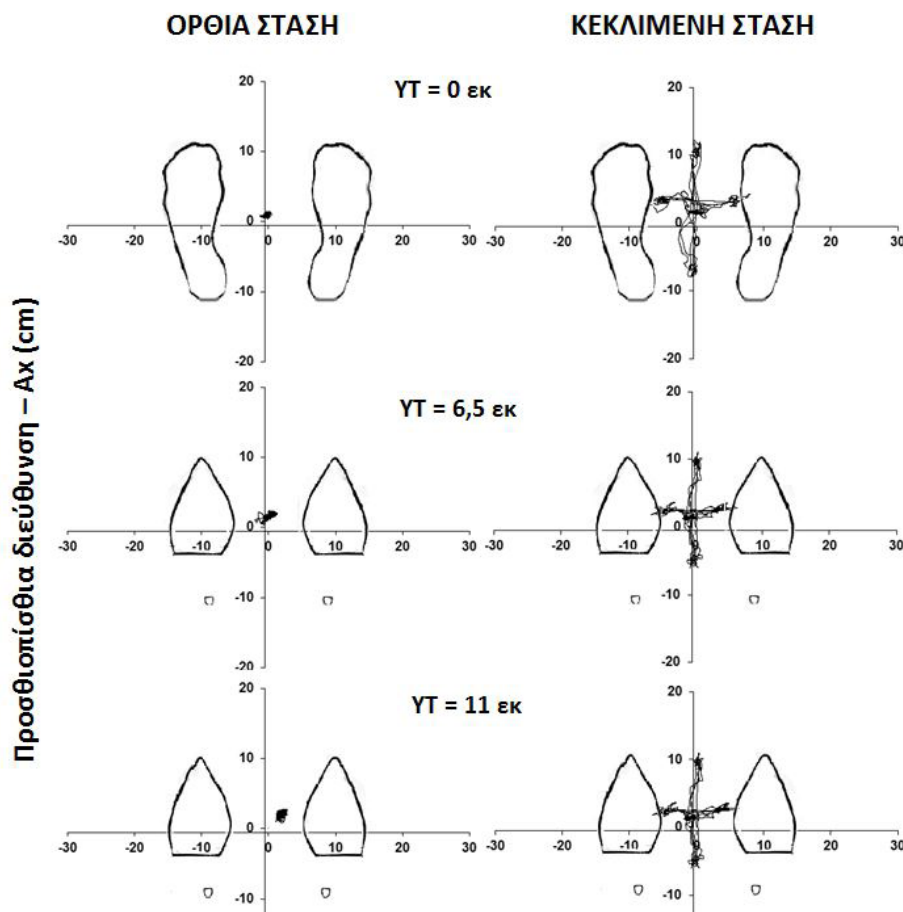


Σχήμα 2. Αριστερά: Αποτύπωμα της επιφάνειας επαφής του πέλματος ως προς το σύστημα συντεταγμένων του δυναμοδαπέδου (Ax: προσθιοπίσθιος άξονας, Ay: πλάγιος άξονας, 0,0: σημείο αρχής των αξόνων), για το γυμνό πόδι και τα δύο ύψη τακουνιού (6,5 εκ. και 11 εκ.). Δεξιά: Σχηματική απεικόνιση της βάσης στήριξης και του υπολογισμού των διαστάσεων του μήκους και πλάτους αυτής (διαφορά μεταξύ των ακραίων σημείων του κάθε αποτυπώματος στην αντίστοιχη διάσταση).

Τόσο στην όρθια όσο και στην κεκλιμένη στάση, οι δοκιμαζόμενες έλαβαν την οδηγία να σταθούν στο δυναμοδαπέδο με την προτιμώμενη τοποθέτηση των ποδιών, τα άνω άκρα να παραμένουν χαλαρά δίπλα στον κορμό και το βλέμμα να εστιάζει ευθεία μπροστά, σε κυκλικό στόχο (διαμέτρου 3 εκ.) που είχε τοποθετηθεί κάθετα στον άξονα του δυναμοδαπέδου, σε απόσταση 3,5 μέτρων από το δυναμοδαπέδο και στο ύψος των ματιών. Με βάση πιλοτική συλλογή δεδομένων, η διάρκεια δειγματοληψίας για την όρθια στάση επιλέχθηκε στα 70 sec προκειμένου να επιτευχθεί καθαρός χρόνος στάσης τουλάχιστον 60 sec (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013). Στη δοκιμασία κεκλιμένης στάσης ζητήθηκε από τις δοκιμαζόμενες να σταθούν στο δυναμοδαπέδο και να εκτελέσουν, ως ενιαία δοκιμασία, διαδοχικές μέγιστες κλίσεις σώματος πρόσθια – οπίσθια και δεξιά – αριστερά, παραμένοντας σε κάθε κεκλιμένη θέση για καθαρό χρόνο 5 sec (Frames et al. 2013) με εφαρμογή φωνητικής ειδοποίησης για την αλλαγή κατεύθυνσης κλίσης. Κατά την αλλαγή από την προσθιοπίσθια στην πλάγια διεύθυνση, πάντα υπήρχε επαναφορά στην κάθετη όρθια στάση με παραμονή σε αυτή για 5 sec. Με βάση πιλοτική συλλογή δεδομένων, η συνολική διάρκεια δειγματοληψίας για την κεκλιμένη στάση ορίστηκε στα 80 δευτ. Κάθε μέγιστη κλίση έπρεπε να εκτελεσθεί με τα πέλματα σε πλήρη επαφή με την επιφάνεια του δυναμοδαπέδου, άκαμπτη στάση σώματος και διατήρηση του κεφαλιού στην ευθεία της σπονδυλικής στήλης. Για την επαναληπτική τοποθέτηση των ποδιών στην ίδια θέση, προσκολλήθηκε στο δυναμοδαπέδο χαρτόνι πάνω το οποίο σχεδιάστηκε το περίγραμμα της επιφάνειας επαφής των πελμάτων (ή σόλας και τακουνιού υποδημάτων) ως προς το σύστημα συντεταγμένων της επιφάνειας του δυναμοδαπέδου (Σχήμα 2). Σε κάθε επαναληπτική προσπάθεια γινόταν έλεγχος της ορθής τοποθέτησης των ποδιών σύμφωνα με το αποτυπωμένο περίγραμμα της επιφάνειας επαφής. Το πλάτος της βάσης στήριξης υπολογίστηκε σε $27,73 \pm 2,07$ εκ., $27,71 \pm 2,07$ εκ. και $27,71 \pm 2,07$

εκ., για τα YT 0 εκ., 6,5 εκ. και 11 εκ., αντίστοιχα, με σημαντικά μεγαλύτερο (paired t-test, $p \leq 0.05$) το πλάτος στο YT 0 εκ. συγκριτικά με το YT 6,5 εκ. ($p = 0.04$) και το YT 11 εκ. ($p = 0.04$). Το πλάτος της βάσης στήριξης στα δύο υποδήματα δεν άλλαξε καθώς οι δοκιμαζόμενες είχαν την οδηγία για ίδια τοποθέτηση του πρόσθιου μέρους της σόλας, σύμφωνα με το αποτύπωμα του YT που είχε προηγηθεί κάθε φορά κατά τη διαδικασία τυχαίοποίησης των YT. Το μήκος της βάσης στήριξης ήταν $23,71 \pm 0,79$ εκ. για τη συνθήκη χωρίς υπόδημα (YT 0 εκ.) με σταθερό μήκος βάσης στήριξης σε κάθε υπόδημα, (22,5 εκ. και 21 εκ. για τα YT 6,5 και 11 εκ., αντίστοιχα). Κατά την τοποθέτηση χωρίς υπόδημα, η προτιμώμενη γωνία μεταξύ των πελμάτων ήταν $11,28 \pm 3,23$ μοίρες όπως αυτή υπολογίστηκε κατά Chiari et al. (2002) (απόσταση μεταξύ μεγάλων δακτύλων: $14,55 \pm 3,36$ εκ., απόσταση μεταξύ έσω σφυρών: $9,86 \pm 2,89$ εκ.). Η μεταβλητότητα (26,8%) της γωνίας των πελμάτων στην παρούσα μελέτη εντάσσεται στο αναμενόμενο εύρος αυτής και μάλλον χαμηλή (McIlroy and Maki, 1997). Εξ' όσων είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε, δεν φαίνεται να συναντάται στη βιβλιογραφία μέθοδος υπολογισμού της γωνίας τοποθέτησης των ποδιών κατά τη χρήση υποδήματος.

Επεξεργασία δεδομένων – Μεταβλητές. Στη δοκιμασία της όρθιας στάσης υπολογίστηκαν για το ΚΠ οι μεταβλητές της διαδρομής (cm) και του εύρους μετατόπισης (cm), στην προσθιοπίσθια και πλάγια διεύθυνση, αντίστοιχα. Στη δοκιμασία κεκλιμένης στάσης υπολογίστηκαν οι μεταβλητές της μέγιστης μετατόπισης του ΚΠ πρόσθια, οπίσθια, δεξιά και αριστερά (cm) και του εύρους σταθερότητας στην προσθιοπίσθια (% μήκους βάσης στήριξης) και πλάγια (% πλάτους βάσης στήριξης) διεύθυνση. Η μέγιστη μετατόπιση ΚΠ σε κάθε διεύθυνση κλίσης υπολογίστηκε από τη διαφορά της μέσης τιμής στη θέση ηρεμίας και της μέσης τιμής σε κάθε αντίστοιχη κεκλιμένη θέση του σώματος. Για τον υπολογισμό του εύρους σταθερότητας αρχικά υπολογίστηκε το άθροισμα των μέγιστων



Σχήμα 3. Ενδεικτική (ένα άτομο) σχηματική απεικόνιση της διαδρομής του κέντρου πίεσης κατά τη όρθια στάση (αριστερά) και του εύρους μετατόπισης κατά την κεκλιμένη στάση (δεξιά) ως συνάρτηση του συστήματος συντεταγμένων του δυναμοδαπέδου και της βάσης στήριξης για τις τρεις συνθήκες ύψους τακουνιού (YT).

μετατοπίσεων σε κάθε διεύθυνση (προσθιοπίσθια διεύθυνση: άθροισμα μέγιστης πρόσθιας και οπίσθιας μετατόπισης, πλάγια διεύθυνση: άθροισμα μέγιστης δεξιάς και αριστερής μετατόπισης). Στη συνέχεια, το άθροισμα των μέγιστων μετατοπίσεων σε κάθε διεύθυνση ξεχωριστά εκφράστηκε ως ποσοστό της αντίστοιχης διάστασης της βάσης στήριξης, δηλαδή, ως ποσοστό του μήκους της στήριξης για το άθροισμα πρόσθιας και οπίσθιας μετατόπισης και ως ποσοστό του πλάτους της βάσης στήριξης για το άθροισμα δεξιάς και αριστερής μετατόπισης. Η ποσοστιαία αυτή τιμή αποτέλεσε και την μεταβλητή του εύρους σταθερότητας σε κάθε συνθήκη YT. Για κάθε μεταβλητή, τόσο στην όρθια όσο και στην κεκλιμένη στάση, η τιμή που χρησιμοποιήθηκε στη στατιστική ανάλυση ήταν η μέση τιμή των δύο προσπαθειών της κάθε αντίστοιχης συνθήκης YT.

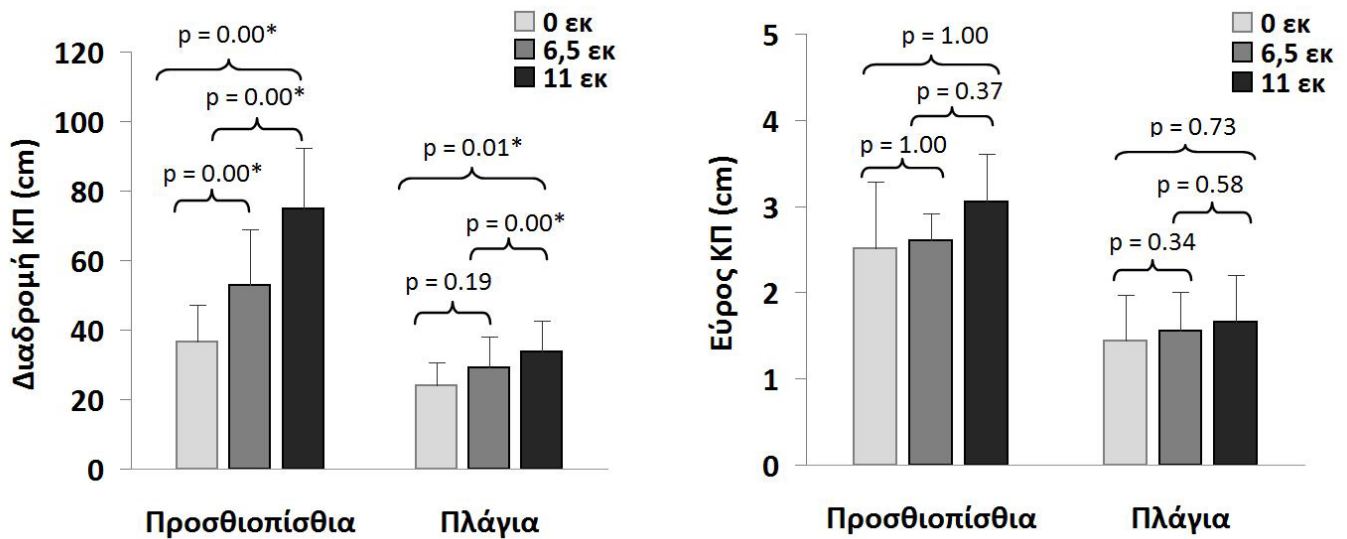
Στατιστική Ανάλυση. Για τον έλεγχο της επίδρασης του YT εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με ανεξάρτητη μεταβλητή το YT (3 επίπεδα: 0 εκ., 6,5 εκ και 11 εκ), ξεχωριστά σε κάθε δοκιμασία. Σε περίπτωση παραβίασης της σφαιρικότητας (Mauchly's sphericity test) εφαρμόζονταν διόρθωση των βαθμών ελευθερίας κατά Greenhouse-Geisser ή Huynh-Feldt ($\epsilon < 0.75$ ή > 0.75 , αντίστοιχα). Όπου το F-κριτήριο έδινε σημαντική κύρια επίδραση του YT ακολουθούσε έλεγχος της σημαντικότητας των τριών ενδοζευγικών διαφορών μεταξύ YT με διόρθωση

κατά Bonferroni. Σε κάθε δοκιμασία ξεχωριστά, εφαρμόστηκε γραμμική σύγκριση (linear contrasts) για τον έλεγχο της γραμμικής τάσης μεταβολής των μεταβλητών κατά την αύξηση του YT. Για όλες τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το SPSS 22.0, με επίπεδο σημαντικότητας το $p \leq 0.05$.

Αποτελέσματα

Στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η διαδρομή του ΚΠ αναφορικά με την τοποθέτηση των ποδιών στο δυναμοδάπεδο σε κάθε συνθήκη YT, για τη δοκιμασία όρθιας στάσης και τη δοκιμασία κεκλιμένης στάσης.

Όρθια στάση. Στην όρθια στάση, βρέθηκε σημαντική επίδραση του YT στη διαδρομή ΚΠ τόσο στην προσθιοπίσθια ($F=46.38$, $p=0.00$) όσο και στην πλάγια διεύθυνση ($F=11.22$, $p=0.00$), όχι όμως και στο εύρος μετατόπισης ($F=2.53$, $p=0.10$ και $F=1.02$, $p=0.38$ για την προσθιοπίσθια και πλάγια διεύθυνση, αντίστοιχα) (Σχήμα 4). Στατιστικά σημαντικές ήταν οι ενδοζευγικές διαφορές της διαδρομής ΚΠ μεταξύ YT ($p=0.05$ για όλες), εκτός από τη σύγκριση μεταξύ YT 0 εκ και 6,5 εκ. στην πλάγια διεύθυνση ($p=0.19$) (Σχήμα 4). Η γραμμική σύγκριση έδειξε στατιστικά σημαντική αυξανόμενη μεταβολή της διαδρομής ΚΠ κατά την αύξηση του YT, τόσο στην προσθιοπίσθια ($F=83.27$, $p=0.00$) όσο και στην πλάγια διεύθυνση ($F=16.29$, $p=0.00$).



Σχήμα 4. Όρθια στάση: Μέση τιμή (τυπική απόκλιση) των μεταβλητών του κέντρου πίεσης (ΚΠ) στην προσθιοπίσθια και πλάγια διεύθυνση, για τη διαδρομή ΚΠ [Α] και το εύρος ΚΠ [Β], στις 3 συνθήκες ύψους τακουινιού (0 εκ., 6,5 εκ. και 11 εκ.). *Σημαντική ενδοζευγική διαφορά μεταξύ ΥΤ, $p \leq 0.05$.

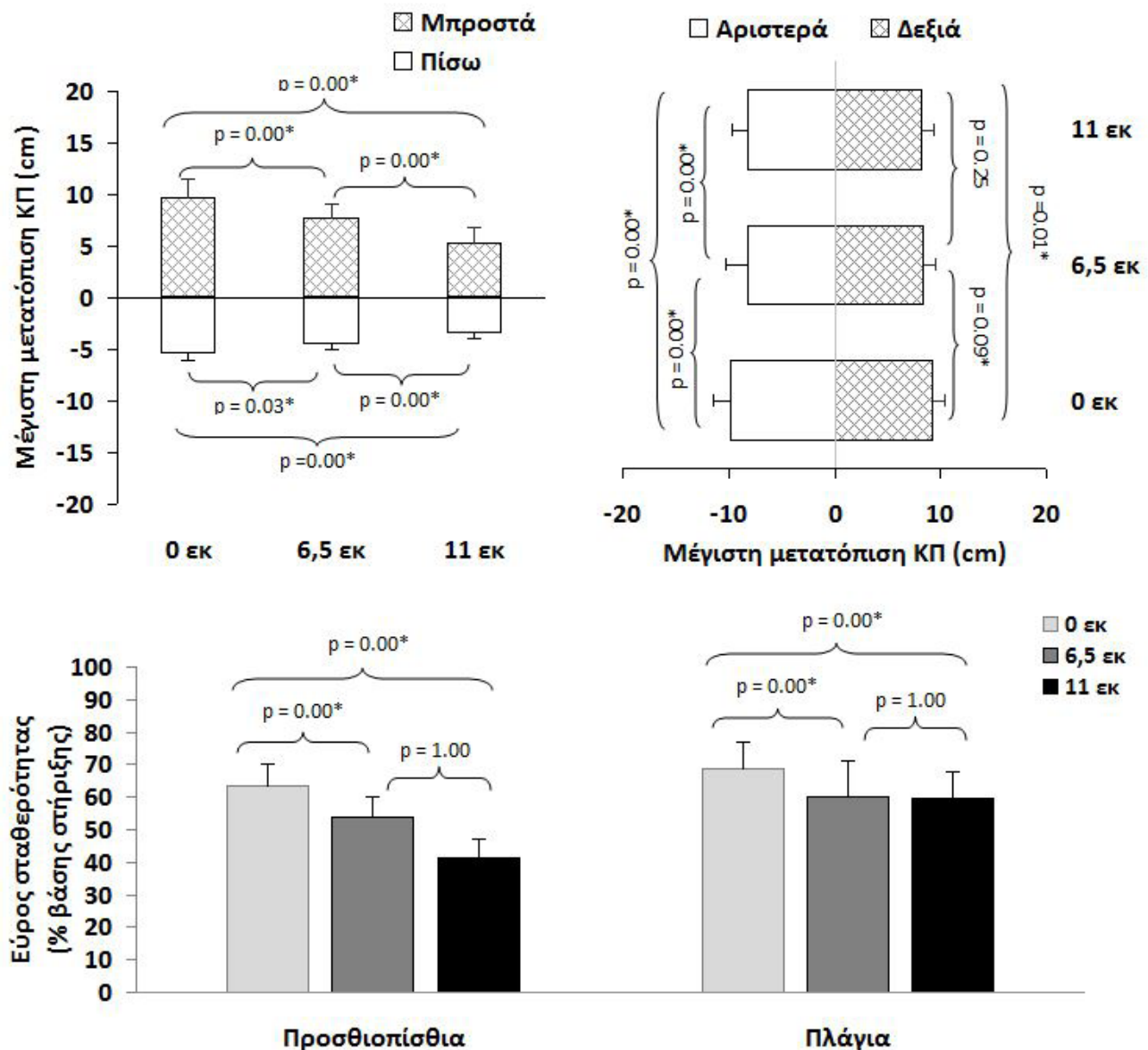
Κεκλιμένη στάση. Στην κεκλιμένη στάση, στατιστικά σημαντική ήταν η επίδραση του ΥΤ στη μέγιστη μετατόπιση ΚΠ κατά την πρόσθια ($F=94.42$, $p=0.00$), οπίσθια ($F=33.75$, $p=0.00$), δεξιά ($F=8.96$, $p=0.00$) και αριστερή ($F=25.97$, $p=0.00$) κλίσεις του σώματος (Σχήμα 5). Η επίδραση του ΥΤ στο εύρος σταθερότητας ήταν σημαντική τόσο στην προσθιοπίσθια ($F=102.65$, $p=0.00$) όσο και στην και πλάγια ($F=16.35$, $p=0.00$) διεύθυνση (Σχήμα 5). Για τη μέγιστη μετατόπιση στην πρόσθια και οπίσθια κλίση, οι ενδοζευγικές διαφορές μεταξύ ΥΤ ήταν στατιστικά σημαντικές ($p=0.00$ για όλες εκτός από τη σύγκριση μεταξύ ΥΤ 0 εκ. και 6,5 εκ. όπου $p=0.03$) (Σχήμα 5). Για τη μέγιστη μετατόπιση στην αριστερή κλίση, οι ενδοζευγικές διαφορές μεταξύ ΥΤ ήταν στατιστικά σημαντικές ($p=0.00$ για όλες) ενώ για τη δεξιά κλίση στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε μόνο για τη σύγκριση μεταξύ ΥΤ 0 και 11 εκ. ($p=0.01$) (0 εκ. - 6,5 εκ., $p=0.09$ και 6,5 εκ. - 11 εκ., $p=0.25$) (Σχήμα 5). Οι ενδοζευγικές διαφορές μεταξύ ΥΤ για το εύρος σταθερότητας ήταν στατιστικά σημαντικές ($p=0.00$ για όλες) με εξαίρεση τη σύγκριση μεταξύ ΥΤ 6,5 και 11 εκ. ($p=1.00$) στην πλάγια κλίση (Σχήμα 5). Η γραμμική σύγκριση έδειξε ότι, κατά την αύξηση του ΥΤ, σημαντικά μειούμενη ήταν η μεταβολή της μέγιστης μετατόπισης του ΚΠ κατά την πρόσθια ($F=205.37$, $p=0.00$) οπίσθια ($F=75.67$, $p=0.00$), δεξιά ($F=12.96$, $p=0.00$) και αριστερή ($F=59.96$, $p=0.00$) κλίσεις του σώματος, καθώς επίσης του εύρους σταθερότητας, στην προσθιοπίσθια ($F=234.03$, $p=0.00$) και πλάγια ($F=56.70$, $p=0.00$) διεύθυνση.

Συζήτηση

Σκοπός της μελέτης ήταν η εξέταση της επίδρασης του ΥΤ στην όρθια και κεκλιμένη στατική ισορροπία νεαρών γυναικών. Το μοντέλο της κεκλιμένης στάσης επιλέχθηκε καθώς οδηγεί στο

όριο μεταξύ δύο στρατηγικών διατήρησης της ισορροπίας, της στρατηγικής ποδοκνημικής - ισχίου και της στρατηγικής βηματισμού. Για τη δημιουργία συνθήκης υψηλής αστάθειας, εκτός από το μικρό πλάτος τακουινιού (1 cm²) χρησιμοποιήθηκε και ιδιαίτερα μεγάλο ύψος τακουινιού (11 εκ.) το οποίο δεν συναντάται σε προηγούμενες μελέτες. Κατά την αύξηση του ΥΤ, τα κύρια ευρήματα αφορούν στην σημαντική αύξηση της διαδρομής ΚΠ στην όρθια στάση και τη σημαντική μείωση της μέγιστης μετατόπισης και του εύρους σταθερότητας ΚΠ στην κεκλιμένη στάση. Τα ευρήματα αυτά αφορούν τόσο τη στατιστική σημαντικότητα των ενδοζευγικών διαφορών μεταξύ ΥΤ όσο και τη γραμμική σύγκριση της μεταβολής των εξεταζόμενων μεταβλητών κατά την αύξηση του ΥΤ.

Στην παρούσα εργασία, οι μεταβολές των χαρακτηριστικών του ΚΠ κατά την χρήση ΥΤ υποδηλώνουν μείωση της σταθερότητας της στάσης όπως αυτή υποδηλώνεται από την αύξηση της διαδρομής ΚΠ στην όρθια στάση και τη μείωση της μέγιστης μετατόπισης ΚΠ και μείωση του εύρους σταθερότητας στην κεκλιμένη στάση. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, όπου η αύξηση του ΥΤ μεταβάλλει τις παραμέτρους της ισορροπίας προς την κατεύθυνση της μειούμενης σταθερότητας της στάσης του σώματος (Cronin et al. 2014, Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013). Κατά τη χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι, η μετατόπιση του κέντρου μάζας προς τα πάνω (Lee et al. 2001) και η συνοδευτική μετατόπιση του ΚΠ προς τα εμπρός (Bae et al. 2015) δημιουργούν θέση αυξημένης πελματιαίας κάμψης (Bae et al. 2015, Esenyel et al. 2003). Η αλλαγή της φυσικής ανατομικής θέσης του άκρου ποδιού σε αυξημένη πελματιαία κάμψη μειώνει την αποτελεσματικότητα των πελματιαίων κα-



Σχήμα 5. Κεκλιμένη στάση: Μέση τιμή (τυπική απόκλιση) της μέγιστης μετατόπισης κατά τη πρόσθια και οπίσθια κλίση [Α] και κατά τη δεξιά και αριστερή κλίση [Β] και του εύρους σταθερότητας στην προσθιοπίσθια και πλάγια διεύθυνση [Γ] στις 3 συνθήκες ύψους τακουνιού (0 εκ., 6,5 εκ. και 11 εκ.). *Σημαντική ενδοζευγική διαφορά μεταξύ των συνθηκών ύψους τακουνιού, $p \leq 0,05$.

μπτήρων της ποδοκνημικής άρθρωσης (Esenyel et al. 2003) και δεν επιτρέπει τη βέλτιστη σταθερότητα της στάσης. Εκτός των τοπικών αλλαγών στην περιοχή του άκρου ποδιού, οδηγεί σε τροποποιήσεις της φυσικής ανατομικής θέσης (Lee et al. 2001) και της μυϊκής λειτουργίας (Esenyel et al. 2003, Lee et al. 2001) και σε πιο απομακρυσμένες περιοχές του σώματος. Οι απομακρυσμένες αυτές τροποποιήσεις δυσχεραίνουν ακόμη περισσότερο τον έλεγχο της σωματικής στάσης και συνδέονται με την εμφάνιση μυοσκελετικού πόνου (Esenyel et al. 2003, Lee et al. 2001). Τα ΥΤ 9 - 10 εκ. εφαρμόζονται στα ερευνητικά πρωτόκολλα ως μεγάλο ΥΤ (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013), εντούτοις δεν εντοπίζονται ευκρινή κριτήρια της κατηγοριοποίησης των ΥΤ σε ίσιο, χαμηλό, μεσαίο και υψηλό. Επίσης,

δεν διευκρινίζεται πάντα το πλάτος της βάσης του τακουνιού (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong 2015, Kim et al. 2013, Ko et al. 2013) το οποίο θεωρείται κρίσιμη παράμετρος του ισορροπιστικού ελέγχου (Luximon et al. 2015). Το προτεινόμενο ύψος τακουνιού για βέλτιστη λειτουργικότητα του άκρου ποδιού και αποφυγή επιζήμιας κόπωσης κυμαίνεται από 3 έως και 5 εκ., εύρος το οποίο συνήθως κατηγοριοποιείται ως χαμηλό ΥΤ (Gerber et al. 2012, Hapsari and Xiong, 2015, Ko and Lee, 2013, Kim et al. 2013, Lee et al. 2001). Το ΥΤ 11 εκ. που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε γιατί στην καθημερινότητα παρατηρείται χρήση αρκετά μεγαλύτερων ΥΤ από τα μέχρι τώρα εξεταζόμενα στη βιβλιογραφία, με το μικρό πλάτος τακουνιού (1 εκ. x 1 εκ.) να αντιστοιχεί σε τακούνια τύπου stiletto, το οποίο μειώνει περαιτέρω τη

επιφάνεια στήριξης.

Στη κεκλιμένη στάση σώματος, η σημαντική μείωση της μέγιστης μετατόπισης ΚΠ στην πρόσθια και οπίσθια διεύθυνση κατά την αύξηση του ΥΤ είναι σε συμφωνία με προηγούμενες αναφορές (Hapsari and Xiong, 2015). Στο μεγάλο ΥΤ των 11 εκ., το οποίο είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στις νεαρές γυναίκες, η μεγάλη μείωση του εύρους σταθερότητας (από 63,4% στο γυμνό πόδι σε 41% του μήκους της βάσης στήριξης στο ΥΤ 11) υποδηλώνει την ιδιαίτερα μειωμένη αξιοποίηση του μήκους της βάσης στήριξης. Η μειωμένη αξιοποίηση του μήκους της βάσης στήριξης ίσως να συνδέεται με την κιναισθητική αναγνώριση του ορίου μετάβασης από τη στατική στην δυναμική στρατηγική ελέγχου της ισορροπίας (Blaszczyk et al. 1993, Horak et al. 1993, Winter, 1995). Κατά την κεκλιμένη στάση, η αύξηση του ΥΤ τακουνιού φαίνεται ίσως να μετατοπίζει το όριο μετάβασης από τη στατική στην δυναμική στρατηγική ελέγχου της ισορροπίας πλησιέστερα προς την όρθια στάση. Η μειωμένη αξιοποίηση της βάσης στήριξης κατά την αύξηση του ΥΤ παρατηρείται και στην πλάγια διεύθυνση (από 69% στο γυμνό πόδι σε περίπου 59% του πλάτους της βάσης στήριξης στα ΥΤ 6,5 και 11 εκ.), με τη μείωση όμως να είναι μικρότερη συγκριτικά με αυτή της προσθιοπίσθιας διεύθυνσης. Στην κεκλιμένη στάση, οι ενδοζευγικές διαφορές μεταξύ ΥΤ ήταν όλες σημαντικές κατά την αριστερή πλάγια κλίση, όχι όμως και κατά τη δεξιά πλάγια κλίση (μη σημαντική διαφορά μεταξύ ΥΤ 6,5 και 11 εκ.). Η απουσία στατιστικής σημαντικότητας σε όλες τις ενδοζευγικές συγκρίσεις ΥΤ στην πλάγια κλίση ίσως να συνδέεται με πλευρική ασυμμετρία της κατανομής του σωματικού βάρους καθώς σε φυσιολογικούς ενήλικες εμφανίζεται μεγαλύτερη φόρτιση του δεξιού ποδιού στο 60% του χρόνου στάσης (Gutnic et al. 2008). Κατά τη διατάραξη της ισορροπίας, παρατηρείται σημαντική μεταβλητότητα του ΚΠ στην προσθιοπίσθια αλλά όχι στην πλάγια διεύθυνση (O'Connor and Cuo 2009), εύρημα που ίσως να εξηγεί τη μικρότερη αλλαγή του εύρους σταθερότητας ως προς το πλάτος, συγκριτικά με το μήκος της βάσης στήριξης.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της κεκλιμένης στάσης σώματος με προηγούμενες μελέτες, είναι περιορισμένη καθώς δεν εντοπίζονται μελέτες επίδρασης του ΥΤ στην κεκλιμένη στατική ισορροπία. Οι Hapsari και Xiong (2015) συμπεριέλαβαν στο πρωτόκολλο τους δοκιμασία κλίσης σώματος στην οποία η αύξηση του ύψους τακουνιού (0 εκ., 4 εκ., 7 εκ. και 10 εκ.) είχε ως αποτέλεσμα και τη σημαντική επιδείνωση των ορίων σταθερότητας, ιδιαίτερα κατά την αύξηση ΥΤ μετά τα 4 εκ. Εντούτοις, στο πρωτόκολλο των Hapsari and Xiong (2015), η δοκιμασία κλίσης σώματος συνιστούσε μια σύνθετη δοκιμασία κατά τη οποία ο έλεγχος της σωματικής στάσης (βιομηχανική σταθερότητα) συνιστούσε δευτερεύουσα λειτουργία. Στη σύνθετη δοκιμασία κλίσης σώματος των Hapsari και Xiong (2015) πρωτεύουσα λειτουργία ήταν η σταθερότητα της επιδεξιότητας η οποία αφορούσε τη σύλληψη αντικειμένου το οποίο βρισκόταν σε κάποια απόσταση χωρίς τον περιορισμό διατήρησης του σώματος σε άκαμπτη στάση. Τόσο η όρθια στάση (Horak et al. 1993, Winter, 1995) όσο και η κεκλιμένη

στάση με άκαμπτο σώμα (Blaszczyk et al. 1993, Horak et al. 1993, Riley et al. 1997) αποτελούν εδραιωμένα μοντέλα ελέγχου της βιομηχανικής σταθερότητας της στάσης. Σε σύνθετες όμως δοκιμασίες που απαιτούν τον έλεγχο της σωματικής στάσης παράλληλα με την απόδοση σε κάποια δεξιότητα, αναπτύσσεται μια συμβιβαστική «λειτουργική ανταλλαγή» μεταξύ βιομηχανικής σταθερότητας και σταθερότητας απόδοσης, προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη δεξιότητα (Riley et al. 1997). Αυτή η συμβιβαστική «λειτουργική ανταλλαγή» δεν εμφανίζεται κατά την όρθια στάση, εγείροντας τον προβληματισμό εάν, σε σύνθετες δοκιμασίες ο έλεγχος της σωματικής στάσης πράγματι αποτελεί ανεξάρτητο διακριτό στόχο από τον έλεγχο της απόδοσης στη δεξιότητα (Riley et al. 1997). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που διακρίνει τις δοκιμασίες όρθιας και κεκλιμένης στάσης είναι η στρατηγική ελέγχου της ισορροπίας, με τη δοκιμασία όρθιας στάσης να συνδέεται με τη στρατηγική ποδοκνημικής - ισχίου (στατική στρατηγική) (Horak et al. 1993, Winter, 1995) και τη δοκιμασία κεκλιμένης στάσης με τη στρατηγική βηματισμού (δυναμική στρατηγική) (Horak et al. 1993, Blaszczyk et al. 1993). Στην δοκιμασία κεκλιμένης στάσης επιχειρείται σκόπιμη προβολή του ΚΜΣ όσο το δυνατόν πλησιέστερα στα όρια της βάσης στήριξης ή ακριβέστερα πιο κοντά στο όριο μεταξύ της στρατηγικής ποδοκνημικής - ισχίου και της στρατηγικής βηματισμού (Horak et al. 1993, Winter, 1995). Οι δύο στρατηγικές εμπεριέχουν διαφορετικές μυϊκές συνεργίες, με συνέπεια η επιτυχής διατήρηση της ισορροπίας να εξαρτάται από τη γρήγορη ανίχνευση του ορίου το οποίο απαιτεί τη μετάβαση από τη μία στην άλλη στρατηγική (Horak et al. 1993).

Συμπέρασμα

Στην παρούσα εργασία, τόσο στην όρθια όσο και στην κεκλιμένη στάση, η αύξηση του ΥΤ συνοδεύεται από μεταβολές των χαρακτηριστικών του ΚΠ οι οποίες δηλώνουν μείωση της σταθερότητας της σωματικής στάσης και συνδέονται με αύξηση της πιθανότητας πτώσης. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος ότι ο περιορισμός ή ακόμη και η κατάργηση της χρήσης υποδημάτων με ψηλό τακούνι θα οδηγούσε στην αποτελεσματική εξάλειψη όλων των προβλημάτων που προκύπτουν από αυτή. Εντούτοις σε ορισμένα επαγγέλματα, παρά τις εδώ και αρκετά έτη σχετικές επιστημονικές επικινδυνότητας εκ μέρους ειδημόνων φορέων εργασιακής υγείας και διεθνών ιατρικών συλλόγων τα υποδήματα με ψηλό τακούνι εξακολουθούν να αποτελούν πολύωρη εργασιακή απαίτηση. Επιπλέον, στην καθημερινή πρακτική φαίνεται να απηφάται η επικινδυνότητα άμεσης κάκωσης εξαιτίας της μειωμένης ισορροπίας κατά τη χρήση υποδημάτων με ψηλό τακούνι. Οι μελέτες ανάδειξης της αρνητικής επίδρασης του μεγάλου ύψους τακουνιού έχουν πρακτική χρησιμότητα ως προς την τεκμηρίωση του βαθμού επικινδυνότητας για κακώσεις που συνδέονται με συνθήκες μειωμένου ελέγχου της ισορροπίας του σώματος, όπως πτώση ή διάστρεμμα ποδοκνημικής.

Βιβλιογραφία

- ANKER LC, WEERDESTSEYN V, VAN NES IJ, NIENHUIS B, STRAATMAN H and GEURTS AC. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait and Posture* 27(3): 471-7, 2008.
- APMA (2014). American Podiatric Medical Association: Public Opinion Research on Foot Health and Care Findings from a Survey of 1000 US Adults. Available online at: <http://www.apma.org/files/APMA2014TODaysPodiatristSurveyAllFindings.pdf> (Accessed 2 February 2015).
- BAE YH, KO M, PARK YS and SUK-MIN LEE SM. Effect of revised high-heeled shoes on foot pressure and static balance during standing. *J Phys Ther Sci* 27(4): 1129-1131, 2015.
- BLANCHETTE MG, BRAULT JR and POWERS CM. The influence of heel height on utilized coefficient of friction during walking. *Gait and Posture* 34: 107-110, 2011.
- BLASZCZYK JW, HANSEN PD and LOWE DL. Postural sway and perception of the upright stance stability borders. *Perception* 22: 1333-1341, 1993.
- CHIARI L, ROCCHI L and CAPELLO A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clin Biomech* 17(9-10): 666-677, 2002.
- CHUA YP, TAN WJ, YAHYA and SAW A. Prevalence of nontraumatic foot pain among urban young working women and its contributing factors. *Singapore Med J* 54(11): 630-633, 2013.
- CRONIN NJ. The effects of high heeled shoes on female gait: A review. *J Electro Kinesiology* 24: 258-263, 2014.
- ESENYEL M, WALSH K, WALDEN J and GITTER A. Kinetics of high-heeled gait. *J Am Podiatr Med Assoc* 93(1): 27-32, 2003.
- FRAMES E, SOANGRA R and LOCKHAR TE. Assessment of Postural Stability using Inertial Measurement Unit on Inclined Surfaces in Healthy Adults. *Biomed Sci Instrum* 49: 234-242, 2013.
- GEFEN A, MEGIDO-RAVID M, ITZCHAK Y and ARCAN M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait and Posture* 15: 56-63, 2002.
- GERBER S, COSTA R, GRECCO L, PASINI H, MARCONI N and OLIVEIRA C. Interference of high-heeled shoes in static balance among young women. *Hum Mov Sci* 31: 1247-1252, 2012.
- GUTNIK B, LEAVER J, STANDEN C and LONGLEY C. Inferred influence of human lateral profile on limb load asymmetry during a quiet standing balance test. *Acta Med Okayama* 62(3): 175-184, 2008.
- HAPSARI V, XIONG S and YANG S. High heels on human stability and plantar pressure distribution: Effects of heel height and shoe wearing experience. *J Foot Ankle Res* 58(1): 1653-1657, 2014.
- Health and Safety at Work (2009). Available from URL <http://www.healthandsafetyatwork.com/hsw/content/boot-out-high-heels-work-says-tuc> (Accessed 12/12/2015)
- HORAK FB and MOORE SP. The effect of prior leaning on human postural responses. *Gait and Posture* 1: 203-210, 1993.
- HORAK FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing* 35(2): 7-11, 2006.
- KIM Y, LIM JM and YOON B. Changes in ankle range of motion and muscle strength in habitual wearers of high-heeled shoes. *Foot Ankle Int* 34(3): 414-419, 2013.
- KO DY and LEE HS. The changes of cop and foot pressure after one hour's walking wearing high-heeled and flat shoes. *J Phys Ther Sci* 25: 1309-1312, 2013.
- LEE KY, LEE HJ, KIM SE, CHOI PB, SONG SH and JEE YS. Short term rehabilitation and ankle instability. *Int J Sports Med* 33: 485-496, 2012.
- LEE M, JEONG E and FREIVALDS A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *Int J Ind Ergon* 28: 321-326, 2001.
- LINDER M, CHARLES L and SALTZMAN CL. A History of Medical Scientists on High Heels. *Int J Health Serv* 28(2): 201-225, 1998.
- LUXIMON Y, CONG YAN, LUXIMON A and ZHANG M. Effects of heel base size, walking speed, and slope angle on center of pressure trajectory and plantar pressure when wearing high-heeled shoes. *Hum Mov Sci* 41: 307-319, 2015.
- McDIROY WE and MAKI BE. Preferred placement of the feet during quiet stance: development of a standardized foot placement for balance testing. *Clin Biomech* 12(1): 66-70, 1997.
- MOORE JX, LAMBERT B, JENKINS GP and MCGWIN G JR. Epidemiology of High-Heel Shoe Injuries in U.S. Women: 2002 to 2012. *J Foot Ankle Surg* 54(4): 615-619, 2015.
- O'CONNOR SM and KUO AD. Direction-dependent control of balance during walking and standing. *J Neurophysiol* 102(3): 1411-1419, 2009.
- OPILA-CORREIA KA. Kinematics of high-heeled gait. *Arch Phys Med Rehabil* 71(5): 304-309, 1990.
- RILEY MA, MITRA S, STOFFREGEN TA and TURVEY MT. Influences of body lean and vision on unperturbed postural sway. *Mot Control* 1: 229-246, 1997.
- WILLIAMS CM and HAINES TP. An exploration of emergency department presentations related to high heel footwear in Victoria, Australia, 2006-2010. *J Foot Ankle Res* 7(1): 1-6, 2014.
- WINTER DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture* 3: 193-214, 1995.

Abstract

Effect of shoe heel height on body balance during upright and leaning body stance

EMMANOUIL A. and ROUSANOGLLOU E.

Section of Sport Medicine and Biology of Exercise, School of Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens

The use of high-heeled shoes affects body balance, as it induces a decrease in the base of support together with an upwards and forwards shift of the center of mass. The purpose of the present study was to investigate the effect of heel height on static balance during the upright and the leaning body stance. Eleven young women (22.14 ± 2.93 yrs, with a moderate frequency of high heels usage) were evaluated during the upright (quiet standing) and the leaning stance (anterior, posterior, right and left body inclination) (forceplate Kistler-9286AA, 100 Hz, software Kistler BioWare®-2812A1, v.3.2.6). The participants maintained the upright and leaning stance under 3 heel height conditions (barefoot: 0cm heel height and two shod conditions with heel heights at 6.5cm and 11cm). In the upright stance, the path (cm) and the range (cm) of the center of pressure (COP) were estimated, in the anterior-posterior and the medio-lateral direction, respectively. In the leaning stance, the maximum COP displacement in each direction (cm) and the COP range of stability in the anterior-posterior and medio-lateral directions were estimated. Two-way ANOVA with repeated measures (followed by heel height pairwise comparisons with Bonferroni correction) and the linear contrasts was used for statistics ($p \leq 0.05$, SPSS 22.0). In the upright stance, the heel height increase resulted to a significant increase of the COP path. In the leaning stance, the heel height increase resulted to a significant decrease of the maximum COP displacement and the COP range of stability. The linear contrasts indicated a significant positive and negative alteration of the examined COP variables in the upright and leaning stance, respectively. The warnings about the risk of wearing high heeled shoes, particularly as a working requirement, may be supported by the present study. The heel height increase is accompanied with COP alterations that denote a decreased postural stability and are associated with increased falling risk. The studies indicating the negative effects of high heeled shoes provide an evidence based documentation of the injury risk due to the reduced body balance.

Key words: CENTER OF PRESSURE, BASE OF SUPPORT, BALANCE STRATEGY, LIMITS OF STABILITY

Main references

- ESENYEL M, WALSH K, WALDEN J and GITTER A. Kinetics of high-heeled gait. *J Am Podiatr Med Assoc* 93(1): 27-32, 2003.
- HAPSARI V, XIONG S and YANG S. High heels on human stability and plantar pressure distribution: Effects of heel height and shoe wearing experience. *J Foot Ankle Res* 58(1): 1653-1657, 2014.
- HORAK FB and MOORE SP. The effect of prior leaning on human postural responses. *Gait and Posture* 1: 203-210, 1993.
- LINDER M, CHARLES L and SALTZMAN CL. A History of Medical Scientists on High Heels. *Int J Health Serv* 28(2): 201-225, 1998.
- MOORE JX, LAMBERT B, JENKINS GP and MCGWIN G JR. Epidemiology of High-Heel Shoe Injuries in U.S. Women: 2002 to 2012. *J Foot Ankle Surg* 54(4): 615-619, 2015.

Correspondance with first author

Emmanouil Analina, e-mail: an.emmanouil@yahoo.com

Επίδραση εκγύμνασης στην ισχύ των κάτω άκρων σε νεαρούς αθλητές της καλαθοσφαίρισης

Θεόδωρος Μπολάτογλου

Τομέας Αθλοπαιδιών, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΜΠΟΛΑΤΟΓΛΟΥ Θ. Επίδραση εκγύμνασης στην ισχύ των κάτω άκρων σε νεαρούς αθλητές της καλαθοσφαίρισης. *Κινησιολογία*, Εαρινή Περίοδος 2016, Τόμος 6, Τεύχος 1, Σελ. 38-46. Σκοπός της μελέτης ήταν να εξεταστεί η βελτίωση της ισχύος των κάτω άκρων σε νεαρούς μαθητές-αθλητές της Καλαθοσφαίρισης, υπό την επίδραση διαφορετικών προγραμμάτων εκγύμνασης. Δύο ομάδες των 14 ατόμων η κάθε μία, η μεν πρώτη ορίστηκε ως πειραματική (Π.Ο) και στην οποία εκτός του αναλυτικού προγράμματος, εφαρμόστηκε ειδικό επιπρόσθετο πρόγραμμα εκγύμνασης διάρκειας εννέα (9) εβδομάδων, ενώ η δεύτερη ως ομάδα ελέγχου (Ο.Ε) ακολουθούσε μόνο το αναλυτικό πρόγραμμα εκμάθησης της καλαθοσφαίρισης στα πλαίσια των Τάξεων Αθλητικής Διευκόλυνσης (Τ.Α.Δ). Πριν και μετά το πρόγραμμα όλοι οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν κατακόρυφα άλματα αντιθετικού τύπου (Counter Movement Jump) πάνω σε φορητό ηλεκτρονικό δυναμοδάπεδο τύπου Kistler και ακολούθησε ανάλυση με το λογισμικό BioWare. Μετά το τέλος τους προγράμματος εκγύμνασης η ΠΟ βελτίωσε την απόλυτη ισχύ των κάτω άκρων ($p=0.021$), την απόλυτη ισχύ ανά kg σωματικής μάζας ($p=0.001$), το απόλυτο έργο ($p=0.029$) και στο απόλυτο έργο ανά kg σωματικής μάζας ($p=0.000$), στην αρχική ταχύτητα ($p=0.015$, όπως και στην κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας του σώματος σε θετική διεύθυνση $p=0.000$ και σε αρνητική διεύθυνση ($p=0.017$). Συμπερασματικά η βελτίωση της ισχύος των κάτω άκρων ήταν σημαντική σε ορισμένα μηχανικά χαρακτηριστικά της ισχύος των κάτω άκρων και επηρεάστηκε θετικά από το ειδικό πρόγραμμα εκγύμνασης στην αναφερόμενη χρονική περίοδο.

Λέξεις κλειδιά: ΝΕΑΡΟΙ ΑΘΛΗΤΕΣ, ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗ, ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΑΠΟΔΟΣΗ

Η αλτική ικανότητα χαρακτηρίζει τα άτομα που εξειδικεύονται σε αθλητικές δραστηριότητες των δρόμων, αλμάτων, αθλοπαιδιών κ.ά., και αποτελεί βασικό δείκτη της απόδοσης. Έχει αναφερθεί η σημαντικότητα της ικανότητας αυτής στην ειδική κατάρτιση νεαρών αθλητών-ποδοσφαιριστών (Dialo et al 2000), χωρίς να επιβεβαιώνονται τα στοιχεία και σε άλλες αθλοπαιδιές. Η αλτική ικανότητα έχει εξεταστεί ποικιλοτρόπως (Challis 1998, Van Soest et al, 1985), και έχουν αποσαφηνισθεί επιμέρους μηχανικά στοιχεία για τον ορθολογισμό της απόδοσης (Aragon-Vargas, L. F., Gross, M. M. 1997, Pandey 1991, Der Graaf J. B., Bobbert, M. F., Tetteroo, W. E., van Ingen Schenau, G. J. 1987). Ειδικότερα, η ανάδειξη μηχανικών μεγεθών στην εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος έχει μακρά ιστορία, αφού χρησιμοποιήθηκε από τον Sergeant το 1921 ως δοκιμασία για την «ισχύ», ενώ σήμερα αποτελεί αξιόπιστη μέτρηση για τον έλεγχο της ισχύος των κάτω άκρων (Dowling & Vamos 1993). Η δοκιμασία του κατακόρυφου άλματος αναδεικνύεται με τη χρονο-δυναμική καμπύλη και κυρίως με βάση τα κινηματικά και κινητικά στοιχεία που συνδυάζουν την εκτέλεση κατά τη φάση της ώθησης (Hochmuth 1984). Η αλτική ικανότητα, ως σύνθετη κινητική δραστηριότητα, απαιτεί σύ-

ζηση της ισχύος των κάτω άκρων. Η υψηλή θετική σχέση ανάμεσα στη μέγιστη ισχύ και στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα, διαμορφώνει ένα σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης των αθλητών που εστιάζουν στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος, αλλά και στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης τους και έχει μελετηθεί συστηματικά (Dowling & Vamos 1993; Villarreal, Ed., E. Kellis, W. Kraemer and M. Iquiedo, 2009).

Σε νέους αθλητές η βελτίωση της αλτικότητας παρατηρείται υπό την επίδραση ειδικής παρέμβασης και στη χρονολογική ηλικία από 13-14 έως 15-16 χρονών (Volkov & Filipin 1983). Η προπόνηση για βελτίωση της αλτικής ικανότητας δεν πρέπει να έχει ως στόχο μόνο την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης, αλλά και την ανάπτυξη της ισχύος, όπως και τον συντονισμό των επί μέρους μερών του σώματος (James J. et al., 1993). Παρά το γεγονός ότι η δράση των κάτω άκρων των παιδιών ακολουθεί το ίδιο μοντέλο χρονικής διαδοχής των κινήσεων με τους ενήλικες (Jensen, et al., 1994), εντούτοις η αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας σε χρονολογικές ηλικίες 13-15 ετών είναι περιορισμένη.

Το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο ένα ειδικό πρόγραμμα εκγύμνασης νεαρών ατόμων στα πρώτα στάδια ειδικεύσης με τις αθλοπαιδιές θα μπορεί να επηρεάσει θετικά, εκτός της βελτίωσης των τεχνικών δεξιοτήτων, τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αλτικής τους ικανότητας. Επομένως, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να ελεγχθεί η διαφοροποίηση της μηχανικής ισχύος των κάτω άκρων σε άτομα νεαρής ηλικίας που ειδικεύονται με την καλαθοσφαί-

Επικοινωνία με συγγραφέα

Θεόδωρος Μπολάτογλου, e-mail: tbolat@phed.uoa.gr

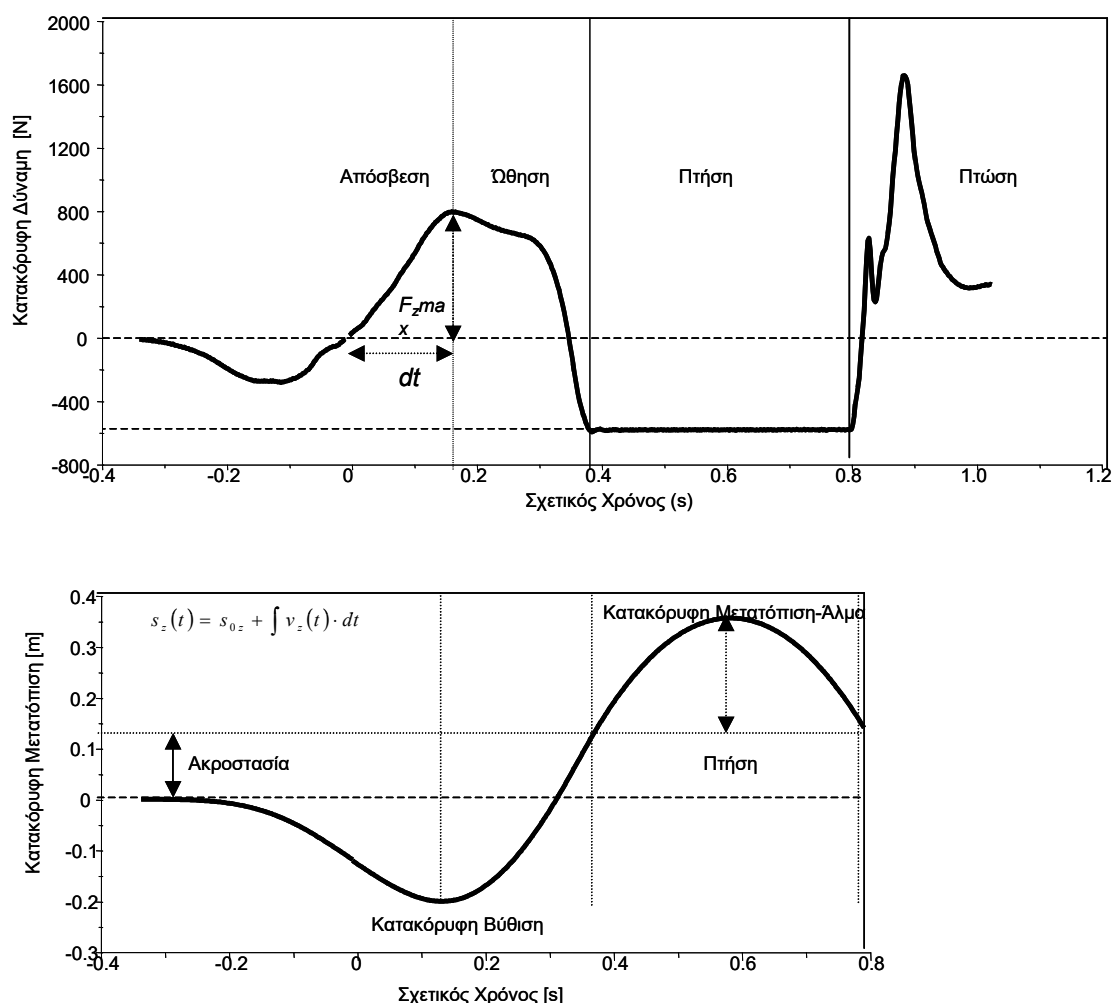
ριση, υπό την επίδραση ειδικού προγράμματος εκγύμνασης.

Μεθοδολογία

Πειραματική προσέγγιση. Για τη διεκπεραίωση της μελέτης εφαρμόστηκε ειδικό πρόγραμμα δρομικών και αλτικών ασκήσεων, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν υφίσταται διαφοροποίηση στην ισχύ των κάτω άκρων και σε χαρακτηριστικά της αλτικής απόδοσης σε νεαρά άτομα. Επιδιώχθηκε να διερευνηθεί η αξία της επίδρασης ως προς τη διάρκεια εφαρμογής του προγράμματος των ασκήσεων, τον όγκο και την ένταση εφαρμογής αυτών. Κριτήριο ελέγχου της επίδρασης ήταν η αλτική απόδοση και τα επιμέρους μηχανικά χαρακτηριστικά μεγέθη, με έμφαση τη μηχανική ισχύ των κάτω άκρων.

Δείγμα. Είκοσι οκτώ μαθητές από την περιφέρεια του Ν. Αττικής και από διαφορετικά σχολικά συγκροτήματα ενταγμένοι στις Τάξεις Αθλητικής Διευκόλυνσης (Τ.Α.Δ) και στο άθλημα της καλαθοσφαίρισης συμμετείχαν στην παρού-

σα μελέτη, μετά από άδεια που δόθηκε από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και το Υπουργείο Παιδείας. Διαμορφώθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες των 14 ατόμων, η μια εκ των οποίων θεωρήθηκε Πειραματική Ομάδα (Π.Ο) (ηλικία 14.03 ± 0.9 ετών, σωματική μάζα 62.1 ± 10.8 kg και σωματικό ανάστημα 172.0 ± 10.8 cm) και η δεύτερη Ομάδα Ελέγχου (Ο.Ε) (ηλικία 13.7 ± 1.1 ετών, σωματική μάζα 64.4 ± 11.6 kg και σωματικό ανάστημα 169.4 ± 13.4 cm). Όλοι οι μαθητές ακολουθούσαν το αναλυτικό πρόγραμμα των ΤΑΔ για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης. Επιπλέον, η Π.Ο για εννέα εβδομάδες γυμνάστηκε συστηματικά ακολουθώντας ειδικό πρόγραμμα δρομικών και αλτικών ασκήσεων, όπως και ασκήσεις με ελαφριά βάρη, με συχνότητα 3 φορές τη βδομάδα (βλ. πρόγραμμα, παράρτημα). Πριν την έναρξη του προγράμματος, καθώς και μετά την ολοκλήρωσή του, όλα τα νεαρά άτομα εκτέλεσαν κατακόρυφα άλματα με αντιθετική κίνηση και μέγιστη προσπάθεια, τύπου Counter Movement Jump πάνω σε ειδικό φορητό ηλεκτρονικό δυναμοδόπεδο (Kistler type 9286AA). Η συχνότητα δειγματοληψίας ήταν 500 Hz και η ανάλυση των πέντε (5) προσπαθειών έγινε με το λογισμικό BioWare και



Σχήμα 1. Απεικόνιση της κατακόρυφης εδαφικής δύναμης αντίδρασης (1a) (πάνω γράφημα) και μεταβολής αυτής (1b) και της αντίστοιχης κατακόρυφης μετατόπισης του κέντρου μάζας του σώματος σε θετική (+) (2a) και αρνητική διεύθυνση (-) (2b) (κάτω γράφημα) σε σχέση με το χρόνο.

έδωσε τα εξεταζόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά της αλτικής προσπάθειας (Σχήμα 1).

Εξεταζόμενα Μηχανικά Μεγέθη. Τα μηχανικά μεγέθη της κατακόρυφης εδαφικής δύναμης αντίδρασης (1α) και της μεταβολής σε σχέση με το χρόνο (1β), όπως και της θετικής και αρνητικής κατακόρυφης μετατόπισης (2α και 2β) απεικονίζονται στο Σχήμα 1.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται τα γραφήματα της ισχύος (3α), της ώθησης δύναμης (4), της επιτάχυνσης (5), της ταχύτητας (6), του απόλυτου έργου (7α), της μεταβολής του έργου σε σχέση με το χρόνο (7β) και του απόλυτου έργου ανά kg σωματικής μάζας (7γ), όπως και της κατακόρυφης αρνητικής μετατόπισης (2β).

Δοκιμασίες

Πρόγραμμα Εκγύμνασης. Το πρόγραμμα εκγύμνασης ήταν δομημένο στη βάση τριών μεσοκύκλων με τρεις συνεδρίες την κάθε βδομάδα. Η εφαρμογή του προγράμματος γινόταν στους χώρους των κλειστών γυμναστηρίων όπου γυμνάζο-

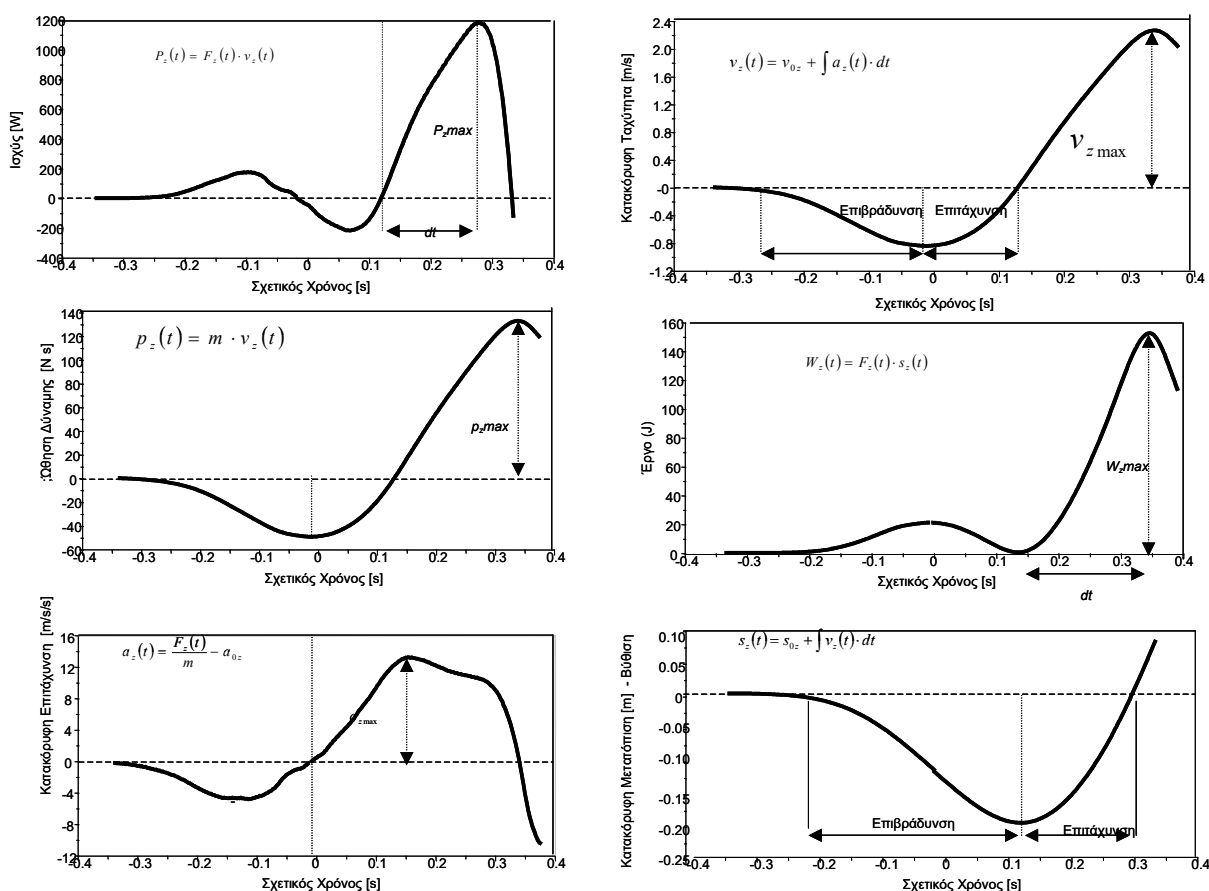
νται οι μαθητές κατά τις πρωινές ώρες από τις 07:30 έως 09:00. Το πρόγραμμα διάρκειας 30' (7:30 έως 8:00) περιλάμβανε τα στοιχεία εκγύμνασης, που φαίνονται στο παράρτημα (Πίνακας 1, Πίνακας 2 και Πίνακας 3).

Στατιστική Ανάλυση. Εφαρμόστηκε ANCOVA σε ανεξάρτητα δείγματα με συμμεταβλητή την αρχική μέτρηση, ενώ έγινε έλεγχος διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα σε επίπεδο σημαντικότητας στο 0.05.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των δύο ομάδων για τις περιόδους πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος δίνονται στον Πίνακα 1.

Παρατηρούνται σημαντικές διαφορές κυρίως μεταξύ της πειραματικής ομάδας (πριν και μετά) και συγκεκριμένα αύξηση της απόλυτης ισχύος και της σχετικής ισχύος ανά kg σωματικής μάζας, αντιστοίχως $p < 0.021$ και $p < 0.001$, αύξηση του απόλυτου έργου και του σχετικού έργου ανά kg σωματικής μάζας, αντιστοίχως $p < 0.029$ και $p < 0.000$. Επί-



Σχήμα 2. Απεικόνιση της απόλυτης μέγιστης ισχύος (3α) (επάνω αριστερά), της μεταβολής αυτής σε σχέση με το χρόνο (3β) και ανά kg σωματικής μάζας (3γ), της ώθησης δύναμης (4) (μέσο αριστερά), της επιτάχυνσης (5) (κάτω αριστερά), της ταχύτητας (6) (επάνω δεξιά), του απόλυτου έργου (7α) (μέσο δεξιά), της μεταβολής αυτού σε σχέση με το χρόνο (7β), και ανά kg σωματικής μάζας (7γ), όπως και της αρνητικής κατακόρυφης μετατόπισης (2β) (κάτω δεξιά).

Πίνακας 1. Μέσες τιμές τυπικές αποκλίσεις και διαφορές των μηχανικών μεγεθών της ΠΟ και της ΟΕ, πριν και μετά το πρόγραμμα εκγύμνασης.

	<i>Πειραματική Ομάδα (n=14)</i>		<i>Ομάδα ελέγχου (n=14)</i>		p-values
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	
1α Κατακόρυφη Δύναμη Εδαφικής Αντίδρασης (N)	803 ± 195	897 ± 214	877 ± 271	887 ± 294	ns
1β Μεταβολή Κατακόρυφης Δύναμης Εδαφικής Αντίδρασης (F/dt), (N/s)	3,40 x 10 ² ± 2,24 x 10 ²	3,56 x 10 ² ± 2,20 x 10 ²	3,26 x 10 ² ± 1,91 x 10 ²	3,55 x 10 ² ± 3,50 x 10 ²	ns
2α Κατακόρυφη Μετατόπιση (+ θετική) (cm)	26,1 ± 3,9	30,6±6,0	21,2±6,8	20,1±12,6	.000 no
2β Κατακόρυφη Μετατόπιση (- αρνητική) (cm)	26,9 ± 6,3	27,6 ± 5,0	23,7 ± 6,8	20,1 ± 12,6	.017 no
3α Απόλυτη Ισχύς (W)	1447 ± 425	1645 ± 454	1215 ± 434	1303 ± 494	.021 no
3β Μεταβολή Απόλυτης Ισχύος (P/dt), (W/s)	3,78 x 10 ² ± 1,49 x 10 ²	4,21 x 10 ² ± 1,82 x 10 ²	2,85 x 10 ² ± 1,60 x 10 ²	4,24 x 10 ² ± 3,67 x 10 ²	ns
3γ Απόλυτη Ισχύς / kg Σωμ. Μάζας, (W/kg)	22,95 ± 3,40	25,66 ± 3,76	18,4 ± 6,31	19,54 ± 7,14	.001 no
4 Ώθηση δύναμης (Ns)	154,6 ± 35,4	162,0 ± 37,1	147,3 ± 33,6	150,8 ± 36,2	ns
5 Επιτάχυνση (m/s ²)	12,9 ± 2,12	14,6 ± 2,78	13,4 ± 4,04	13,6 ± 5,36	ns
6 Ταχύτητα (m/s)	2,33 ± 0,53	2,61 ± 0,22	2,22 ± 0,32	2,22 ± 0,33	.015 no
7α Απόλυτο Έργο (J)	196,3 ± 57,9	217,7 ± 67,1	168,6 ± 54,6	173,6 ± 60,5	.029 no
7β Μεταβολή Έργου (W/dt), (J/s)	446,2 ± 162,7	473,1 ± 162,7	333,6 ± 137,4	421,4 ± 257,9	ns
7γ Απόλυτο Έργο /kg Σωμ. Μάζας, (J/kg)	3,12 ± 0,46	3,38 ± 0,54	2,52 ± 0,73	2,56 ± 0,75	.000 no

σης, σημαντικές διαφορές εμφανίζονται στην πειραματική ομάδα (πριν και μετά) με την αύξηση της αρχικής ταχύτητας ($p < 0.015$), καθώς και με την αύξηση των κατακόρυφων μετατοπίσεων τόσο σε θετική όσο και σε αρνητική διεύθυνση, αντιστοίχως $p < 0.000$ και $P < 0.017$.

Συζήτηση

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξεταστεί η επίδραση του προγράμματος εκγύμνασης σε νεαρούς αθλητές καλαθοσφαίρισης με βάση ορισμένα μηχανικά χαρακτηριστικά της αλτικής απόδοσης. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος εμφανίζουν διαφορές που αφορούν κυρίως την πειραματική ομάδα. Έτσι, παρατηρείται αύξηση της ισχύος (απόλυτης και σχετικής), του έργου (απόλυτου και σχετικού), της αρχικής ταχύτητας και της κατακόρυφης μετατόπισης σε αρνητική και θετική διεύθυνση.

Έχει αποδειχθεί πως σε μια κατακόρυφη αλτική προσπάθεια αντιθετικής κίνησης (τύπου CMJ) το μυοσκελετικό σύστημα λειτουργεί ως πρότυπο ελατηρίου. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα, μέσω της εφαρμοζόμενης εδαφικής δύναμης αντίδρασης να παραχθεί έργο και η ανάλογη ισχύς. Τα βασικά μεγέθη που εξηγούν την ισχύ των κάτω άκρων στην εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος φαίνεται να διαφοροποιούνται στην παρούσα μελέτη. Ειδικότερα, παρατηρείται σημαντική βελτίωση της ΠΟ και στασιμότητα της ΟΕ. Φαίνεται πως η εφαρμογή του προγράμματος εκγύμνασης επέφερε βελτίωση στην αρχική ταχύτητα μέσω της αύξησης της αρνητικής κατακόρυφης μετατόπισης με αποτέλεσμα, αν και η κατακόρυφη δύναμη εδαφικής αντίδρασης παρέμεινε η ίδια, εντούτοις τόσο το παραγόμενο έργο, όσο και η ισχύς των κάτω άκρων συνέβαλλαν στο πλεονέκτημα για αύξηση της θετικής κατακόρυφης μετατόπισης (δηλ. του άλματος) της ΠΟ που το εφάρμοσε.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την άποψη ότι η αλτική ικανότητα χαρακτηρίζει τα νεαρά άτομα που ειδικεύονται στις παιδιές όπως και στην καλαθοσφαίριση. Έχει εξεταστεί πως στην προσπάθεια της ειδικής κατάρτισης των νεαρών αθλητών-ποδοσφαιριστών (Dialo et al 2000), υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών της μυϊκής

Πίνακας 2. Βασική επιβάρυνση (ΒΕ) και επιπλέον της ΒΕ στις ασκήσεις ημικάθισμα (ΗΚ) και ανέβασμα σε έδρανο (Boxes), για κάθε εβδομάδα του 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} μεσόκυκλου του ειδικού προγράμματος εκγύμνασης.

Σωματικό βάρος (ΣΒ)	Βασική Επιβάρυνση (ΒΕ)		Επιπρόσθετη της ΒΕ					
	ΗΚ	ΕΔΡΑΝΟ	1 ^{ος} Μεσόκυκλος		2 ^{ος} Μεσόκυκλος		3 ^{ος} Μεσόκυκλος	
			ΗΚ	ΕΔΡΑΝΟ	ΗΚ	ΕΔΡΑΝΟ	ΗΚ	ΕΔΡΑΝΟ
40g	50% ΣΒ							
40-50 kg		45% ΣΒ						
50-60 kg	45% ΣΒ		ΒΕ +0 kg	ΒΕ +0 kg	ΒΕ +5 kg	ΒΕ +5 kg	ΒΕ +10 kg	ΒΕ +10 kg
60-70 kg		40% ΣΒ						
70-80 kg	40% ΣΒ							

δραστηριότητας των κάτω άκρων και της απόδοσης αυτών (Mero et al 1991). Το πρόγραμμα εκγύμνασης επέδρασε θετικά στα μηχανικά χαρακτηριστικά της αλτικής απόδοσης της ΠΟ βελτιώνοντας ορισμένα εξ' αυτών, κάτι που δεν συνέβη με την ΟΕ.

Η αλτική ικανότητα εξεταζόμενη μέσω της μηχανικής ισχύος (Challis 1998, Van Soest et al., 1985 Dowling & Vamos 1993, Bosco, C., Luhtanen P. & Komi P.V. 1981) φανερώνει την πραγματική κατάσταση των αξιολογούμενων. Επιβεβαιώνεται η άποψη ότι, η σχέση μεταξύ της μέγιστης ισχύος και της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας (Newton R., & W. Kraemer 1994) διαμορφώνει ένα σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης των αθλητών που στοχεύουν στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος, αλλά και στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμής τους Ball, R.K. (1989) Harman, E. (1991).

Με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ενισχύονται οι απόψεις μελετών που αναφέρονται στη σχέση μεταξύ της ανάπτυξης της μυϊκής δύναμης και της επίδρασης διαφόρων μεθόδων προπόνησης με στόχο τη βελτίωση της αλτικότητας (Blattner & Noble 1979, Brown, Mayhew & Boleach 1986). Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τη θετική επίδραση του προγράμματος εκγύμνασης στη βελτίωση του κατακόρυφου άλματος, δηλαδή της θετικής κατακόρυφης μετατόπισης του κέντρου μάζας του σώματος.

Επισημαίνεται και σε άλλες μελέτες ότι η δύναμη εφαρμογής για την εκτέλεση του άλματος πρέπει να εφαρμόζεται σε ελάχιστο χρόνο (έργο στη μονάδα του χρόνου) ώστε να αποτελεί σημαντικό παράγοντα υψηλής αλτικότητας (Brown 1984, Grey, Start, & Walsh 1962, Berger 1963, Verhoshanski 1969, Prins 1980, Hubley, C. L., & Wells R. P. 1983). Τα αποτελέσματα ενισχύουν την άποψη πως η αλτική ικανότητα ως μια σύνθετη κινητική δραστηριότητα απαιτεί αύξηση της ισχύος των κάτω άκρων (Bobbert, M. F. & Van Ingen Schenau, G.J. 1988). Με την πάροδο της χρονολογίας

κής ηλικίας βελτιώνεται και η αλτική ικανότητα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βελτίωσης παρατηρείται μέχρι την ηλικία των 13 χρονών για τα αγόρια και των 12 χρονών για τα κορίτσια. Σε νέους αθλητές, η μεγαλύτερη βελτίωση της αλτικότητας παρατηρείται με ειδικές αθλητικές-παιδαγωγικές παρεμβάσεις και στη χρονολογική ηλικία από 13-14 έως 15-16 χρονών (Volkov & Filin 1983).

Η ειδική προπόνηση για τη βελτίωση της αλτικής ικανότητας δεν πρέπει να έχει ως στόχο μόνο την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης αλλά και την ανάπτυξη της ισχύος και τον συντονισμό των επί μέρους μερών του σώματος (James J. et al. 1993, Klinzing, J. E. (1991). Παρά το γεγονός ότι, η δράση των κάτω άκρων των παιδιών ακολουθεί το ίδιο πρότυπο χρονικής διαδοχής των κινήσεων με τους ενήλικες (Jensen, et al., 1994), εντούτοις η αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας σ' αυτές τις ηλικίες επιβάλλεται να συνοδεύεται και από την ανάδειξη πρόσθετων μηχανικών χαρακτηριστικών που ανδεικνύονται από την καμπύλη του γραφήματος δύναμης-χρόνου. Αυτό επιβεβαιώνεται από την παρούσα μελέτη σε νεαρούς αθλητές της καλαθοσφαίρισης 13-15 ετών.

Συμπερασματικά, η μηχανική ισχύς των κάτω άκρων νεαρών ατόμων που ειδικεύονται στην καλαθοσφαίριση διαφοροποιείται υπό την επίδραση σχεδιασμένου προγράμματος εκγύμνασης με ειδικό στόχο τη βελτίωση της αλτικής ικανότητας, παράλληλα με την ανάπτυξη των τεχνικών δεξιοτήτων του αθλήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική βελτίωση της αλτικότητας, σε σύγκριση με άτομα της ίδιας νεαρής ηλικίας, τα οποία ακολουθούν το συμβατικό πρόγραμμα εκμάθησης των τεχνικών δεξιοτήτων της καλαθοσφαίρισης, χωρίς να δίνεται έμφαση στη βελτίωση ικανοτήτων που παίζουν σημαντικό ρόλο στην αλτική απόδοση, ουσιαστική συνισταμένη της γενικότερης απόδοσης.

Πίνακας Παραρτήματος 1. Πρόγραμμα εκγύμνασης 1^{ου} Μεσόκυκλου: Δείγμα ασκήσεων, αριθμός σειρών (ΑΣ), αριθμός επαναλήψεων (ΑΕ) και ένταση επί της μέγιστης ταχύτητας (Ε) του ειδικού προγράμματος διάρκειας εννέα (9) εβδομάδων.

1 ^{ος} Μεσόκυκλος (Εβδομάδες 1 ^η –2 ^η)				
	Ασκήσεις	ΑΣ	ΑΕ	E %
1 ^η συνεδρία	Ημικάθισμα	6	10	E (%)
	Leg Curl με συνασκούμενο	6	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	4	10	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	5	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	4x28m		
	Βήμα-άλμα με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
	Βήμα-άλμα με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
2 ^η συνεδρία	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		85%
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		80%
	Χαμηλά γόνατα (skipping)	2 X 14m		
	Ψηλά γόνατα (skipping)	2 X 14m		
	Πίσω πόδια - φτερνισμοί (Butt kicks)	2 X 14m		
	Χαμηλά γόνατα και ανά 3 βήματα το πόδι ψηλά	2 X 14m		
	Δρόμος ταχύτητας	6 X 14m		95% +
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Άλματα δεξι-αριστερό πόδι	4x28m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	6 x32m		85%
	3 ^η συνεδρία	Ημικάθισμα	6 x32m	10
Leg Curl με συνασκούμενο		6	10	
Προβολές εναλλάξ μπροστά		4	10	
Ακροστασίες κάθε πόδι χωριστά με το σωματικό βάρος		5	20	
Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)		5	10	
Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές		4x28m		
Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι		4x25m		
Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι		4x25m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		85%
1 ^{ος} Μεσόκυκλος (Εβδομάδα 3 ^η)				
1 ^η συνεδρία	Ημικάθισμα	5	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	5	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	3	10	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	4	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	2x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	2 x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
2 ^η συνεδρία	Διαγώνιες γηπέδου	6		85%
	Διαγώνιες γηπέδου	6		80%
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το κυρίαρχο πόδι	4x28m		
	Βήμα άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
3 ^η συνεδρία	Άλματα σε δεξι - αριστερό πόδι	4 x28m		
	Διαγώνιες γηπέδου	6		85%
	Ημικάθισμα	5	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	5	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	3	10	
	Ακροστασίες κάθε πόδι χωριστά με το σωματικό βάρος	3	15	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	4	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	2x25		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	2x25m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	2 x25m		
	Άλματα σε δεξι - αριστερό πόδι	4 x25m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	6		85%
	Σημείωση: Μήκος γηπέδου καλαθοσφαίρισης 28 m			

Πίνακας Παραρτήματος 2. Πρόγραμμα εκγύμνασης 2^{ου} Μεσόκυκλου: Δείγμα ασκήσεων, αριθμός σειρών (ΑΣ), αριθμός επαναλήψεων (ΑΕ) και ένταση επί της μέγιστης ταχύτητας (Ε) του ειδικού προγράμματος διάρκειας εννέα (9) εβδομάδων.

2^{ος} Μεσόκυκλος (Εβδομάδες 1^η –2^η)				
	Ασκήσεις	ΑΣ	ΑΕ	Ε %
1^η συνεδρία	Ημικάθισμα	6	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	6	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	4	10	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	5	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	4x28m		
	Βήμα-άλμα με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
	Βήμα-άλμα με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
2^η συνεδρία	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		85%
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		80%
	Χαμηλά γόνατα (skipping)	2 X 14m		
	Ψηλά γόνατα (skipping)	2 X 14m		
	Πίσω πόδια - φτερνισμοί (Butt kicks)	2 X 14m		
	Χαμηλά γόνατα και ανά 3 βήματα το πόδι ψηλά	2 X 14m		
	Δρόμος ταχύτητας	6 X 14m		95% +
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Άλματα δεξι-αριστερό πόδι	4x28m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	6 x32m		85%
3^η συνεδρία	Ημικάθισμα	6 x32m	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	6	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	4	10	
	Ακροστασίες κάθε πόδι χωριστά με το σωματικό βάρος	5	20	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	5	20	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	4x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	4x25m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4x25m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		85%
2^{ος} Μεσόκυκλος (Εβδομάδα 3^η)				
1^η συνεδρία	Ημικάθισμα	5	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	5	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	3	10	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	4	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	2x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	2 x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
2^η συνεδρία	Διαγώνιες γηπέδου	6		85%
	Διαγώνιες γηπέδου	6		80%
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το κυρίαρχο πόδι	4x28m		
	Βήμα άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
	Άλματα σε δεξι - αριστερό πόδι	4 x28m		
3^η συνεδρία	Διαγώνιες γηπέδου	6		85%
	Ημικάθισμα	5	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	5	10	
	Προβολές εναλλάξ μπροστά	3	10	
	Ακροστασίες κάθε πόδι χωριστά με το σωματικό βάρος	3	15	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	4	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	2x25		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	2x25m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	2 x25m		
3^η συνεδρία	Άλματα σε δεξι - αριστερό πόδι	4 x25m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	6		85%
Σημείωση: Μήκος γηπέδου καλαθοσφαίρισης 28 m				

Πίνακας Παραρτήματος 3. Πρόγραμμα εκγύμνασης 3^{ου} Μεσόκυκλου: Δείγμα ασκήσεων, αριθμός σειρών (ΑΣ), αριθμός επαναλήψεων (ΑΕ) και ένταση επί της μέγιστης ταχύτητας (Ε) του ειδικού προγράμματος διάρκειας εννέα (9) εβδομάδων.

3^{ος} Μεσόκυκλος (Εβδομάδες 1^η –2^η)				
	Ασκήσεις	ΑΣ	ΑΕ	Ε %
1^η συνεδρία	Ημικάθισμα	6	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	6	10	
	Προβολές εναλλάξ μηροστά	4	10	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	5	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	4x28m		
	Βήμα-άλμα με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
	Βήμα-άλμα με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
2^η συνεδρία	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		85%
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		80%
	Χαμηλά γόνατα (skipping)	2 X 14m		
	Ψηλά γόνατα (skipping)	2 X 14m		
	Πίσω πόδια - φτερνισμοί (Butt kicks)	2 X 14m		
	Χαμηλά γόνατα και ανά 3 βήματα το πόδι ψηλά	2 X 14m		
	Δρόμος ταχύτητας	6 X 14m		95% +
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Άλματα δεξι-αριστερό πόδι	4x28m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	6 x32m		85%
3^η συνεδρία	Ημικάθισμα	6 x32m	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	6	10	
	Προβολές εναλλάξ μηροστά	4	10	
	Ακροστασίες κάθε πόδι χωριστά με το σωματικό βάρος	5	20	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	5	20	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	4x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	4x25m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4x25m		
3^{ος} Μεσόκυκλος (Εβδομάδα 3^η)	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	10		85%
	Ημικάθισμα	5	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	5	10	
	Προβολές εναλλάξ μηροστά	3	10	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	4	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	2x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	2 x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
	Διαγώνιες γηπέδου	6		85%
	Διαγώνιες γηπέδου	6		80%
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	6x28m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το κυρίαρχο πόδι	4x28m		
	Βήμα άλμα ύψους με 3 διασκελισμούς με το μη κυρίαρχο πόδι	4 x28m		
	Άλματα σε δεξι - αριστερό πόδι	4 x28m		
	Διαγώνιες γηπέδου	6		85%
3^η συνεδρία	Ημικάθισμα	5	10	
	Leg Curl με συνασκούμενο	5	10	
	Προβολές εναλλάξ μηροστά	3	10	
	Ακροστασίες κάθε πόδι χωριστά με το σωματικό βάρος	3	15	
	Ανέβασμα κάθε πόδι χωριστά σε έδρανο (Boxes)	4	10	
	Αναπηδήσεις μονοποδικές,προχωρητικές	2x25		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το κυρίαρχο πόδι	2x25m		
	Βήμα - άλμα ύψους με 1 διασκελισμό με το μη κυρίαρχο πόδι	2 x25m		
3^η συνεδρία	Άλματα σε δεξι - αριστερό πόδι	4 x25m		
	Διαγώνιο τρέξιμο γηπέδου	6		85%
Σημείωση: Μήκος γηπέδου καλαθοσφαίρισης 28 m				

Βιβλιογραφία

- RICE, T., I.B. BORECKI, C. BOUCHARD, and D.C. RAO. Segregation of fat mass, measured using underwater weighing, and other body composition measures. *Am. J. Hum. Genet.* 52:967-973, 1993.
- ARAGON-VARGAS, and L.F. GROSS, M. M. Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals. *J. of Ap. Biomechanics* 13, 24-44, 1997.
- ASLEY, C. D. and WEISS, L.W. Vertical Jump Performance and Selected Physiological Characteristics of Women. *J. of St. and Con. Res.* 8, (1), 5-11, 1994.
- BALL, R.K. The basketball Jump Shot: a Kinesiology Analysis with Recommendations for Strength and Conditioning Programs. *N.S.C.A. Journal.*, 11, 5, 4-12, 1989.
- BOBBERT, M. F. and VAN INGEN SCHENAU, G.J. Co-ordination in vertical jumping. *J. of Biomechanics.* 21, 249-262, 1988.
- BLATTNER, S., and NOBLE, L. Relative effects of isokinetic and plyometric training on vertical jumping performance. *Res. Quar.*, Vol. 50, No 4, 583-588, 1979.
- BOSCO, C., LUHTANEN, P. and KOMI P.V. A simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur. J. Appl. Phys.* 50, 273-282, 1981.
- BROWN, M. E., MAYHEW, J. L., and BOLEACH, L. W. Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 26(1), 1-4, 1986.
- CHALLIS, J.H. An investigation of the influence of bi-lateral deficit on human jumping. *Hum. Mov. Sci.* 17: 307-325, 1988.
- DER GRAAF, J. B., BOBBERT, M. F., TETTEROO, W. E., and VAN INGEN SCHENAU, G. J. Mechanical output about the ankle in counter movement jumps and jumps with extended knee. *Hum. Mov. Sci.* 6, 333-347, 1987.
- DIALO, O., DORE, E., and VAN PRAAGH, E. Effects of jump training and detraining on athletic performance in prepubescent boys. *Med. and Sci. in Sp. and Exe.*, 32(5), abstract 1365, 2000.
- DOWLING, J., and L. VAMOS. Identification of Kinetics and Temporal Factors Related to Vertical Jump Performance. *J. of Ap. Biomec.* 9, 95-110, 1993.
- HARMAN, E. Estimation of human power output from vertical jump. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5:116-120, 1991.
- HUBLEY, C. L., and WELLS, R. P. A work energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50, 247-254, 1983.
- KLINZING, J. E. Basketball: Training for improved jumping ability of basketball players. *Nat. Str. and Con. As. J.*, 13, 3, 27-32, 1991.
- MERO, A., JAAKKOLA, L., and KOMI, P. V. Relationships between muscle fibre characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. *J. of Sp. Sci.*, 9, 161-171, 1991.
- NEWTON, R., & W. KRAEMER. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond.* 6:36-41, 1994.
- PANDY, M.G., and F.E. ZAIAC. Optimal muscular coordination strategies for jumping. *J. of Biomec.* 24: 1-10, 1991.
- VAN SOEST, A. J., ROEBROECK, and M. E., BOBBERT, M. F., HUIJING, P. A., and VAN INGEN Schenau, G. J. A comparison of one-legged and two-legged countermovement jumps. *Med. Sci. Sports Exercise*, 17, 6, 635-639, 1985.
- VILLARREAL Ed., E. KELLIS, W. KRAEMER, and M. IQUIERDO. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *J. of Strength and Cond. Res.*, 23(2)/495-506, 2009.
- VOLKOV, V.M., and V. P. FILIN. Αθλητική Επιλογή, Fisitseska Kultura i Sport Moscow, 1983.

Ευχαριστίες

Ο συγγραφέας ευχαριστεί τον Διευθυντή του Εργαστηρίου της Αθλητικής Βιομηχανικής του Τομέα Αθλητιατρικής και Βιολογίας της Άσκησης της ΣΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Αθηνών Καθηγητή Κ. Μπουρντόλο καθώς και τους συνεργάτες του για τη διάθεση του εξοπλισμού και τη συμβολή τους στην εκπόνηση της μελέτης.

Επίσης ευχαριστεί τον Δημήτρη Δαμασκηνό, προπονητή Κλασικού Αθλητισμού, για την συμβολή του στη σύνταξη του προγράμματος εκγύμνασης καθώς και στην εφαρμογή του.

Abstract

Effect of different training programs on lower limbs' power in young basketball players

BOLATOGLOU T.

Section of Sport Games, School of Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens

The aim of the present study was to examine the effect of different training programs on muscle power of the lower limbs in young basketball players. For this purpose, twenty-eight high school level basketball players volunteered to participate in this study. The participants were assigned in two groups of fourteen: (a) experimental (EG) and (b) control (CG). The E group followed a nine weeks period specialized training program in advance to the official school training program, while the C group followed the official basketball-training program based on the "Orders of Athletic Facilitation School" and for the same period. At the beginning and the end of the training program, all subjects performed counter movement jumps on an electronic force plate (Kistler, 1999). For jumping analysis BioWare software was conducted. After the training period, the mechanical power of the lower limbs ($p = .021$), the power per body mass ($p = .001$), the vertical movement ($p = .002$), the vertical speed ($p = .000$), the Leg power output ($p = .028$), the power output per body mass ($p = .000$), the vertical jump ($p = .019$), as well as the minimal dip lowering of body mass gravity ($p = .019$) of the E group were significantly increased compared to C group. Conclusively, the lower limb's mechanical power performance was significantly improved compared to C group and was considerably affected by the specialized nine-week training program, in the specific period.

Key words: YOUNG ATHLETES, BASKETBALL, JUMPING ABILITY, PERFORMANCE

Main references

- ARAGON-VARGAS, and L.F. GROSS, M. M. Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals. *J Applied Biomech* 13, 24-44, 1997.
- BOSCO, C., LUHTANEN, P. and KOMI P.V. A simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur J Appl Physiol* 50, 273-
- DIALO, O., DORE, E., and VAN PRAAGH, E. Effects of jump training and detraining on athletic performance in prepubescent boys. *Med and Sci Sport Exe* 32(5), abstract 1365, 2000.
- MERO, A., JAAKKOLA, L., and KOMI, P. V. Relationships between muscle fibre characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. *J Sport Sci* 9, 161-171, 1991.
- VILLARREAL Ed., E. KELLIS, W. KRAEMER, and M. IQUIERDO. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis, *J Strength and Cond Res* 23(2)/495-506, 2009.

Correspondance with author

Bolatoglou Theodoros, e-mail: tbolat@phed.uoa.gr

Η επίδραση των δυνάμεων αντίστασης στην κολύμβηση

Δήμητρα Ναυπακτίτου και Θεόδωρος Πλατάνου

Τομέας Υγρού Στίβου, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΝΑΥΠΑΚΤΙΤΟΥ Δ και ΠΛΑΤΑΝΟΥ Θ. Η επίδραση των δυνάμεων αντίστασης στην κολύμβηση. *Κινησιολογία*, Εαρινή Περίοδος 2016, Τόμος 6, Τεύχος 1, Σελ. 48-59. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η ανασκόπηση των ερευνών, σχετικές με τις ασκούμενες στους κολυμβητές δυνάμεις αντίστασης, με σύγχρονη καταγραφή των μεθόδων μέτρησης της αντίστασης, καθώς και η επισήμανση των τρόπων με τους οποίους μπορούν οι δυνάμεις αυτές να μειωθούν, ούτως ώστε να προκύψουν στοιχεία ικανά να παίξουν σημαντικό ρόλο τόσο στην εκπόνηση πιο αποτελεσματικών προπονητικών προγραμμάτων όσο και στην απόδοση του κολυμβητή. Η δύναμη αντίστασης ή υδροδυναμική αντίσταση ή οπισθέλκουσα δύναμη φαίνεται ότι είναι ο πιο προσδιοριστικός παράγοντας της απόδοσης στην κολύμβηση. Συμπεριλαμβάνει την αντίσταση τριβής, σχήματος, κυματισμού, ώθησης και παρεμβατική αντίσταση, διακρίνεται δε σε ενεργητική αντίσταση, η οποία είναι στενά συνδεδεμένη με τις αλλαγές της θέσης του σώματος του κολυμβητή και σε παθητική αντίσταση, η οποία ασκούμενη κατά τη φάση του γλιστρήματος φαίνεται να αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της. Δεδομένου ότι στην κολύμβηση υψηλού επιπέδου οι δυνατότητες για βελτίωση της επίδοσης είναι σχετικά περιορισμένες, προπονητές και αθλητές επιζητούν συνέχεια αποτελεσματικότερες μεθόδους προς την κατεύθυνση αυτή, στοχεύοντας στην ανάπτυξη της ταχύτητας χωρίς περαιτέρω αύξηση της μεταβολικής ενέργειας του κολυμβητή μειώνοντας τη δύναμη αντίστασης. Έτσι, οι κολυμβητές θα πρέπει αφενός να στοχεύουν στην ευθυγράμμιση του σώματος, ούτως ώστε να μικραίνει η διαφορά ανάμεσα στα επίπεδα επιδόσεων και αφετέρου να αναπτύσσουν καινούργιες τεχνικές, που να επιτρέπουν τη μείωση της δύναμης αντίστασης με ταυτόχρονη βελτίωση της απόδοσης.

Λέξεις κλειδιά: ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ, ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ, ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΡΙΒΗΣ, ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΙΕΣΗΣ, ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στην κολύμβηση προπονητές και κολυμβητές τείνουν να εστιάζουν την περισσότερη προσοχή τους στη μηχανική της χεριάς για μια αποτελεσματική προωθητική δύναμη, αμελώντας τις δυνάμεις αντίστασης, οι οποίες αποτελούν τροχοπέδη στην απόδοσή τους. Οι κολυμβητές μειώνοντας την αντίσταση του νερού, μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση τους σημαντικά. Για να αυξηθεί η δύναμη της χεριάς και επομένως η προωθητική δύναμη, χρειάζεται να βελτιωθεί η μηχανική της κίνησης του κολυμβητή. Αυτή η πορεία ενεργειών μπορεί να διαρκέσει μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα, οι δυνάμεις αντίστασης μπορούν να μειωθούν σε μερικά λεπτά τοποθετώντας το σώμα διαφορετικά. Εντούτοις, παρά τη σημασία των δυνάμεων αντίστασης στην απόδοση των κολυμβητών, αυτό το θέμα δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Ενώ υπάρχουν παλαιότερες βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις σχετικές με τη μηχανική της κολύμβησης που αναφέρονται στην ανάλυση της μηχανικής της προώθησης (Toussaint & Beek, 1992, Toussaint & Hollander, 1994, Troup, 1999, Toussaint et al., 2000) αλλά και πιο πρόσφατες (Toussaint & Truijens, 2005), δεν υπάρχει αντίστοιχα μία ανασκόπηση των ερευνών που αναφέρονται στις δυνάμεις αντίστασης της κολύμβησης. Σκοπός αυτής της μελέτης, προκειμένου να καλυφθεί αυτό το κενό, είναι η ανασκόπηση των ερευνών, σχετικές με τις ασκούμενες στους κολυμβητές δυνάμεις αντίστασης, με σύγχρονη καταγραφή των μεθόδων μέτρησης της αντίστασης, κα-

θώς και η επισήμανση των τρόπων με τους οποίους μπορούν οι δυνάμεις αυτές να μειωθούν, ούτως ώστε να προκύψουν στοιχεία ικανά να παίξουν σημαντικό ρόλο τόσο στην εκπόνηση πιο αποτελεσματικών προπονητικών προγραμμάτων όσο και στην απόδοση του κολυμβητή.

Παθητική και ενεργητική αντίσταση

Για την κατανόηση των τρόπων με τους οποίους οι δυνάμεις αντίστασης μπορούν να μειωθούν, αρχικά χρειάζεται η γνώση των χαρακτηριστικών της ροής του νερού. Σύμφωνα με τους Chatard et al. (1990) η κολυμβητική απόδοση καθορίζεται από το συνδυασμό της προωθητικής δύναμης, της οπισθέλκουσας δύναμης (αντίστασης) και της δεξιότητας. Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η μεν προωθητική δύναμη επηρεάζεται από τη μέγιστη ενέργεια (αερόβια και αναερόβια), η δε οπισθέλκουσα δύναμη είναι το αποτέλεσμα δυνάμεων αντίστασης, οι οποίες περιλαμβάνουν τις δυνάμεις αντίστασης σχήματος, τριβής και κυματισμού. Σχετικά με τη δεξιότητα, αυτή τείνει αφενός να αυξάνει την αποτελεσματικότητα των κολυμβητικών κινήσεων βελτιστοποιώντας τις προωθητικές δυνάμεις και αφετέρου να μειώνει τις δυνάμεις αντίστασης του νερού διατηρώντας το σώμα σε καλά ευθυγραμμισμένη θέση κατά τη φάση του γλιστρήματος.

Επιπλέον, οι Toussaint & Beek (1992) υποστηρίζουν ότι η προώθηση στην κολύμβηση στηρίζεται και στο 2^ο νόμο του Νεύτωνα, ο οποίος σύμφωνα με τον Young (1992) δηλώνει ότι για να μεταβληθεί η κινητική κατάσταση ενός σώματος πρέπει να ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις συνισταμένης ΣF ίσης με το γινόμενο της μάζας του σώματος επί την επιτάχυνσή του:

Επικοινωνία με συγγραφείς

Δήμητρα Ναυπακτίτου, e-mail: nafpaktid@phed.uoa.gr

$$\Sigma F = m \cdot a$$

Η κίνηση μέσα στο νερό απαιτεί κάποια ενεργειακή δαπάνη, σημαντικό μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για να αντισταθμιστεί η δύναμη αντίστασης του νερού, που ασκείται στον κολυμβητή και η οποία έχει φορά αντίθετη με τη φορά της κίνησής του. Η αντίσταση αυτή οφείλεται στο ιξώδες του νερού και, στις μεγάλες ταχύτητες, στους στροβιλισμούς που δημιουργούνται στο πίσω μέρος του σώματος του κολυμβητή (Toussaint et al. 2000), ισούται δε με: $F=1/2 C_{αντ} \rho v^2 A$, όπου F είναι η δύναμη αντίστασης, ρ η πυκνότητα του νερού, v η ταχύτητα του κολυμβητή, $C_{αντ}$ ο συντελεστής αντίστασης, ο οποίος εξαρτάται από το σχήμα του σώματος και κυρίως από το σχήμα του πίσω μέρους του, και A το εμβαδόν της επιφάνειας του σώματος που προβάλλει ο κολυμβητής έναντι του νερού, η οποία καλείται μετωπική επιφάνεια.

Αυτή η δύναμη αντίστασης του νερού που παρατηρείται, διακρίνεται σε παθητική και ενεργητική αντίσταση. Η αντίσταση που ασκείται στον κολυμβητή κατά τη διάρκεια του γλιστρήματος μετά τις στροφές και τις εκκινήσεις, καθώς επίσης και σε συγκεκριμένες φάσεις του προσθίου και της πεταλούδας λέγεται παθητική. Είναι δηλαδή η δύναμη που ασκείται, όταν ο κολυμβητής κινείται παθητικά μέσα στο νερό με καλά ευθυγραμμισμένο το σώμα του. Για τη μέτρησή της χρησιμοποιείται η μέθοδος της ρυμούλκησης του κολυμβητή με σταθερή ταχύτητα και καλά ευθυγραμμισμένο σώμα (Wilson & Thorp, 2002). Η παθητική αντίσταση αν και σχετίζεται με την ικανότητα γλιστρήματος παρά με την κολύμβηση (Chatard et al., 1990a, 1990b), έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας σημαντικός δείκτης αξιολόγησης της κολυμβητικής ικανότητας, αφού όπως έχει φανεί από τις τελευταίες παρατηρήσεις, η φάση του γλιστρήματος αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της κολυμβητικής απόδοσης (d' Acquistro et al., 1988).

Η ενεργητική αντίσταση είναι η επιπρόσθετη αντίσταση που προκαλούν οι κινήσεις του κολυμβητή, καθώς το σώμα του δε μένει σε μια σταθερή πρηνή θέση όταν κολυμπά, αφού χρειάζεται να κάνει κινήσεις, για να παράγει προωθητικές δυνάμεις. Η ενεργητική αντίσταση λοιπόν ασκείται στον κολυμβητή κατά τη διάρκεια των κολυμβητικών κινήσεων (Toussaint et al., 2004) και επηρεάζεται τόσο από τις αλλαγές του σχήματος του σώματος όσο και από τις κινήσεις των μελών του (Clarys, 1979), φαίνεται δε ότι σχετίζεται με την τεχνική και τη σωματική διάπλαση του κολυμβητή (Kolmogorov & Duplisheva, 1992). Η έρευνα των Kolmogorov et al., (1997) έδειξε ότι οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου μπορούσαν να μειώσουν την ενεργητική αντίσταση περισσότερο από ότι οι κολυμβητές χαμηλότερου επιπέδου λόγω της καλύτερης τεχνικής τους. Αντιλαμβάνεται κανείς ότι η γρήγορη κολύμβηση εξαρτάται από την ικανότητα του κολυμβητή να μειώσει την αντίσταση του νερού ούτως ώστε οι προωθητικές δυνάμεις να είναι πιο αποτελεσματικές. Η κατάλληλη τεχνική δημιουργεί μικρότερες δυνάμεις αντίστασης και συνεπώς μείωση της μεταβολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην επιτάχυνση του

νερού, η οποία είναι αποτέλεσμα του σπρωξίματος και οδηγεί στην προώθηση των κολυμβητών (Barbosa et al., 2008).

Όσον αφορά την επίδραση της δύναμης αντίστασης στην κολυμβητική προώθηση, οι Mason et al. σε μία πρόσφατη μελέτη τους (2009b), αναφέρουν ότι, όταν η μέση μέγιστη προωθητική δύναμη που παράγει ο κολυμβητής βρεθεί σε ισορροπία με τη δύναμη αντίστασης του νερού, τότε η επιτάχυνση είναι μηδενική και ο κολυμβητής φτάνει στη μέση μέγιστη ταχύτητά του. Σε αυτή δε τη φάση, το μέγεθος της προωθητικής δύναμης ισούται με αυτό της δύναμης αντίστασης. Επομένως, γνωρίζοντας το μέγεθος της δύναμης αντίστασης μπορεί να εκτιμηθεί η μέση προωθητική δύναμη. Οι ερευνητές στην πιο πάνω μελέτη, ρυμούλκωντας τον κολυμβητή σε καλά ευθυγραμμισμένη θέση, μέτρησαν την παθητική αντίσταση σε διαφορετικές ταχύτητες. Εντόπισαν λοιπόν ότι το μέγεθος της παθητικής αντίστασης έχει υψηλή συσχέτιση με αυτό της ενεργητικής στη μέγιστη ταχύτητα του κολυμβητή.

Μέσα από τη μελέτη της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι, η υδροδυναμική αντίσταση, η αντίσταση δηλαδή που ασκείται στον κολυμβητή, απασχολεί από το 1905 προπονητές και επιστήμονες, οι οποίοι επιχειρούν την ποσοτικοποίησή της χρησιμοποιώντας διάφορες προσεγγίσεις όπως είναι η μέθοδος της ρυμούλκησης των κολυμβητών (Amar, 1920, Karpovich, 1933, Clarys, 1979), η μέθοδος αναγωγής της κατανάλωσης οξυγόνου (di Prampero et al., 1974, Rennie et al., 1975), η άμεση πειραματική προσέγγιση η οποία χρησιμοποιεί το σύστημα Measurement of Active Drag (MAD) (Hollander et al., 1986, Van der Vaart et al., 1987, Toussaint et al., 1988), η έμμεση πειραματική προσέγγιση η οποία χρησιμοποιεί είτε τη Velocity Perturbation Method (VPM) (Kolmogorov & Duplishcheva, 1992, Toussaint et al., 2004, Kjendlie et al., 2008, Marinho et al., 2010) είτε την Assisted Towing Method (ATM) (Xin-Feng et al., 2007, Mason et al., 2010, Formosa et al., 2011), η κινηματική ανάλυση (Schleithauf et al., 1983, Payton & Bartlett, 1995, Berger et al., 1999), και η μέθοδος αριθμητικής προσομοίωσης όπως είναι η Computational Fluid Dynamics (CFD) τεχνική (Bixler & Riewald, 2002, Lyttle & Keys, 2006, Rouboa et al., 2006, Bixler et al., 2007, Loebbecke et al., 2009, Marinho et al., 2009).

Από τα ευρήματα των σχετικών μελετών φαίνεται ότι, οι ερευνητές που χρησιμοποίησαν έμμεση μέθοδο μέτρησης ενεργητικής αντίστασης ανέφεραν τιμές 2-3 φορές μεγαλύτερες από αυτές της παθητικής αντίστασης (di Prampero et al., 1974, Holmér, 1974, Rennie et al., 1975, Pendergast et al., 1977, Clarys, 1979), και θεωρήθηκαν υπερεκτιμημένες από τους ερευνητές που χρησιμοποίησαν την άμεση μέθοδο (MAD), οι οποίοι βρήκαν τιμές αφενός πλησιέστερες σε αυτές της παθητικής αντίστασης (Hollander et al., 1986, Van der Vaart et al., 1987) και αφετέρου σύμφωνες με τα ευρήματα της κινηματικής ανάλυσης (Schleithauf et al., 1983). Στο σημείο αυτό δεν θα πρέπει να παραβλεφθεί το γεγονός ότι στη μέτρηση της παθητικής αντίστασης δεν υπάρχουν οι αντιστάσεις που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της κολύμβησης από τις κινήσεις του κολυμβητή καθώς και από την αύξηση της μετωπικής επιφάνειας, η οποία συμβαίνει λόγω των αλ-

λαγών των θέσεων του σώματος προσδίδοντάς του τελικά μια λιγότερο υδροδυναμική θέση (Chatard et al., 1990b, Zamparo et al., 2009). Άλλοι ερευνητές ανέφεραν τιμές ενεργητικής αντίστασης ίδιες ή μικρότερες από αυτές της παθητικής αντίστασης (Kolmogorov & Duplisheva, 1992, Toussaint et al., 1988), γεγονός που θα μπορούσε να αποδοθεί στην ανύψωση του σώματος πιο κοντά στην επιφάνεια του νερού, λόγω των κινήσεων χεριών και ποδιών, και επομένως μικρότερης μετωπικής επιφάνειας (Zamparo et al., 2009). Σύμφωνα με τους Toussaint & Hollander (1994), η μέτρηση της ενεργητικής αντίστασης κατά τη διάρκεια της κολύμβησης δίνει τις πιο αξιόπιστες τιμές για την συνολική αντίσταση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υδροδυναμική αντίσταση εξαρτάται άμεσα από την τεχνική (Termin & Pendergast, 2001, Pendergast et al., 2005) και από το στυλ κολύμβησης (Loebbecke et al., 2009). Έχουν αναφερθεί τιμές για την ενεργητική αντίσταση στο ελεύθερο από 42 έως 167N, ανάλογα με την τεχνική που υιοθετείται (Kolmogorov & Duplisheva, 1992) ενώ έχει καταγραφεί τιμή πολύ υψηλότερη (348N) στο πρόσθιο (Van Tilborgh et al., 1987).

Η υδροδυναμική αντίσταση επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες, όπως η ταχύτητα, το σχήμα και το μέγεθος του κολυμβητή, το σχήμα και το μέγεθος της επιφάνειας του σώματος που προβάλλει ο κολυμβητής έναντι του νερού, καθώς και από το οριακό στρώμα νερού, το οποίο είναι η ποσότητα νερού που κινείται μαζί με τον κολυμβητή. Οι δυνάμεις αντίστασης συμπεριλαμβάνουν την αντίσταση τριβής, σχήματος, κυματισμού (Sacilotto et al., 2014), ώθησης και παρεμβατική αντίσταση (Maglischo 2003).

Αντίσταση τριβής

Ο Maglischo (2003) αναφέρει ότι κατά τη διάρκεια της κολύμβησης, το στρώμα νερού που έρχεται σε άμεση επαφή με την επιδερμίδα του κολυμβητή προσκολλάται σε αυτή με δυνάμεις συνάφειας και κινείται με την ίδια ταχύτητα που έχει ο κολυμβητής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το απαιτούμενο για τον κολυμβητή έργο επιτάχυνσης, λόγω της πρόσθετης συνολικής μάζας νερού που κινείται μαζί του. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα νερού που παρασύρει ο κολυμβητής, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση τριβής. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα, αυτό το στρώμα νερού-που λέγεται οριακό στρώμα- αφαιρείται από το σώμα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, αφού τα μόρια νερού που κινούνται μαζί με το σώμα συγκρούονται με άλλα μόρια που βρίσκονται ακριβώς μπροστά τους. Τα μόρια που εκτοπίζονται από το στρώμα αυτό αναπηδούν τυχαία στις πορείες άλλων παρακείμενων ρευμάτων νερού, δημιουργώντας ένα φαινόμενο στροβίλων που ολοένα πλαταίνει. Όταν οι στροβίλοι αυξηθούν αρκετά, το στρώμα αποκολλάται και γύρω από τον κολυμβητή τα μόρια νερού στροβιλίζονται με έντονο και τυχαίο τρόπο. Στη φάση αυτή, ο καθαρός αριθμός Reynolds (Miller, 1975), ο οποίος στη μηχανική ρευστών είναι ένα κριτήριο εάν η ροή γύρω από ένα σώμα είναι σταθερή και γραμμική ή εάν είναι στροβιλώ-

δης, μεγαλώνει, γεγονός που φανερώνει ότι μικραίνει η συμμετοχή της αντίστασης τριβής στη συνολική ενεργητική αντίσταση και μεγαλώνει η συμμετοχή της αντίστασης σχήματος (αναφέρεται παρακάτω). Ο αριθμός Reynolds @ ισούται με $R = V \cdot L \cdot \rho / \mu$, όπου V είναι η ταχύτητα του κολυμβητή, L είναι το ανάστημα του κολυμβητή, ρ είναι η πυκνότητα του νερού και μ είναι το ιξώδες του νερού. Η τιμή του αριθμού Reynolds για ένα υδροδυναμικό σώμα πλήρως ευθυγραμμισμένο με τις ρευματικές γραμμές είναι μικρή, αλλά για τους κολυμβητές είναι σημαντικά μεγαλύτερη, της τάξης του 10^6 ($2,88 \cdot 10^6$) (Wilson & Thorp, 2002), αφού το ανθρώπινο σώμα δεν έχει υδροδυναμικό σχήμα. Οι Toussaint & Truijens (2005) έχουν βρει ότι η τιμή R σε κολυμβητές αγωνιστικού επιπέδου είναι ακόμη μεγαλύτερη ($4,5 \cdot 10^6$).

Η αντίσταση τριβής επηρεάζεται από το μέγεθος της επιφάνειας του σώματος του κολυμβητή (Lyttle et al., 1998) και καθορίζεται από το πηλίκο: ύψος²/εμβαδόν σώματος, το οποίο ισούται σύμφωνα με τον Clarys (1976) με: $0,0112 \text{ Βάρος} + 0,0051 \text{ ύψος} - 0,0718$ ενώ σύμφωνα με τον Mosteller (1987) με: $[\text{ύψος(εκ)} \cdot \text{Βάρος(kg)} / 3600]^{1/2}$. Η αντίσταση τριβής είναι ανάλογη με την ταχύτητα του κολυμβητή και εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του σώματος του κολυμβητή (Wilson & Thorp, 2002). Για αυτό οι Rushall et al. (1994) θεωρούν ότι τα latex σκουφάκια, τα οποία λειαίνουν την επιφάνεια του κεφαλιού προσδίδοντάς του ταυτόχρονα ένα υδροδυναμικό σχήμα, καθώς και η αποτρίχωση του δέρματος μειώνουν την αντίσταση τριβής (Sharp & Costill, 1989) γιατί ελαττώνεται η τραχύτητα του σώματος, με αποτέλεσμα τα μόρια του οριακού στρώματος που κινούνται μαζί με τον κολυμβητή να είναι λιγότερα και συνεπώς να δημιουργούνται λιγότεροι στροβιλισμοί κατά την αποκόλληση του οριακού στρώματος. Επίσης, υποστηρίζεται ότι τα μαγιώ από ύφασμα μειωμένης τριβής συνεισφέρουν σε μια καλύτερη επίδοση.

Σύμφωνα με τους Toussaint et al., (2002) και Polidori et al., (2006) η αντίσταση τριβής στην επιφάνεια του νερού αντιπροσωπεύει μέχρι το 5% της συνολικής υδροδυναμικής αντίστασης με τιμή περίπου 54N για ταχύτητα $2\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$, ενώ στην έρευνα των Pendergast et al., (2005) τα ποσοστά συμμετοχής ήταν 25, 23% για ταχύτητες 2,0 και $2,2\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ αντίστοιχα. Σχετικά με την αντίσταση τριβής κάτω από την επιφάνεια του νερού, οι Bixler et al., (2007) βρήκαν ότι με μηδέν τραχύτητα επιδερμίδας η αντίσταση τριβής αντιστοιχεί στο 25% περίπου της συνολικής υδροδυναμικής αντίστασης για ταχύτητα $2,25\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ σε βάθος 0,75μ, όπου η αντίσταση κυματισμού είναι αμελητέα και υποστηρίζουν ότι θα είναι μεγαλύτερη στους κολυμβητές, καθώς παρουσιάζουν κάποια τραχύτητα επιδερμίδας. Τέλος, στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι, όταν ο κολυμβητής κολυμπά στην επιφάνεια του νερού η αντίσταση τριβής μειώνεται, αφού μειώνεται η βρεγμένη επιφάνεια, δημιουργείται όμως η αντίσταση κυματισμού.

Σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας του νερού, ο Polidori et al., (2006) βρήκαν μείωση της αντίστασης τριβής 0,4N περίπου, όταν η θερμοκρασία νερού πισίνας αυξήθηκε από 20°C σε 30°C.

Πίνακας 1. Έρευνες σχετικές με τις τιμές της ενεργητικής και παθητικής αντίστασης. Ε.Α.: Ενεργητική Αντίσταση, Π.Α.: Παθητική Αντίσταση, V: Velocity.

Συγγραφείς	V	Επίπεδο	Ε.Α.	Τεχνική	V	Π.Α.	V
Kolmogorov & Duplishcheva 1992	40 Γ	Υψ	E : 53,17±11,7	VPM	1,6	43,2±7,4	1,4
			Y : 44,5±8,5	»			
			ΠΡ : 68,2±15,8	»			
			ΠΕ : 53,3±12,6	»			
	49 Α	Υψ	E : 82,8±35,9	»	1,8	67,1±14,8	1,6
			Y : 77,6±32,4	»	1,6		
			ΠΡ : 88,8±36,3	»	1,4		
			ΠΕ : 96,6±29,3	»	1,7		
			E : 53,2	»	1,43		
Toussaint et al., 2004	6 M	Υψ	E : 53,2	»	1,43		
	13 Α	ΠΚ	E : 106,1±67,7	»	1,79		
Kjendlie et al., 2008	9 α		E : 28,5±8,8	»	1,4		
Marinho et al., 2010 8 εβδομάδες μετά	8 κ	K	E : 29,18±15,24	»	1,23		
			E : 27,5±10,36	»	1,25		
	12 α	K	E : 38,30±17,49	»	1,36		
	8 εβδομάδες μετά		E : 36,35±13,12	»	1,39		
Hollander et al., 1986	1 Α	Υψ	E : 66,3	MAD	1,55		
Van der Vaart et al., 1987	12 Α	ΠΚ	E : 53,2±5,9	»	1,48		
Toussaint et al., 1988	9 Γ	ΠΚ	E : 20,4±1,9	»	1,0		
	32πλ	Υψ	E : 28,9±5,1	»	1,0		
Toussaint et al., 1988	4 Α	Υψ	E : 42,67	»	1,18		
			E : 49,48	»	1,29		
Toussaint et al., 1990 2,5 χρόνια μετά	13π	K	E : 30,1±2,37	»	1,25		
			E : 30,8±4,5	»	»		
Toussaint et al., 2002	8 M	Υψ	E : 98,3	»	1,9		
Toussaint et al., 2004	6 M	Υψ	E : 66,9	»	1,43		
Schleihauf et al., 1983	1 Α	ΠΚ	E : 72	κινηματική ανάλυση	1,66		
Holmér 1974	3 Α	Υψ	ΠΡ: 53,9±5,9	energetics	0,9		
			E : 46±6,4	»	0,9	31,7±7,5	0,9
Di Prampero et al., 1974	10 Α	ΠΚ	E : 64,1±4,8	»	0,9	36±1,5	0,9
Pendergast et al., 1977	42 Α	ΠΚ	E : 53,9±3,9	»	0,9		
			E : 80,4±8,8	»	1,2		
	22 Γ	ΠΚ	E : 34,3±5,8	»	0,9		
			E : 68,6±7,8	»	1,2		
Kemper et al., 1983	11 Α	ΠΚ	E : 32,2±14,3	»	1,73	22,5±3,7	0,75
	11 Α	Μέτριο	E : 57±16,2	»	1,15	21,2±4,3	0,75

VPM: Velocity Perturbation Method, MAD: Measurement of Active Drag, energetics: μέθοδος αναγωγής της κατανάλωσης οξυγόνου, ATM: Assisted Towing Method, CFD: Computational Fluid Dynamics, Ε: ελεύθερο, Υ: ύπτιο, ΠΡ: πρόσθιο, ΠΕ: πεταλούδα, Υψ: υψηλό, ΠΚ: πολύ καλό, Κ: καλό, Α: άνδρες, Γ: γυναίκες, Μ: μικτό, α: αγόρια, κ: κορίτσια, π: παιδιά, πλ: πολίστες. Η Π.Α. μετρήθηκε με τη μέθοδο της ρυμούλκησης.

Πίνακας 1: Συνέχεια

Συγγραφείς	V	Επίπεδο	Ε.Α.	Τεχνική	V	Π.Α.	V
Zamparo et al., 2009	6 A	ΥΥψ	E : 53±6	»	1,0	25±4	1,0
			E : 61±5	»	1,2	36±4	1,22
			E : 70±6	»	1,4	47±4	1,42
	14 A	ΠΚ	E : 46±19	»	1,03	60±5	1,62
			E : 60±23	»	1,2	19±3	1,0
			E : 86±31	»	1,4	28±4	1,22
			E : 119±52	»	1,62	40±5	1,42
	11 Γ	ΠΚ	E : 35±8	»	1,03	73±7	1,80
			E : 57±51	»	1,28		
			E : 72±22	»	1,44		
Xin-Feng et al., 2007	3 A	Υψ	E : 70,6	ATM	1,7		
			ΠΡ : 65,8	»	1,2		
	3 Γ	Υψ	E : 43	»	1,4		
			ΠΡ : 55,9	»	1,0		
Mason et al., 2010	11M	Υψ	E : 45,5	»	0,8	15,07	0,8
			E : 82,89	»	1,2	27,73	1,2
			E : 112,42	»	1,4	37,61	1,4
			E : 152,49	»	1,6	51,02	1,6
			E : 240,87	»	1,9	80,59	1,9
			E : 380,49	»	2,2	127,31	2,2
Formosa et al., 2011	8 A	Υψ	E : 262,4±33	»	1,92	80,3±4	1,92
Bixler et al., 2007 0,75μ βάθος	1 A	Υψ		CFD		31,58	1,5
				»		42,74	1,75
				»		55,57	2,0
				»		70,08	2,25
Loebbecke et al., 2009	1 Γ	Υψ		»		19,7	1,0
Chatard et al., 1990	41 A	ΠΚ		»		41,2±15,6	1,4
Chatard et al., 1990b	79 A	ΠΚ		»		44,3±8,7	1,4
	53 Γ	ΠΚ		»		42±6,5	1,4
Lyttle et al., 2000	16 A	ΠΚ		»		43,3±6,1	1,6
						92,9±8,5	2,2
						123±12,7	2,5
						183±16	3,1

VPM: Velocity Perturbation Method, MAD: Measurement of Active Drag, energetics: μέθοδος αναγωγής της κατανάλωσης οξυγόνου, ATM: Assisted Towing Method, CFD: Computational Fluid Dynamics, E: ελεύθερο, Υ: ύπτιο, ΠΡ: πρόσθιο, ΠΕ: πεταλούδα, Υψ: υψηλό, ΠΚ: πολύ καλό, Κ: καλό, Α: άνδρες, Γ: γυναίκες, Μ: μικτό, α: αγόρια, κ: κορίτσια, η: παιδιά, ηλ: πολίστες. Η Π.Α. μετρήθηκε με τη μέθοδο της ρυμούλκησης.

Αντίσταση σχήματος

Η αντίσταση σχήματος οφείλεται στην πίεση που εξασκούν τα μόρια του νερού στην επιφάνεια του σώματος του κολυμβητή κατά την προώθησή του. Ο Maglischo (2003) προσπαθώντας να ερμηνεύσει την εμφάνιση της αντίστασης σχήματος κατά

την κίνηση του κολυμβητή, αναφέρει ότι τα ρεύματα των μορίων νερού ωθούνται εκτός πορείας του κολυμβητή και από τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί η δίοδος του κολυμβητή, το νερό αφήνεται να συγκεντρωθεί πίσω από το σώμα του. Αυτή η συγκέντρωση συμβαίνει λόγω της διαφοράς πίεσης, η οποία είναι μεγάλη μπροστά από τον κολυμβητή και μικρή πίσω από

το σώμα του, και έτσι τα ρεύματα του νερού ωθούνται από τις περιοχές μεγάλης πίεσης προς τις περιοχές μικρής πίεσης. Συνεπώς, το νερό συγκεντρώνεται πίσω από τον κολυμβητή δημιουργώντας στροβιλισμούς, που έχουν ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της προς τα εμπρός κίνησής του. Σε σύντομο χρονικό διάστημα, το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος των στροβίλων και των διόδων που έχει δημιουργήσει ο κολυμβητής, η στροβιλώδης αυτή ροή θα αντικατασταθεί από γραμμική ροή (αδιατάρακτη ροή). Γίνεται αντιληπτό ότι οι μεγάλοι δίοδοι και στροβιλισμοί απαιτούν περισσότερο χρόνο για την αποκατάσταση της γραμμικής ροής από ότι οι μικρότεροι δίοδοι και στροβιλισμοί, με επακόλουθο στην τελευταία περίπτωση η αντίσταση σχήματος να είναι μικρότερη. Συνεπώς, το είδος της ροής νερού γύρω από τον κολυμβητή υπαγορεύει το μέγεθος της συνεισφοράς της αντίστασης σχήματος στην συνολική ενεργητική αντίσταση.

Η αντίσταση σχήματος εξαρτάται από τη μετωπική επιφάνεια του κολυμβητή, δηλαδή από το μέγεθος και το σχήμα της επιφάνειας του σώματος που προβάλλει ο κολυμβητής έναντι του νερού. Οι Clarys & Jiskoot (1975) και Counsilman (1955) ρυμουλκώντας κολυμβητές σε ύπτια και πρηνή θέση βρήκαν ότι η αντίσταση επηρεάζεται περισσότερο από το σχήμα του σώματος παρά από το μέγεθος της επιφάνειας. Σε έρευνα των Bulgakova & Makarendo (1966), η μικρότερη αντίσταση σημειώθηκε κατά τη ρυμούλκηση σε πρηνή θέση με τα χέρια τεντωμένα μπροστά και τη μια παλάμη πάνω στην άλλη. Το τέντωμα των χεριών μπροστά και ανοικτά στην ευθεία των ώμων προκάλεσε αύξηση 7%, ενώ, όταν το ένα χέρι έμεινε τεντωμένο μπροστά με τις άκρες των δακτύλων στην ευθεία του κεφαλιού και το άλλο χέρι ήταν τεντωμένο και κολλημένο δίπλα στον κορμό, η αντίσταση παρουσίασε αύξηση κατά 12,5%. Τέλος, η μεγαλύτερη αντίσταση σημειώθηκε όταν και τα δύο χέρια ήταν τεντωμένα και κολλημένα δίπλα στον κορμό (αύξηση κατά 21,5%). Γίνεται λοιπόν εύκολα αντιληπτό ότι τα εξομαλυσμένα σχήματα υπερτερούν έναντι των εξογκωμένων, διότι τα ρεύματα των μορίων νερού ωθούνται εκτός της πορείας του κολυμβητή σταδιακά και όχι απότομα, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι στροβιλισμοί και να μειώνεται η επιβράδυνση της προς τα εμπρός κίνησής του. Η είσοδος του χεριού με τις άκρες των δακτύλων πρώτα, το τέντωμα του χεριού μπροστά με τις άκρες των δακτύλων να προηγούνται, το κράτημα των χεριών μπροστά τεντωμένα με την μια παλάμη πάνω στην άλλη κατά τη φάση του γλιστρήματος, όλα αυτά βοηθούν στη εξομάλυνση της επιφάνειας που προβάλλει ο κολυμβητής έναντι του νερού.

Οι μεγάλωσωμοι αθλητές έχουν μεγαλύτερη αντίσταση από αυτή των μικρόσωμων, η οποία συνήθως αντισταθμίζεται με την ικανότητά τους να εφαρμόζουν μεγαλύτερες προωθητικές δυνάμεις λόγω της μεγαλύτερης μυϊκής δύναμής τους. Στην περίπτωση των γυναικών, αυτό δεν είναι απαραίτητο να συμβαίνει κατά την περίοδο της εφηβείας, όπου μπορεί να αυξηθεί ο όγκος σώματος χωρίς την ταυτόχρονη αύξηση της μυϊκής δύναμης. Γενικά, υποστηρίζεται ότι η ενεργητική αντίσταση είναι μικρότερη στις γυναίκες από ότι στους άνδρες,

λόγω της μικρότερης σωματικής διάπλασης (Wilson & Thorp, 2002).

Η αντίσταση σχήματος καθορίζεται από το πηλίκο: ύψος²/άνοιγμα των ώμων. Το άνοιγμα των ώμων ισούται με: 6,9256 βάρος + 3,5043 ύψος – 377,156 (Clarys 1976). Σύμφωνα με τους Chatard et al., 1990, Lyttle et al., 1998, Benjanuvatrat et al., 2001), η αντίσταση σχήματος αντιπροσωπεύεται από τις διαστάσεις του θώρακα.

Από διάφορες μελέτες προκύπτει ότι το κράτημα του κεφαλιού έξω από το νερό, το γύρισμα του κεφαλιού κατά την εισπνοή, η χαμηλότερη θέση των ποδιών, η απαγωγή χεριών και ποδιών, και το ρολλάρισμα του σώματος κατά το γλιστρήμα με ευθυγραμμισμένη θέση σώματος στην επιφάνεια του νερού, αυξάνει την συνολική αντίσταση σχήματος κυρίως λόγω της αύξησης της επιφάνειας προβολής (Counsilman, 1955, Miyashita & Tsumoda, 1978, Maiello et al., 1998).

Προκειμένου να μειωθεί η αντίσταση σχήματος οι κολυμβητές θα πρέπει να διατηρούν μια οριζόντια ευθυγράμμιση του σώματός τους με την επιφάνεια του νερού, ώστε να καταλαμβάνει μικρότερο χώρο, να τεντώνουν το χέρι μπροστά ώστε ο ώμος να 'κρύβεται', στο ύπτιο να κρατούν το κεφάλι στην ίδια γραμμή με το σώμα, στην πεταλούδα κατά τις κυματοειδείς κινήσεις να αποφεύγεται η πίεση των ποδιών καθώς και το κατέβασμα των ισχίων πολύ βαθιά στο νερό, στο πρόσθιο κατά το μάζεμα των ποδιών, οι μηροί να είναι σε μια ήπια διαγώνια και όχι κάθετη προς το νερό κλίση.

Σχετικά με την επίδραση του ρολλάρισματος στην αντίσταση σχήματος κατά την κολύμβηση ελεύθερου και ύπτιου οι απόψεις των ερευνητών διίστανται. Οι Clarys & Jiskoot (1974), θεωρούν ότι η αντίσταση σχήματος μειώνεται με την πλάγια θέση του σώματος που υιοθετείται από τον κολυμβητή του ελεύθερου και του υπτίου κατά το ρολλάρισμα, αφού με αυτή τη θέση καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο μέσα στο νερό. Στον αντίποδα, υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι απαραίτητο να διαφέρει αυτός ο χώρος μεταξύ οριζόντιας και πλάγιας θέσης σώματος του κολυμβητή και ότι πιθανόν να αυξάνεται η αντίσταση σχήματος με το ρολλάρισμα από τη μια μεριά στην άλλη. Οποιαδήποτε όμως αύξηση της αντίστασης αντισταθμίζεται με την αύξηση της προωθητικής δύναμης, αφού το ρολλάρισμα επιτρέπει στον κολυμβητή να τοποθετεί τα χέρια σε πιο αποτελεσματικές θέσεις για την άσκηση των προωθητικών δυνάμεων, να κινεί τα πόδια διαγώνια ούτως ώστε να εξισορροπείται ο κορμός κατά τη διάρκεια των εναλλασσόμενων κινήσεων των χεριών, να ελαχιστοποιεί τις πλευρικές κινήσεις κορμού, ισχίων, ποδιών και να διατηρεί μια καλή πλευρική ευθυγράμμιση (Maglischo 2003), να διευκολύνει την αναπνοή και να μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης κάκωσης ώμου (Richardson, 1980).

Ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στη μείωση της αντίστασης σχήματος είναι η άνωση, διότι επιτρέπει στον κολυμβητή να παραμείνει σε οριζόντια θέση χωρίς τα πόδια να βουλιάζουν. Γενικά, οι γυναίκες έχουν καλύτερη άνωση και καλύτερη υδροδυναμική θέση από τους άνδρες, λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού σωματικού λίπους τους. Οι McLean

& Hinrichs (1998), αναφέρουν διαφορές στο ποσοστό σωματικού λίπους και στην κατανομή του λιπώδους ιστού μεταξύ των δύο φύλων, γεγονός που επηρεάζει το κέντρο άνωσης. Συγκεκριμένα, η τάση των γυναικών να έχουν αναλογικά περισσότερο λιπώδη ιστό στους μηρούς αυξάνει το σχετικό όγκο των μηρών, χωρίς να αυξάνει την μάζα τους, με συνέπεια το κέντρο άνωσης να βρίσκεται πιο κοντά στο κέντρο βάρους του σώματός τους. Γι' αυτό οι γυναίκες έχουν από τη φύση τους πιο οριζόντια θέση στο νερό, που τους επιτρέπει να έχουν αναλογικά πιο γρήγορες ποδιές. Η παρατηρούμενη τάση των ανδρών να έχουν περισσότερο λιπώδη ιστό στον κορμό επηρεάζει το κέντρο άνωσης, το οποίο μετατοπίζεται προς το κεφάλι, με συνέπεια τη βύθιση των ποδιών, την αύξηση της αντίστασης σχήματος και την ανάγκη δυνατότερου κτυπήματος ποδιών. Στην έρευνα των Pendergast et al. (1977), Watkins & Gordon (1983), φάνηκε ότι με κολύμπι μόνο με χέρια τα πόδια των ανδρών βουλιάζουν πιο γρήγορα από των γυναικών και επιβεβαιώνουν την ανάγκη των ανδρών για δυνατότερο και πιο γρήγορο ρυθμό ποδιών, ώστε να κρατούνται κοντά στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της κολύμβησης. Δεν θα πρέπει να παραβλεφτεί ότι με το κράτημα της εισπνοής αυξάνεται η άνωση και μειώνεται η αντίσταση, αφού η βυθισμένη επιφάνεια του σώματος είναι μικρότερη. Τέλος, η άνωση αυξάνεται με την ταχύτητα σαν συνέπεια της αύξησης της διαφοράς πίεσης μεταξύ του πάνω και κάτω μέρους του σώματος του κολυμβητή.

Στη μελέτη των Wilson & Thorp (2002), αναφέρεται ότι σε υπομέγιστες ταχύτητες η αντίσταση σχήματος έχει το μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφοράς στη συνολική ενεργητική αντίσταση το δε μέγεθός της είναι ανάλογο με το τετράγωνο της κολυμβητικής ταχύτητας.

Αντίσταση ώθησης

Η αντίσταση ώθησης, η οποία βασίζεται στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα περί δράσης-αντίδρασης, ασκείται στο σώμα του κολυμβητή και έχει φορά αντίθετη με τη φορά της δύναμης που ο κολυμβητής ασκεί στο νερό, δημιουργείται δε όταν το νερό ωθείται προς τα μπροστά, πάνω, κάτω ή στο πλάι και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας της προς τα εμπρός κίνησης του κολυμβητή (Maglischo 2003).

Αντίσταση ώθησης εμφανίζεται στο πρόσθιο κατά τη διάρκεια επαναφοράς των χεριών, αφού με την κίνηση αυτή ωθείται αρκετό νερό προς τα μπροστά δημιουργώντας μια δύναμη που αντιτίθεται στη φορά της κίνησης του κολυμβητή, με αποτέλεσμα ένα μέρος της προωθητικής δύναμής του να εξουδετερώνεται. Η επαναφορά των χεριών σε υδροδυναμική θέση μειώνει την αντίσταση ώθησης (Maglischo 2003).

Στο ελεύθερο και στο ύπτιο η προς τα κάτω κίνηση των χεριών μετά την 'είσοδο' και πριν το 'πιάσιμο' δημιουργεί αντίσταση ώθησης, η οποία μπορεί να μειωθεί με μια ήρεμη και με τις άκρες των δακτύλων να προηγούνται για καλύτερο υδροδυναμικό σχήμα κίνησης. Στο πρόσθιο και στην πεταλούδα όπου η κίνηση αυτή γίνεται ταυτόχρονα και με τα δύο

χέρια αλληλοεξουδετερώνονται οι παραγόμενες αντιστάσεις ώθησης (Maglischo 2003).

Προκειμένου να μειωθεί η αντίσταση ώθησης στο ελεύθερο και στην πεταλούδα, θα πρέπει να αποφεύγεται η προς τα πάνω ώθηση των χεριών κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατοστών της φάσης 'πίεσης', πριν δηλαδή τα χέρια φτάσουν στην επιφάνεια του νερού για να αρχίσει η 'επαναφορά', διότι μια τέτοια κίνηση θα ωθήσει το νερό προς τα πάνω και μπροστά με αποτέλεσμα τη δημιουργία αντίστασης (Maglischo 2003).

Περιπτώσεις όπως η πρόσκρουση των χεριών με ορμή στο νερό κατά την 'είσοδό' τους, το τέντωμα των χεριών πάνω στην επιφάνεια του νερού επίσης κατά την 'είσοδό' τους, η ώθηση των ποδιών προσθίου προς τα κάτω και μπροστά, οι ποδηλατικές κινήσεις των ποδιών στο ελεύθερο και ύπτιο, οι βαθιές ποδιές στο ελεύθερο και στην πεταλούδα έχουν ως αποτέλεσμα την ώθηση ποσότητας νερού προς τα μπροστά, γεγονός που δημιουργεί αντίσταση ώθησης, και για αυτόν το λόγο συνιστάται να αποφεύγονται (Maglischo 2003).

Παρεμβατική Αντίσταση

Το είδος αυτό της αντίστασης, η γνώση για το οποίο είναι περιορισμένη, αφορά τις αναταράξεις του νερού που οφείλονται στην κίνηση του κορμού και των άκρων και επηρεάζουν την κίνηση των άλλων μελών του σώματος (Maglischo 2003).

Παρεμβατική αντίσταση δημιουργείται κατά την κίνηση των ποδιών στο ελεύθερο και ύπτιο, όπου η εναλλασσόμενη κίνηση των ποδιών προκαλεί αναταράξεις, τις οποίες το άλλο πόδι πρέπει να αντιμετωπίσει. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να αποφεύγονται έντονες και πλατιές κινήσεις των ποδιών προς τα πάνω, ελαχιστοποιώντας έτσι τις αναταράξεις καθώς και τον χρόνο που χρειάζεται για να αντιμετωπίσει το άλλο πόδι τις αναταράξεις αυτές.

Μια άλλη περίπτωση εμφάνιση παρεμβατικής αντίστασης είναι όταν κατά τη διάρκεια της υποβρύχιας κίνησης των χεριών οδηγηθεί το νερό με δύναμη και χωρίς λόγο πάνω στον κορμό. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια την μείωση της μετωπιαίας ταχύτητας του κολυμβητή (Maglischo 2003).

Συνεπώς, φαίνεται ότι οι ήρεμες και με κατάλληλο εύρος κινήσεις του κορμού και των άκρων ελαχιστοποιούν την επίδραση της παρεμβατικής αντίστασης αυξάνοντας έτσι την απόδοση του κολυμβητή.

Αντίσταση κυματισμού

Το 3^ο είδος αντίστασης είναι η αντίσταση κυματισμού και σύμφωνα με τους Vorontsov & Rumyantsev (2000) εμφανίζεται διότι κατά την πορεία του κολυμβητή το νερό τείνει να συσσωρεύεται μπροστά του και να σχηματίζει κενά πίσω του, δημιουργώντας έτσι ένα σύστημα κυματισμού. Το κύμα που δημιουργεί το σώμα του κολυμβητή κινείται με την ίδια ταχύτητα με τον κολυμβητή και το μήκος κύματος είναι ίσο με την απόσταση που κάλυψε ο κολυμβητής το δευτερόλεπτο.

Όσο μεγαλώνει η ταχύτητα του κολυμβητή, το μήκος κύματος μεγαλώνει, μέχρι το σημείο που το μήκος του σώματος (ευθυγραμμισμένο με τις ρευματικές γραμμές) να είναι ίσο με το μήκος κύματος. Τότε η κολυμβητική ταχύτητα αυτή λέγεται hull speed, όρος της ναυπηγικής που ο Miller (1975) εισήγαγε στην αγωνιστική κολύμβηση. Σε αυτή την ταχύτητα, ο κολυμβητής παγιδεύεται στο κοίλωμα μεταξύ των δύο κορυφών των κυμάτων και περιορίζεται η περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας. Πέρα από αυτό το σημείο, δεν μεγαλώνει η ταχύτητα, μεγαλώνει το ύψος κύματος, που αυτό οδηγεί σε βαθύτερο κοίλωμα. Έτσι κάθε προσπάθεια για αύξηση ταχύτητας απαιτεί πολύ ενέργεια για να «βγει ο κολυμβητής έξω από το κοίλωμα». Δεδομένου ότι δεν μπορούμε να κολυμπάμε πιο γρήγορα από 1 μήκος σώματος/δευτερόλεπτο, συνεπάγεται ότι είναι αδύνατον θεωρητικά να κολυμπάμε πιο γρήγορα από την hull speed. Σύμφωνα με τους Toussaint & Truijens (2005), η hull speed για έναν κολυμβητή ύψους 2m είναι $1,77 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$. Όσον αφορά το ύψος κύματος, έχει παρατηρηθεί ότι οι ικανοί κολυμβητές δημιουργούν κύματα με μικρότερο ύψος από ότι οι κολυμβητές με μικρότερη δεξιότητα (Takamoto et al., 1985). Τα συνήθη σημεία του σώματος που δημιουργούν κυματισμό είναι η κορυφή του κεφαλιού, οι ώμοι και οι γλουτοί (Wilson & Thorp, 2002).

Η αντίσταση κυματισμού είναι συνάρτηση του καθαρού αριθμού Froude (Miller, 1975): $Fr = v / (g \cdot L)^{1/2}$ (Hoerner, 1965), όπου v : η ταχύτητα του κολυμβητή, L : το μήκος σώματος του κολυμβητή, g : η επιτάχυνση της βαρύτητας. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο ανάστημα του κολυμβητή στο ελεύθερο ευνοεί την ανάπτυξη μεγαλύτερης ταχύτητας, αφού μειώνεται η αντίσταση κυματισμού. Ο αριθμός Fr κατά τη hull speed είναι 0,42 (Vogel, 1996). Για κολυμβητές ο αριθμός Fr κυμαίνεται μεταξύ 0,14 και 0,55 (Miller, 1975). Οι Toussaint & Beek (1992) παρατήρησαν ότι κατά την ανάπτυξη των παιδιών, όπου το ανάστημα αυξάνεται, μειώνεται ο αριθμός Fr και συνεπώς η αντίσταση κυματισμού. Παράλληλα όμως, αυξάνεται ο αριθμός Reynolds, που υποδηλώνει αύξηση της αντίστασης σχήματος και μείωση της αντίστασης τριβής. Τελικά, η συνολική ενεργητική αντίσταση, όπως αναφέρουν οι ίδιοι ερευνητές, παραμένει αμετάβλητη, αφού η μείωση της αντίστασης κυματισμού αντισταθμίζεται από την αύξηση της αντίστασης σχήματος.

Στη μελέτη των Vorontsov & Rumyantsev (2000) αναφέρεται ότι το τέντωμα των χεριών μπροστά αυξάνει το μήκος σώματος και έτσι μειώνεται ο αριθμός Fr , συνεπώς και η αντίσταση κυματισμού, ενώ το κράτημα των χεριών δίπλα στο σώμα αυξάνει την αντίσταση κυματισμού κατά 21,5%. Οι κολυμβητές ταχυτήτων υψηλού επιπέδου εφαρμόζοντας κατάλληλη τεχνική, αναπτύσσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τη hull speed κατά 10% και πλέον, αφού σημειώνουν τιμές αριθμού Fr μεγαλύτερες από 0,42, αλλά εφαρμόζοντας κατάλληλη τεχνική πετυχαίνουν να μειώσουν το μέγεθος της αντίστασης κυματισμού. Ο υπολογισμός του αριθμού Fr κατά τις μέγιστες ταχύτητες μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο σε προπονητές και κολυμβητές υψηλού επιπέδου για την εύκολη αξιολόγηση

της απόδοσής τους. Μια τεχνική για τη μείωση της αντίστασης κυματισμού στις υψηλές ταχύτητες, προτείνεται να είναι η υιοθέτηση του προτύπου συντονισμού των άκρων της υπέρθεσης (η προωθητική φάση του ενός χεριού αρχίζει πριν να τελειώσει η προωθητική φάση του άλλου χεριού), το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη τιμή Fr , διότι θα αυξηθεί το μήκος του σώματος, όταν το χέρι θα βρίσκεται τεντωμένο μπροστά κατά τη φάση της προώθησης από το άλλο χέρι. Ο Potdevin et al., (2006) υποστηρίζει ότι, αφού από βιομηχανική άποψη η έκταση του σώματος μεγαλώνει το μήκος του σώματος του κολυμβητή με αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασης κυματισμού και συνεπώς της ενεργειακής δαπάνης, οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές εσκεμμένα επιδιώκουν την αύξηση της φάσης του γλιστρήματος, για να μειώσουν την αντίσταση κυματισμού μέσω της πλήρους έκτασης του σώματος, όταν το ένα χέρι είναι τεντωμένο μπροστά.

Για να επιτευχθεί μείωση της αντίστασης κυματισμού, η φάση της αναπνοής για τους κολυμβητές του ελεύθερου θα πρέπει να γίνεται με ρολλάρισμα του σώματος στο πλάι, χωρίς να ανασπώνεται το κεφάλι, οι δε κολυμβητές του υπτίου θα πρέπει να κολυμπούν διατηρώντας το κεφάλι σε όχι ιδιαίτερα ψηλή θέση. Υπερβολή στις πάνω και κάτω κινήσεις του σώματος και του κεφαλιού αυξάνει το μέγεθος του κύματος και πρέπει να αποφεύγεται. Μια θέση του σώματος αφύσικα ψηλά στο νερό (με υπερέκταση της πλάτης και σήκωμα του κεφαλιού) αυξάνει το μέγεθος του κύματος. Σε αγώνες μικρών αποστάσεων, λόγω της μεγάλης ταχύτητας που αναπτύσσεται, το σώμα ωθείται προς τα πάνω, ψηλότερα στο νερό σαν φυσικό επακόλουθο της γρήγορης κολύμβησης, γεγονός που δεν πρέπει να αποφεύγεται ούτε να εντείνεται.

Έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες για την ποσοτικοποίηση της αντίστασης κυματισμού στους κολυμβητές. Τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών που εξέτασαν το ποσοστό αντίστασης κυματισμού στη συνολική αντίσταση των κολυμβητών δείχνουν ότι κυμαίνεται από 20-50% και εξαρτάται από την ταχύτητα κολύμβησης, το βάθος και τη συνθήκη προώθησης (ενεργητική ή παθητική).

Συγκεκριμένα, οι Vorontsov & Rumyantsev (2000) υποστηρίζουν ότι σε ταχύτητα $2 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ η αντίσταση κυματισμού αποτελεί το 5% της συνολικής αντίστασης ενώ ο Toussaint et al. (2002), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το σύστημα MAD, υπολόγισαν ότι έχει μεγαλύτερη συνεισφορά στην συνολική αντίσταση (12,1% για ταχύτητα $1,9 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$), ενώ για ταχύτητες $<1,6 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ είναι αμελητέα. Μεγαλύτερα ποσοστά συμμετοχής βρήκαν οι Wilson & Thorp (2002) (10%-20% για ταχύτητες $1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ και 35%-45% για ταχύτητες $2 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$), ενώ οι Toussaint & Truijens (2005) έδειξαν ότι σε υψηλές ταχύτητες ($>1,5 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$) η αντίσταση κυματισμού φτάνει μέχρι το 50% της συνολικής αντίστασης στην κολύμβηση μόνο με χέρια. Το ίδιο ποσοστό βρέθηκε και στην έρευνα του Vennell et al., (2006) για ταχύτητα $1,6 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$.

Όσον αφορά την αντίσταση κυματισμού σε σχέση με το ιδανικό βάθος του νερού που πρέπει να κινείται ένας κολυμβητής, ο Lyttle et al. (1998), αφού ρυμούλκισαν 40 κο-

λυμβητές χρησιμοποιώντας ένα σύστημα τροχαλίων σε ένα εύρος ταχυτήτων από $1,6-3,1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ και σε βάθος από την επιφάνεια του νερού έως $0,6 \text{ m}$, βρήκαν ότι σε ταχύτητα $2,2 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ η αντίσταση ήταν κατά 20% μικρότερη σε βάθος $0,6 \text{ m}$ από ότι ήταν στην επιφάνεια. Σε μεταγενέστερη μελέτη βρέθηκε ότι στους κολυμβητές ασκείται σημαντικά μικρότερη συνολική αντίσταση, όταν σε υψηλές ταχύτητες κατά το γλίστρημα είναι σε πρηνή και καλά ευθυγραμμισμένη θέση $0,4-0,6 \text{ m}$ κάτω από την επιφάνεια του νερού, που οφείλεται στην απουσία της αντίστασης κυματισμού σε αυτό το βάθος (Lyttle et al., 2000). Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνονται από την έρευνα του Vennell et al. (2006), ο οποίος υποστηρίζει ότι η αντίσταση αυξάνεται όσο ο κολυμβητής πλησιάζει στην επιφάνεια του νερού, και συγκεκριμένα η αύξηση αυτή αρχίζει σε βάθος κατά το οποίο η διατάραξη της ροής νερού γύρω από το σώμα του κολυμβητή αρχίζει να προσκρούεται στην επιφάνεια του νερού. Στην ίδια μελέτη αναφέρεται ότι η παθητική αντίσταση κυματισμού σε ταχύτητα $2,2 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ βρέθηκε να αποτελεί το 50% και το 10% της συνολικής αντίστασης στην επιφάνεια και σε βάθος $0,6 \text{ m}$ αντίστοιχα. Έτσι, η αντίσταση κυματισμού είναι το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής αντίστασης κατά την κολύμβηση στην επιφάνεια του νερού σε ταχύτητες περίπου μεγαλύτερες από $1,4 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ ($Fr = 0,3$). Κάτω από τα $0,8 \text{ m}$, η αντίσταση κυματισμού είναι αμελητέα (Lyttle et al., 1998, Vorontsov & Rumyantsev, 2000, Vennell et al., 2006). Έχει φανεί ότι η υποβρύχια κυματοειδής κίνηση είναι ο πιο γρήγορος τρόπος μετακίνησης στο νερό (Hochstein et al., 2014) και χρησιμοποιείται στο γλίστρημα μετά από εκκίνηση και στροφές.

Σε μια άλλη εργασία βρέθηκε ότι η αντίσταση κυματισμού είναι ανάλογη με τον κύβο της κολυμβητικής ταχύτητας (Vorontsov & Rumyantsev, 2000), δηλαδή όταν η ταχύτητα του κολυμβητή διπλασιάζεται η αντίσταση οκταπλασιάζεται, γεγονός που υποδηλώνει ότι στις υψηλές ταχύτητες η αντίσταση κυματισμού αυξάνεται σημαντικά. Σύμφωνα με τους Clarys (1976), Lyttle et al., (1998), η αντίσταση κυματισμού αντιπροσωπεύεται από ένα δείκτη του σώματος, ο οποίος ισούται με: $\text{ύψος}/\text{βάρος}^{1/3}$.

Συμβολή των αντιστάσεων

Από μελέτες που ασχολήθηκαν με την ποσοτικοποίηση της συμμετοχής του κάθε είδους αντίστασης στη συνολική αντίσταση φάνηκε ότι σημαντική παράμετρος είναι η ταχύτητα του κολυμβητή. Σε μελέτη των Toussaint & Truijens (2005) αναφέρεται ότι στις πολύ χαμηλές ταχύτητες η αντίσταση τριβής είναι σημαντική, αφού η ταχύτητα των μορίων νερού επιτρέπει μια κανονική ροή γύρω από το σώμα του κολυμβητή. Έτσι, δεν υπάρχει σημαντική πτώση πίεσης στο πίσω μέρος του κολυμβητή και η αντίσταση σχήματος είναι αμελητέα. Όταν όμως η ταχύτητα του κολυμβητή αυξάνεται, μειώνεται η πίεση στο πίσω μέρος του κολυμβητή και αυξάνεται στο μπροστινό. Έτσι, η αντίσταση σχήματος επικρατεί, και όπως οι Zamparo et al., (2009) υποστηρίζουν, σε μέτριες ταχύτητες έχει το μεγαλύτερο

ποσοστό συμμετοχής, ενώ σε ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες ($>1,5 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$), η αντίσταση κυματισμού είναι αυτή που γίνεται όλο και πιο σημαντική. Συγκεκριμένα ποσοστά συμμετοχής των αντιστάσεων τριβής, σχήματος, κυματισμού για ταχύτητα $1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ αναφέρονται στη μελέτη του Toussaint (2001) (5%, 80%, 15%), για ταχύτητα $2 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ στις μελέτες των Vorontsov & Rumyantsev (2000) ($<0.1\%$, 95%, 5%), Pendergast et al., (2005) (25%, 55%, 20%) και Toussaint (2001) (3%, 57%, 40%), και για ταχύτητα $2,2 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ στη μελέτη των Pendergast et al., (2005) (23%, 51%, 26%).

Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις

Σύμφωνα με την ανασκόπηση που έγινε, προκύπτει ότι η στόχευση, εκ μέρους τόσο των κολυμβητών όσο και των προπονητών, στη μείωση των δυνάμεων αντίστασης στην οποία η ευθυγράμμιση του σώματος συμβάλλει, μπορεί να μικρύνει τη διαφορά ανάμεσα στα επίπεδα επιδόσεων. Αυτό επιβεβαιώνεται από τους Costa et al., (2010) και Vilas-Boas et al., (2010), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι πρέπει να δίνεται περισσότερο βάρος στη μείωση των δυνάμεων αντίστασης από ότι στη συνήθη προσπάθεια αύξησης προωθητικών δυνάμεων.

Συγκεκριμένα, μικρή μείωση της ενεργητικής αντίστασης μπορεί πιθανόν να επιτευχθεί με το τέντωμα του χεριού μπροστά κατά τη φάση του γλίστρηματος (Holmér, 1979). Στην περίπτωση αυτή, η μετωπική επιφάνεια μειώνεται, αφού ο ώμος τεντώνεται πίσω από το χέρι (μείωση της αντίστασης σχήματος) και επιπλέον το τέντωμα επιμηκύνει το σώμα, που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασης κυματισμού. Επίσης, το καλά ευθυγραμμισμένο σώμα του κολυμβητή, ιδίως κατά τις φάσεις του κολυμβητικού κύκλου, όπου παράγονται οι μέγιστες προωθητικές δυνάμεις, συντελεί στη μείωση της αντίστασης.

Επιπλέον, οι Benjanuvatra et al., (2002) υποστηρίζουν ότι η μεγαλύτερη άνωση, που επιτυγχάνεται με την πλήρωση των πνευμόνων με αέρα, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της μετωπικής επιφάνειας που είναι μέσα στο νερό, και συνεπώς μικρότερη αντίσταση σχήματος. Συνέπεια αυτού είναι η μικρότερη ενεργειακή δαπάνη για τη διατήρηση του σώματος στη βέλτιστη θέση και έτσι μεγαλύτερη δύναμη μπορεί να εφαρμοστεί στην προώθηση. Επιπλέον μείωση της αντίστασης σχήματος επιτυγχάνεται με την αποφυγή παρεκκλίσεων του σώματος και του κεφαλιού από την ευθυγράμμιση, καθώς και κινήσεων που μεγαλώνουν τη γωνία πρόσπτωσης (η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή του σώματος και τη ροή του νερού). Για το σκοπό αυτό συνιστάται επίσης η μείωση του εύρους κίνησης των ποδιών. Επίσης, στη μελέτη του Bixler et al., (2007) βρέθηκε ότι γωνίες πρόσπτωσης 30 και 45,0 αύξησαν τη συνολική αντίσταση κατά 2,3% και 2,4% αντίστοιχα συγκριτικά με μηδενική γωνία πρόσπτωσης.

Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι οι γρήγοροι κολυμβητές έχουν μικρότερη τιμή συντελεστή αντίστασης από τους πιο αργούς, αφού έχουν πιο υδροδυναμική θέση. Συνεπώς, δεδομένου ότι αρκετοί κολυμβητές χρειάζονται πολύ

εξάσκηση για να παρουσιάσουν σημαντικές αλλαγές σε αυτή τη επιδεξιότητα, συνιστώνται επαναλαμβανόμενες οδηγίες καθώς και η ανατροφοδότηση με video. Είναι σημαντικό οι κολυμβητές να καταλάβουν τη σημασία της αντίστασης, το ότι αυτή αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας και ότι τεχνική όπως το ρολλάρισμα μπορεί να μειώσει την αντίσταση. Επίσης, ιδιαίτερη προσπάθεια θα πρέπει να επικεντρώνεται στην επίτευξη αφενός υψηλών ταχυτήτων στις πιο προωθητικές φάσεις του κολυμβητικού κύκλου και αφετέρου μικρότερης δύναμης αντίστασης στις λιγότερες προωθητικές φάσεις, ούτως ώστε να επιτευχθούν υψηλές κολυμβητικές ταχύτητες και μικρές διακυμάνσεις στην ταχύτητα μέσα στον κολυμβητικό κύκλο. Τέλος, γνωρίζοντας ότι στην επιφάνεια του νερού η αντίσταση κυματισμού αποτελεί το 50-60% της συνολικής αντίστασης, οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές θα πρέπει να αναπτύσσουν καινούργιες τεχνικές, όπως το πρότυπο της υπέρθεσης, προκειμένου να μειώσουν την αντίσταση κυματισμού και να έχουν σημαντική βελτίωση στην απόδοση. Μειώνοντας τις μη προωθητικές φάσεις (είσοδος, πιάσιμο, επαναφορά) και επιμηκύνοντας τις προωθητικές (τράβηγμα, σπρώξιμο) μειώνουν την υδροδυναμική αντίσταση.

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Από τη μελέτη των ερευνών που πραγματοποιήθηκε εντοπίστηκαν κάποια ερωτήματα που χρήζουν περαιτέρω έρευνας, όπως η ανάγκη να καθοριστεί εάν μερικές από τις διαφορές στο συντελεστή αντίστασης μπορούν να αποδοθούν σε επιπλέον ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, να διερευνηθούν οι επιπτώσεις στην αντίσταση, που θα μπορούσαν να έχουν οι αλλαγές στη θέση του σώματος και να καθοριστεί η βέλτιστη ευθυγραμμισμένη θέση. Επιπλέον έρευνα χρειάζεται για να μελετηθεί η επίπτωση που έχει η ανάπτυξη των νεαρών κο-

λυμβητών στη αντίσταση καθώς επίσης για να προσδιοριστεί το βάθος που πρέπει να έχει ο κολυμβητής κατά την υποβρύχια φάση μετά από εκκίνηση και στροφή, σε σχέση με το επίπεδο των επιδόσεών του. Τέλος, θα μπορούσαν να διεξαχθούν μελέτες σε διαφορετικά επίπεδα κολυμβητών, και στα δυο φύλα και να καθοριστεί ο ρόλος των αντιστάσεων.

Σημασία για την Αγωνιστική Κολύμβηση

Ο στόχος της αγωνιστικής κολύμβησης είναι να διανυθεί μια απόσταση σε όσο το δυνατόν λιγότερο χρόνο. Η απόδοση του κολυμβητή είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τεχνική, εξαρτάται δε από το συνδυασμό της προώθησης, της δύναμης αντίστασης και της δεξιότητας. Η μεν προώθηση εξαρτάται από την αερόβια και αναερόβια ικανότητα, η δε δεξιότητα αναφέρεται στην ικανότητα του κολυμβητή να μειώνει την αντίσταση του νερού διατηρώντας το σώμα του σε υδροδυναμική θέση. Η ενεργητική αντίσταση είναι στενά συνδεδεμένη με τις αλλαγές της θέσης του σώματος, ενώ η παθητική αντίσταση με τη φάση του γλιστρήματος, η οποία είναι καθοριστικός παράγοντας στην απόδοση αποτελώντας ένα σημαντικό μέρος της. Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι η παθητική αντίσταση, η οποία ως γνωστόν, επηρεάζεται από μικρές αλλαγές στη γωνία πρόσπτωσης του κολυμβητή, είναι ένας καλός δείκτης της κολυμβητικής ικανότητας.

Δεδομένου ότι στην κολύμβηση υψηλού επιπέδου οι δυνατότητες για βελτίωση της επίδοσης είναι σχετικά περιορισμένες, προπονητές και αθλητές επιζητούν συνέχεια αποτελεσματικότερες μεθόδους προς την κατεύθυνση αυτή, στοχεύοντας στην ανάπτυξη της ταχύτητας χωρίς περαιτέρω αύξηση της μεταβολικής ενέργειας του κολυμβητή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εφαρμόζοντας κατάλληλες τεχνικές που να επιτρέπουν τη μείωση των δυνάμεων αντίστασης.

Βιβλιογραφία

- AMAR, J. (1920). *The human motor*. London: G. Routledge & Sons, Ltd.
- BARBOSA, T. M., FERNANDES, R. J., KISKINEN, K. L., and VILAS-BOAS, J. P. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *Eur J Appl Physiol* 103: 139-149.
- BENJANUVATRA, N., BLANKSBY, B. A., and ELLIOTT, B. C. (2001). Morphology and hydrodynamic resistance in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci* 13 (3): 246-55.
- BENJANUVATRA, N., DAWSON, G., BLANKSBY, B. A., and ELLIOTT, B. C. (2002). Comparison of buoyancy, passive and net active drag forces between Fastskin TM and standard swimsuits. *J Sci Med Sport*, 5(2): 115-123.
- BERGER, M. A. M., HOLLANDER, A. P., and DE GROOT, G. (1999). Determining propulsive force in front crawl swimming: A comparison of two methods. *Journal of Sports Sciences*, 17: 97-105.
- BIXLER, B., and RIEWALD, S. (2002). Analysis of a swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics. *Journal of Biomechanics*, 35: 713-717.
- BIXLER, B., PEASE, D., and FAIRHURST, F. (2007). The accuracy of computational fluid dynamics analysis of the passive drag of a male swimmer. *Sports Biomechanics*, 6(1): 81-98.
- BULGAKOVA, N. and MAKARENKO, L. (1966). *Sport Swimming, Physical Culture, Education and Science*. Moscow. Russian State Academy of Physical Education.
- CHARBONNIER, J. P., LACOUR, J. R., RIFFAT, J., and FLANDROIS, R. (1975). Experimental study of the performance of competition swimmers. *Eur J Applied Physiol*, 34: 157-167.
- CHATARD, J. C., PADILLA, S., PAULIN, M., and LACOUR, J. R. (1985). Some features of the 400-m free style Olympic record holder. *NZ. J Sports Med*, 13: 114-116.
- CHATARD, J. C., COLLOMP, C., MAGLISCHO, C. W., and MAGLISCHO, E. W. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of crawl swimmers. *Int J Sports Medicine*, 11: 156-161.
- CHATARD, J. C., BOURGOIN, B., and LACOUR, J. R. (1990a). Passive drag is still a good evaluator of swimming aptitude. *Eur J Appl Physiol*, 59: 399-404.
- CHATARD, J. C., LAVOIE, J. M., BOURGOIN, B., and LACOUR, J. R. (1990b). The contribution of passive drag as a determinant of swimming performance. *Int J Sports Med*, 11(2): 367-372.
- CLARYS, J. P. (1976). *Onderzoek naar de hydrodynamische en morfologische aspecten van het menselijk lichaam (Investigation of the hydrodynamical and morphological aspects of the human body)*. Ph.D. thesis, Vrije Universiteit Brussel, Brussels.
- CLARYS, J. P. and JISKOOT, J. (1975). Total resistance of selected body positions in the front crawl. In: Lewillie, L. & J. Clarys (Ed). *Swimming II*. Baltimore. University Park Press, Vol.4 p.110-117.
- CLARYS, J. (1979). Human morphology and hydrodynamics. In: J. Terauds

- (Ed). *Swimming Science III*. Baltimore: University Park Press, p. 3-41.
- COSTA, L., RIBEIRO, J., FIGUEIREDO, P., FERNANDES, R. J., MARINHO, D., SILVA, A. J., ROUBOA, A., VILAS-BOAS, J. P., and MACHADO, L. (2010). Hydrodynamic characterization of the first and second glide position of the underwater stroke technique in breaststroke. In: P.-L. Kjendlie, R. K. Stallman, & J. Cabri (Eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, Norwegian School of Sport Science, Oslo, Norway, p. 62-63.
- COUNSILMAN, J. E. Forces in swimming two types of crawl stroke. (1955). *Res Quart*, 26: 127-39.
- D'ACQUISTO, L., COSTILL, D. L., GEHRSEN, G. M., WONG-TAI, Y., and LEE, G. (1988). Breaststroke economy skill and performance: study of breaststroke mechanics using a computer based "velocity video". *Journal of Swimming Research*, 4: 9-14.
- DI PRAMPERO, P. E., PENDERGAST, D. R., WILSON, D. W., and RENNIE, D. W. (1974). Energetics of swimming in man. *Journal of Applied Physiology*, 37: 1-5.
- FORMOSA, D. P., MASON, B., and BURKETT, B. (2011). The force-time profile of elite front crawl swimmers. *J Sports Sciences*, 29 (8): 811-819.
- HOCHSTEIN, S., PACHOLAK, S., BRÜCKER, C., SIEBERT, T., and BLICKHAN, R. (2014). Drag reduction by underwater undulatory swimming? An experimental and numerical approach. In: B. Mason, D. Barnes, D. Jukes, & N Vlahovich (Eds), *Proceedings of the XIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, Canberra, Australia: Australian Institute of Sport, p.141-147.
- HOERNER, S. F. (1965). "Fluid-Dynamic Drag". Published by the Author, Midland, New Jersey.
- HOLLANDER, A. P., DE GROOT, G., VAN INGEN SCHENAU, G. J., TOUSSAINT, H. M., DE BEST, H., PEETERS, W., MEULEMANS, A., and SCHREURS, A. W. (1986). Measurement of active drag forces during swimming. *J Sports Sci*, 4: 21-30.
- HOLMÉR, I. (1974). Propulsive efficiency of breaststroke and freestyle swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33: 95-103.
- HOLMÉR, I. (1979). Analysis of acceleration as a measure of swimming proficiency. In: J. Terauds & E. W. Bedingfield (Eds). *Swimming Science III*. Baltimore: University Park Press, p. 118-125.
- KARPOVICH, P. V. (1933). Water resistance in swimming. *Research Quarterly*, 4: 21-28.
- KEMPER, H. C., VERSCHUUR, R., CLARYS, J. P., and JISKOOT, J. (1983). Total efficiency and swimming drag in swimming the front crawl. *Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving*, 119-125.
- KJENDLIE, P.-L. and STALLMAN, R. K. (2008). Drag characteristics of competitive swimming children and adults. *Journal of Applied Biomechanics*, 24:35-42.
- KOLMOGOROV, S. V. and DUPLISHEVA, O. A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25: 311-318.
- KOLMOGOROV, S. V. RUMYANTSEVA, O. A., GORDON, B. J., and CAPPAERT, J. M. (1997). Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performance level. *J Appl Biomech*, 13: 88-97.
- LARSEN, O. W., YANCHER, R. P., and BEAR, C. L. H. (1981). Boat design and swimming performance. *Swimming Technique*, 18: 38-44.
- LOEBBÉCKE, A. V., MITTAL, R., MARK, R., and HAHN, J. (2009). A computational method for analysis of underwater dolphin kick hydrodynamics in human swimming. *Sports Biomechanics*, 8(1): 60-77.
- LYTTLE, A. D., BLANKSBY, B. A., ELLIOTT, B. C., and LLOYD, D. G. (1998). The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *Journal of Swimming Research*, 13: 15-22.
- LYTTLE, A. D., BLANKSBY, B. A., ELLIOTT, B. C., and LLOYD, D. G. (2000). Net forces during tethered simulation of underwater streamlined gliding and kicking techniques of the freestyle turn. *Journal of Sports Sciences*, 18: 801-807.
- LYTTLE, A. D., and KEYS, M. (2006). The application of computational fluid dynamics for technique prescription in underwater kicking. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6 (suppl. 2), 233-255.
- MAGLISCHIO, E. W. (2003). *Swimming even faster*. Champaign: Human Kinetics, p. 47-70.
- MAIELLO, D., SABATINI, A., DEMARIE, S., SARDELLA, F., and DAL MONTE, A. (1998). Passive drag on and under the water surface. *J Sports Sci*, 16 (5): 420-1.
- MARINHO, D. A., REIS, V. M., ALVES, F. B., VILAS-BOAS, J. P., MACHADO, L., SILVA, A. J., and ROUBOA, A. I. (2009). Hydrodynamic drag during gliding in swimming. *Journal of Applied Biomechanics*, 25: 253-257.
- MARINHO, D. A., GARRIDO, N., BARBOSA, T. M., REIS, V. M., SILVA, A. J., COSTA, A. M., and MARQUES, M. C. (2010). Can 8 weeks of training in female swimmers affect active drag? *The Open Sports Sciences J*, 3: 36-37.
- MASON, B. R., FORMOSA, D. P., and RALEIGH. (2009b). The use of passive drag to interpret variations in active drag measurements. In: A. J. Harrison, R. Anderson, & I. Kenny (Eds), *Proceedings of the XXVII International Symposium in Biomechanics in Sports*. Ireland, p. 452-455.
- MASON, B. R., FORMOSA, D. P., and TOUSSAINT, H. M. (2010). A method to estimate active drag over a range of swimming velocities which may be used to evaluate the stroke mechanics of the swimmer. In: P.-L. Kjendlie, R. K. Stallman, & J. Cabri (Eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, Norwegian School of Sport Science, Oslo, Norway, p. 124-127.
- MCLEAN, S. P. and HINRICHS, R. N. (1998). Sex differences in the center of buoyancy location of competitive swimmers. *J Sports Sciences*, 16: 373-383.
- MILLER, D. I. (1975). Biomechanics of swimming. In: Wilmore & Keogh (Eds). *Exercise and Sport Sciences Reviews*. New York: Academic Press, p. 219-248.
- MIYASHITA, M. and TSUMODA, R. (1978). Water resistance in relation to body size. In: Eriksson B., Furberg, B. (Eds). *International series of sport sciences: swimming medicine IV*, Vol 6. pp. 395-401. Baltimore: University Park Press.
- MOSTELLER, R. D. (1987). Simplified calculation of body surface area. *New England Journal of Medicine*, 317: 1098.
- PAYTON, C. J., and BARTLETT, R. M. (1995). Estimating propulsive forces in swimming from three-dimensional kinematics data. *Journal of Sports Sciences*, 13: 447-454.
- PENDERGAST, D. R., DI PRAMPERO, P. E., CRAIG, A. B., WILSON, D. R., and RENNIE, D. W. (1977). Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *J. Appl. Physiol.*, 43: 475-479.
- PENDERGAST, D. R., MOLLENDORF, J., ZAMPARO, P., TERMIN, A., BUSHNELL, D., and PASCHKE. (2005). The influence of drag on human locomotion in water. *Undersea Hyperb Med*, 32: 45-58.
- POLIDORI, G., TAIAR, R., FOHANNON, S., MAL, T. H., and LODINI, A. (2006). Skin-friction drag analysis from the forced convection modeling in simplified underwater swimming. *Journal of Biomechanics*, 39: 2535-2541.
- POTDEVIN, F., BRIL, B., SIDNEY, M., and PELAYO, P. (2006). Stroke frequency and arm coordination in front crawl swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 27: 193-198.
- RENNIE, D. W., PENDERGAST, D. R., and DI PRAMPERO, P. E. (1975). Energetics of swimming man. In: Clarys J. P., Lewillie L. (Eds). *Swimming II*. Baltimore: University Park Press, p. 97-104.
- RICHARDSON, A. B., JOBE, F. W., and COLINS, H. R. (1980). The shoulder in competitive swimming. *American Journal of Sports Medicine*, 8: 159-163.
- ROUBOA, A., SILVA, A. J., LEAL, L., ROCHA, J., and ALVES, F. B. (2006). The effect of swimmer's hand/forearm acceleration on propulsive forces generation using computational fluid dynamics. *Journal of Biomechanics*, 39: 1239-1248.
- RUSHALL, B. S., HOLT, L. E., SPRIGINGS, E. J., and CAPPAERT, J. M. (1994). A re-evaluation of forces in swimming. *J. Swim Res*, 10: 6-30.
- SACILOTTO, G. B. D., BALL, N., and MASON, B. R. (2014). A biomechanical review of the techniques used to estimate or measure resistive forces in swimming. *J. Appl. Biomechanics* 30: 119-127.
- SCHLEIHAUF, R. E., GRAY, L., and DE ROSE, J. (1983). Three dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In: A. P. Hollander, P. A. Huijng, & G. de Groot (Eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming*, p. 173-183. Champaign, IL, Human Kinetics Publishers.
- SHARP, R. L., and COSTILL, D. L. (1989). Influence of body hair removal on physiological responses during breaststroke swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5): 576-580.
- TAKAMOTO, M., OBMICHI, H., and MIYASHITA, M. (1985). Wave height in relation to swimming velocity and proficiency in front crawl stroke. In: D. A. Winter, R. W. Norman, R. P. Wells, K. C. Hays, & A. E. Patla (Eds) *Biomechanics IX-B*, p. 486-491. Champaign, IL, USA: Human Kinetics Publishers.
- TERMIN, B. and PENDERGAST, D. R. (2001). Training using the stroke frequency-velocity relationship to combine biomechanical and metabolic paradigms. *J. Swim Res* 14: 9-17.
- TOUSSAINT, H. M., BEELEN, A., RODENBURG, A., SARGEANT, A. J., DE GROOT, G., HOLLANDER, A. P., and VAN INGEN SCHENAU, G. J. (1988). Propelling efficiency of front-crawl swimming. *Journal of Applied Physiology*, 65: 2506-2512.
- TOUSSAINT, H. M., DE GROOT, G., SAVELBERG, H. H. C. M., VERVOORN, K., HOLLANDER, A. P., and VAN INGEN SCHENAU, G. J. (1988). Active drag related to velocity in male and female swimmers.

- Journal of Biomechanics*, 21(5): 435-438.
- TOUSSAINT, H. M., DE LOOZE, M., VAN ROSSEN, B., LEIJDEKERS, M., and DIGNUM, H. (1990). The effect of growth on drag in young swimmers. *Int. J Sport Biomechanics*, 6: 180-28.
- TOUSSAINT, H. M., and BEEK, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*, 13(1): 8-24.
- TOUSSAINT, H. M., and HOLLANDER, A. P. (1994). Energetics of competitive swimming implication for training programmes. *Sports Medicine*, 18(6): 384-406.
- TOUSSAINT, H. M., HOLLANDER, A. P., BERG, C. V. D., and VORONTSOV, A. R. (2000). Biomechanics of swimming. In: W. E. Garrett & D. T. Kirkendall (Eds). *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, p. 639-660.
- TOUSSAINT, H. M. (2001). The Fastskin, hip, hype, but does it work? Swimming Research of the Institute for Fundamental and Clinical Movement Sciences (IFKB) <http://www.ifkb.nl/B4/indexsw.html>.
- TOUSSAINT, H. M., VAN STRAKEN, M., and STEVENS, E. (2002). Wave drag in front crawl swimming. In: Gianikelis, K. (Ed). *Proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports*. Universidad de Extremadura, Spain, pp.279-282.
- TOUSSAINT, H. M., ROOS, P. E., and KOLMOGOROV, S. (2004). The determination of drag in front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*, 37: 1655-1663.
- TOUSSAINT, H. M., and TRUIJENS, M. (2005). Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. *Animal Biology*, 55(1): p. 17-40.
- TROUP, J. P. (1999). The physiology and biomechanics of competitive swimming. *Clinics in Sports Medicine*, 18 (2): 267-285.
- VAN TILBORGH, L. M., STIJNEN, V. V., and PERSYN, U. J. (1987). Using velocity fluctuations for estimating resistance and propulsion forces in breaststroke swimming. In: B. Jonson (Ed), *Biomechanics X*, Champaign, IL, Human Kinetics, p.779-784.
- VAN DER VAART, A. J. M., SAVELBERG, H. H. C. M., DE GROOT, G., HOLLANDER, A. P., TOUSSAINT, H. M., and VAN INGEN SCHENAU, G. J.(1987). An estimation of drag in front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*, 20: 543-546.
- VENNELL, R., PEASE, D., and WILSON, B. (2006). Wave drag on human swimmers. *Journal of Biomechanics*, 39: 664-671.
- VILAS-BOAS, J. P., COSTA, L., FERNANDES, R., RIBEIRO, J., FIGUEIREDO, P., MARINHO, D. A., SILVA, A. J., ROUBOA, A. I., and MACHADO, L. (2010). Determination of the drag coefficient during the first and second gliding positions of the breaststroke underwater stroke. *Journal of Applied Biomechanics*, 26: 324-331.
- VOGEL, S. (1996). *Life in moving fluids: The physical biology of flow* (2 ed.) Princeton: Princeton University Press.
- VORONTSOV, A. R., AND RUMYANTSEV, V. A. (2000). Resistive force in swimming. In: Zatsiorsky, V. (Ed). *Biomechanics in Sport*. 1st ed. pp. 184-204.Oxford: Blackwell Science Ltd.
- WATKINS, J. and GORDON, A. T. (1983). The effects of leg action on performance in the sprint front crawl stroke. In: Hollander, A. P., Huijing, P. A., de Groot, G. (Eds). *International Series on Sport Sciences. Vol.14, Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 310-314. Champaign, IL: Human Kinetics.
- WILSON, B. D., and THORP, R. (2002). Active drag in swimming. In: Chatard, J.-C., Puget, J. M. (Eds). *Proceedings of the IX World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, St Etienne, pp.15-20.
- XIN-FENG, W., LIAN-ZE, W., WEI-XING, Y., DE-JIAN, L., and XIONG, S. (2007). A new device for estimating active drag in swimming at maximal velocity. *J Sports Sciences*, 25 (4): 375-379.
- YOUNG, HUGH. D. (1992). *University Physics* 8th edition. Addison Wesley Publishing Company, N.Y.
- ZAMPARO, P., GATTA, G., PENRERGAST, D., AND CAPELLI, C. (2009). Active and passive drag: the role of trunk incline. *Eur J Appl Physiol*, 106: 195-205.

Abstract

The effect of resistive forces on swimming

NAFPAKITOU D. and PLATANOU T.

Section of Aquatic Sports, School of Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens

The purpose of this study is to review the research relevant to resistive forces acting on the swimmers body, while simultaneously recording the resistance measurement methods and the identification of the ways these forces can be reduced, in order to give some evidence capable of playing an important role not only in the preparation of more efficient training programs but in the swimmers performance as well. The resistive force, hydrodynamic resistance or drag seems to be the most determinant factor of performance in swimming. Total hydrodynamic resistance consists of friction, pressure, wave, thrust and intrusive resistance. It is distinguished in active and passive drag. Active drag is closely associated with changes in the swimmer's body position. Passive drag which takes place during the glide phases, after starts, turns, and within stroke cycles of breaststroke, appears to be an important part of these phases. Since the possibilities for improving performance at high-level swimming are relatively limited, coaches and athletes are seeking effective methods in that direction, aiming to enhance speed without further increase in the swimmer's metabolic energy through only reducing resistive forces. So, on the one hand, swimmers should aim to adopt a streamlined position so as to nullify the difference between their performance levels and on the other hand, to develop new techniques that allow the reduction of resistive forces while enhancing performance.

Key words: ACTIVE DRAG, PASSIVE DRAG, FRICTION DRAG, PRESSURE DRAG, WAVE DRAG

Main references

- FORMOSA, D.P., MASON, B., and BURKETT, B. The force-time profile of elite front crawl swimmers. *J Sports Sciences*, 29 (8): 811-819, 2011.
- HOCHSTEIN, S., PACHOLAK, S., BRÜCKER, C., SIEBERT, T. and BLICKHAN, R. Drag reduction by underwater undulatory swimming? An experimental and numerical approach. In: B. Mason, D. Barnes, D. Jukes, & N Vlahovich (Eds), *Proceedings of the XIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, Canberra, Australia: Australian Institute of Sport, p.141-147, 2014.
- MASON, B.R., FORMOSA, D.P. and TOUSSAINT, H.M. A method to estimate active drag over a range of swimming velocities which may be used to evaluate the stroke mechanics of the swimmer. In: P.-L. Kjendlie, R. K. Stallman, & J. Cabri (Eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming XI, Norwegian School of Sport Science*, Oslo, Norway, p. 124-127, 2010.
- PENDERGAST, D.R., MOLLENDORF, J., ZAMPARO, P., TERMIN, A., BUSHNELL, D. and PASCHKE. The influence of drag on human locomotion in water. *Undersea Hyperb Med*, 32: 45-58, 2005.
- SACILOTTO, G.B.D., BALL, N., and MASON, B. R. A biomechanical review of the techniques used to estimate or measure resistive forces in swimming. *J Appl Biomechanics* 30: 119-127, 2014.

Correspondance with first author

Nafpaktitou Dimitra, e-mail: nafpaktid@phed.uoa.gr

Οι τάσεις στο σύγχρονο ποδόσφαιρο

Θωμάς Μεταξάς

Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας - Εργομετρίας, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

ΜΕΤΑΞΑΣ Θ. Οι τάσεις στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. *Κινησιολογία*, Εαρινή Περίοδος 2016, Τόμος 6, Τεύχος 1, Σελ. 61-65. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να περιγράψει τις τάσεις που επικρατούν στο σύγχρονο ποδόσφαιρο υψηλού επιπέδου, όπως προκύπτουν από την ανάλυση των αγώνων στο υψηλό ανταγωνιστικό επίπεδο του UEFA Champions League των περιόδων 2011-12, 2012-13, 2013-14 και του Παγκοσμίου Κυπέλλου 2014. Οι τάσεις αυτές αναφέρονται στους τακτικούς σχηματισμούς, στο παιχνίδι κατοχής της μπάλας, στην πίεση στον αντίπαλο και στο προφίλ των ποδοσφαιριστών. Επιπλέον, με βάση σχετικές έρευνες γίνεται αναφορά και σε άλλες κυρίαρχες τάσεις που σχετίζονται με την κινητικότητα στην επίθεση, την ισορροπία μεταξύ των γραμμών, την αντεπίθεση, την επίδραση του πλεονεκτήματος της έδρας και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της αντίπαλης ομάδας κατά τη φάση επανόρθωσης της μπάλας.

Λέξεις κλειδιά: ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ, ΤΑΣΕΙΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ, ΠΡΟΦΙΛ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΙΣΤΗ, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Η ανάλυση των μεγάλων ποδοσφαιρικών γεγονότων σε συλλογικό και εθνικό επίπεδο θέτει τις κατευθύνσεις ανάπτυξης και βελτίωσης του επιπέδου του ποδοσφαίρου. Το υψηλό ανταγωνιστικό επίπεδο σε συλλογικό επίπεδο στους αγώνες του UEFA Champions League και Europa League ετησίως, καθώς και οι διοργανώσεις του Παγκόσμιου Κυπέλλου με τη συμμετοχή των εθνικών ομάδων από όλες τις ηπείρους, κάθε τέσσερα χρόνια, δείχνουν τις τάσεις που θα ακολουθήσουν στο ποδόσφαιρο τα επόμενα χρόνια (UEFA 2012, 2013, 2014, FIFA 2014). Οι αναλύσεις των ποδοσφαιρικών αυτών γεγονότων υποδεικνύουν τις δομικές καταστάσεις (σχηματισμοί ομάδων), φανερώνουν τις προπονητικές σκέψεις, και τις παιχνιδιακές λεπτομέρειες, και επίσης αναδεικνύουν τις προοπτικές του παιχνιδιού. Τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία στα οποία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση, στις πρόσφατες διοργανώσεις, είναι ο σχηματισμός και το στυλ παιχνιδιού, η μετάβαση από τη φάση κατοχής του παιχνιδιού στη φάση ανάκτησης της μπάλας από τον αντίπαλο (transition), οι φυσικές ικανότητες, και ιδιαίτερα η ταχύτητα και η αντοχή σε υψηλή ένταση, οι τεχνικές δεξιότητες κάτω από την πίεση του χώρου, του χρόνου και του αντιπάλου, η επίτευξη τερμάτων και η νίκη.

Η ερώτηση κλειδί που πρέπει να απαντηθεί είναι ποιες τεχνικές δεξιότητες και ποιες τακτικές συμπεριφορές μεταβάλλονται στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. Από την ανάλυση των αγώνων προκύπτει ότι σε τεχνικό επίπεδο αυξάνεται περισσότερο το παιχνίδι των κοντινών μεταβιβάσεων που οδηγεί σε συνδυαστικό παιχνίδι, με παίκτες στηρίγματα, με χρησιμοποίηση παικτών στα άκρα της επίθεσης με αντίθετο πόδι και απο-

τελεσματικότητα στο τελείωμα των φάσεων (UEFA 2012, 2013, 2014). Σε τακτικό επίπεδο αυξάνονται οι αντεπιθέσεις με κύριο χαρακτηριστικό την αντεπίθεση στην αντεπίθεση με αποτέλεσμα ο ρυθμός και η ένταση του αγώνα να είναι ιδιαίτερα υψηλός, να χρησιμοποιείται ένας κεντρικός επιθετικός και να κινούνται πίσω από την πλάτη του οι επιθετικοί χαφ παίζοντας σημαντικό ρόλο στην επίτευξη δημιουργίας τερμάτων (UEFA 2012, 2013, 2014, Liu et al. 2015). Στην αμυντική λειτουργία εμφανίζονται δύο ζώνες άμυνας σε σχηματισμό 1-4-5-1 ή σε λιγότερες περιπτώσεις 1-4-6-0. Αντίθετα, οι τεχνικο-τακτικές τάσεις που μειώνονται είναι η εφαρμογή του ένας προς ένα (man-to-man) και οι αμυντικοί στα δοκάρια στις στατικές φάσεις, το οφσάιντ, το παιχνίδι με μεγάλες μεταβιβάσεις, ο χώρος και ο χρόνος, οι «παραδοσιακοί» ακραίοι επιθετικοί, οι προβλέψιμες κινήσεις και ο αιφνιδιασμός, οι ανατροπές στο σκορ και το ρίσκο (UEFA 2012, 2013, 2014).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αναλύσει τις νέες τάσεις που επικρατούν στο σύγχρονο ποδόσφαιρο υψηλού επιπέδου, όπως αυτές προκύπτουν μέσα από τη μελέτη των μεγάλων ποδοσφαιρικών διοργανώσεων του UEFA Champions League σε συλλογικό επίπεδο και των Παγκόσμιων Κυπέλλων σε εθνικό επίπεδο. Η γνώση που θα προκύψει μπορεί να εξυπηρετήσει τους προπονητές προκειμένου να σχεδιάσουν μακροχρόνια τη δημιουργία ποδοσφαιριστών και το παιχνίδι του αύριο.

Ανάλυση παιχνιδιού

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές έρευνες οι οποίες αναφέρονται στις φυσικές απαιτήσεις, τις αγωνιστικές ενέργειες και τις δραστηριότητες των ποδοσφαιριστών, όπως αυτές αναπτύσσονται μέσα στον αγωνιστικό χώρο (Castellano et al. 2012, Clemente et al. 2013). Η ένταση και ο αγωνιστικός ρυθμός παιχνιδιού εξαρτάται από το σχηματισμό, τη θέση και

Επικοινωνία με συγγραφέα

Θωμάς Μεταξάς, e-mail: tommet@phed.auth.gr

το ρόλο των παικτών μέσα στο γήπεδο, το στυλ του παιχνιδιού, το ανταγωνιστικό επίπεδο και το κίνητρο του παιχνιδιού, καθώς και το προπονητικό επίπεδο απόδοσης της ομάδας.

Η ανάλυση αγώνων δείχνει πως οι δραστηριότητες σε υψηλή ένταση είναι σημαντικότερες στο σύγχρονο ποδόσφαιρο (Ingebrigtsen et al. 2015). Λίγες όμως έρευνες αναφέρονται στις εξειδικευμένες απαιτήσεις της κάθε θέσης (Metaxas et al. 2006, Boone et al. 2012). Πιο συγκεκριμένα, μετά από έρευνα 67 αγώνων διαπιστώθηκε πως οι απαιτήσεις κάθε θέσης είναι διαφορετικές με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις να παρατηρούνται ανάμεσα στους επιθετικούς και τους πλάγιους αμυντικούς. Επιπλέον, οι Bush et al. 2015 και Gregson et al. 2010 μελετώντας την εξέλιξη της απόδοσης κατά τη διάρκεια των αγώνων στην Premier League διαπίστωσαν ότι οι φυσικές απαιτήσεις και ειδικότερα στο τρέξιμο υψηλής έντασης παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στους αμυντικούς (κεντρικούς και πλάγιους αμυντικούς) και στους παίκτες του κέντρου (30-36%) συγκριτικά με τους επιθετικούς (πλάγιους επιθετικούς και φορ, 24-27%). Αντίθετα, η υψηλή ταχύτητα που καταγράφηκε ήταν για τους κεντρικούς αμυντικούς 604 ± 164 m, τους πλάγιους αμυντικούς 951 ± 231 m, τους κεντρικούς μέσους 916 ± 253 m, τους πλάγιους επιθετικούς 1162 ± 247 m και τους κεντρικούς επιθετικούς 941 ± 250 m, αντίστοιχα. Η τάση αυτή αποδίδεται στη φυσική προετοιμασία και τη βελτίωση της αερόβιας απόδοσης, αλλά και το υψηλό επίπεδο ανάπτυξης της φυσικής κατάστασης των ποδοσφαιριστών (Bush et al. 2015, Gregson et al. 2010). Ακόμα και στους τελικούς των διοργανώσεων οι ομάδες που αγωνίστηκαν είχαν εντυπωσιακά δεδομένα από τη στατιστική ανάλυση στη διάρκεια τρεξίματος και στις αποστάσεις που κάλυψαν, όπως και στον αριθμό των σπριντ που εκτέλεσαν. Παρόλο που πολλές φορές τα στατιστικά δε βρίσκονται σε απόλυτη συνάρτηση με το θετικό αποτέλεσμα, οι τελικοί αγώνες των τελευταίων χρόνων δημιούργησαν εύλογα ερωτηματικά στη σημαντικότητα του ρόλου της έντασης του παιχνιδιού και της σημασίας της φυσικής κατάστασης στην έκβαση του τελικού αποτελέσματος (Vigne et al. 2010, Suarez-Arrones et al. 2014).

Τακτικοί σχηματισμοί. Οι ομάδες υψηλού επιπέδου απέδειξαν ότι οι σχηματισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. Η επιτυχία εξαρτάται από μια αμυντικά πειθαρχημένη τακτική συμπεριφορά και μια ευέλικτη επιθετική δημιουργικότητα. Στις τελευταίες διοργανώσεις υψηλού αγωνιστικού επιπέδου του UEFA Champions League κυριαρχεί ο σχηματισμός 1-4-2-3-1 σε ποσοστό που ανέρχεται σε 47%, ενώ ο σχηματισμός 1-4-3-3 εφαρμόζεται σε ποσοστό 23% από τις ομάδες που συμμετέχουν στη διοργάνωση. Η συνολική ποσοστιαία αναλογία της τάξης του 70%, φανερώνει πως οι δύο αυτοί σχηματισμοί μπορούν να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού με μεγαλύτερη ευελιξία σε σχέση με το σχηματισμό της αντίπαλης ομάδας (UEFA 2012, 2013, 2014). Αυτό που έχει παρατηρηθεί είναι πως τα τελευταία χρόνια οι σχηματισμοί έχουν γίνει πιο ευέλικτοι, καθώς μέσα στα 90 λεπτά ενός αγώνα ο σχηματισμός της κάθε ομάδας

μπορεί να προσαρμοστεί ευκολότερα σε πιθανή αλλαγή των αγωνιστικών συνθηκών και του σχηματισμού της αντίπαλης ομάδας. Έτσι, η κυρίαρχη τάση των σύγχρονων σχηματισμών είναι το 1-4-2-3-1 και το 1-4-3-3 και ακολουθούν οι σχηματισμοί 1-4-4-2 σε ποσοστό 27%, και το 1-3-4-3 και το 1-3-5-2 να βρίσκουν εφαρμογή μόνο από 2 ομάδες, αλλά με αυξητική τάση εφαρμογής του από περισσότερες ομάδες τα τελευταία χρόνια.

Ο αρχικός σχηματισμός εξαρτάται από τα τεχνικο-τακτικά χαρακτηριστικά και την ποιότητα των παικτών, την προπονητική φιλοσοφία, τις ειδικές καταστάσεις και τις αγωνιστικές συνθήκες, τον αντίπαλο και τα προηγούμενα αποτελέσματα, ενώ η αλλαγή του σχηματισμού μπορεί να οφείλεται σε τακτικές ανάγκες, τραυματισμούς, διαιτητικές αποφάσεις, αποτέλεσμα του αγώνα και αποφάσεις του προπονητή. Από τις αναλύσεις των αγώνων διαπιστώθηκε, ότι η επιλογή του κατάλληλου σχηματισμού αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς οι ομάδες δείχνουν να ανταποκρίνονται και να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις του παιχνιδιού μ' ένα καλά οργανωμένο και πειθαρχημένο αμυντικό σύνολο, ενώ στη φάση της επίθεσης δίνεται η δυνατότητα για ένα πιο ελεύθερο και δημιουργικό παιχνίδι.

Κάθε σχηματισμός εξυπηρετεί την υλοποίηση της αγωνιστικής ιδέας, τις τακτικές κινήσεις και τον τρόπο συμπεριφοράς των παικτών στις απαιτήσεις και τις φάσεις του παιχνιδιού στις διάφορες θέσεις. Σημαντικό ρόλο στην επιλογή του σχηματισμού έχει η ικανότητα του προπονητή, να τοποθετεί τους παίκτες του με ιδανικό τρόπο στον αγωνιστικό – και σε εξάρτηση από τον αντίπαλο – έτσι ώστε να δημιουργούν αγωνιστικές καταστάσεις αριθμητικού πλεονεκτήματος σε άμυνα και επίθεση και να αντιμετωπίζουν καταστάσεις αριθμητικού μειονεκτήματος ή ισοριθμίας. Με τους σχηματισμούς λοιπόν καθορίζονται η βασική διάταξη, οι θέσεις και οι χώροι των παικτών.

Παιχνίδι κατοχής της μπάλας. Το σύγχρονο ποδόσφαιρο έχει επιβάλει έναν τρόπο παιχνιδιού, όπου ένα από τα ζητούμενα είναι το παιχνίδι κυριαρχίας με την επιβολή του ρυθμού της κάθε ομάδας μέσα από υψηλά ποσοστά κατοχής της μπάλας, γεγονός που υποστηρίζεται από τη σημαντική βελτίωση της τεχνικής κατάρτισης των ποδοσφαιριστών τη τελευταία δεκαετία (Almeida et al. 2014). Το παιχνίδι κατοχής θεωρείται σημείο-κλειδί για την επιτυχία στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. Όμως, βασικός στόχος είναι ο συνδυασμός και η σύνδεση μεταξύ της κατοχής της μπάλας και του τελικού αποτελέσματος (Collet 2013). Τα κυριότερα ευρήματα μιας έρευνας έδειξαν πως οι ομάδες που υπερέχουν σε ποσοστιαία αναλογία στην κατοχή της μπάλας, στο τέλος πετυχαίνουν και τη νίκη. Σε αγώνες επιπέδου UEFA Champions League, επισημαίνεται ότι η κυριαρχία στο παιχνίδι κατοχής της μπάλας πολλές φορές δεν προσφέρει εγγύηση για επιτυχία, και πως αυτός ο τρόπος παιχνιδιού δεν εξασφαλίζει πάντα το θετικό αποτέλεσμα. Η τάση του σύγχρονου τρόπου παιχνιδιού με πολλές μεταβιβάσεις είναι ξεκάθαρη, καθώς σε ποσοστό πάνω από 50% οι ομάδες εμφανίζουν αριθμό μεταβιβάσεων

>500, σημαντικά μεγαλύτερος από τις 400 περίπου μεταβιβάσεις πριν από μερικά χρόνια (Bradley et al. 2013). Επίσης, διαπιστώνεται σημαντική συσχέτιση μεταξύ των σουτ, των μεταβιβάσεων και της επιτυχίας στο παιχνίδι, παράγοντες ικανοί να προβλέψουν το τελικό αποτέλεσμα. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων από τους αγώνες δείχνει ότι είναι πιο ασφαλής η χρήση μικρών μεταβιβάσεων, καθώς τα ποσοστά των μεγάλων μεταβιβάσεων, κυρίως από τους τερματοφύλακες δεν είναι ικανοποιητικά (Di Salvo et al. 2008).

Πίεση στον αντίπαλο. Στις τελευταίες διοργανώσεις παρατηρήθηκε μεγάλη ποικιλία στους τρόπους μετάβασης από την άμυνα στην επίθεση και τανάπαλιν (π.χ. εφαρμογή γρήγορης υποχώρησης και δημιουργίας αμυντικού μπλοκ, από την Inter Milano, ενώ περισσότερες από τις μισές ομάδες, όπως η Barcelona, η Arsenal, η Chelsea και η Bayern Munich στόχευαν να κερδίσουν τη μπάλα όσο πιο γρήγορα μπορούσαν κοντά στο σημείο που είχε χαθεί και άλλες ομάδες, όπως η Lyon, η Real Madrid και η Tottenham ασκούσαν πίεση στη μπάλα ανάλογα με τις συνθήκες του παιχνιδιού (UEFA 2012, 2013, 2014). Η κύρια τάση που επικρατεί είναι να υπάρχει πίεση στον χώρο όπου χάνεται η μπάλα με στόχο τη γρήγορη επανάκτηση της με τη δημιουργία αμυντικών μπλοκ και σωστά συντονισμένες και συλλογικές κινήσεις, έτσι ώστε να περιοριστούν οι επιλογές για μικρή μεταβίβαση, να οδηγήσουν σε λάθος τον αντίπαλο και να εκμεταλλευτούν τη μικρότερη απόσταση προς την αντίπαλη εστία.

Οι τρόποι άμυνας που εφαρμόζονται είναι τρεις: 1) Πίεση στον κάτοχο της μπάλας από τον αμυνόμενο, 2) Δημιουργία συμπαγούς αμυντικού μπλοκ από μεγάλο αριθμό παικτών, έτσι ώστε να περιοριστούν οι επιλογές για μικρές μεταβιβάσεις, 3) Ομαδική πίεση (pressing) με την αμυντική γραμμή ψηλά, ώστε να περιορίζονται οι χώροι.

Αντίθετα με το παρελθόν, όπου το φαινόμενο της πίεσης ψηλά δεν ήταν αρκετά συνηθισμένο, οι ομάδες πλέον έχουν υιοθετήσει την αμυντική λειτουργία αυτού του είδους, γεγονός που αποδεικνύει και την επιθετική φιλοσοφία και τάση των ομάδων. Αυτό το γεγονός επιβεβαιώνεται και από τον αριθμό των κίτρινων καρτών που δέχονται οι επιθετικοί, καθώς το επιθετικό τρίτο αποτελεί πλέον την πρώτη γραμμή άμυνας.

Η επικράτηση του φαινομένου της πίεσης και της εφαρμογής του pressing ψηλά (άμυνα στο επιθετικό τρίτο του γηπέδου) από τις ομάδες εφαρμόζεται σε πολλές περιπτώσεις εξαιτίας κυρίως των παρακάτω αγωνιστικών ενεργειών του αντιπάλου όπως:

- Ο τρόπος ανάπτυξης του αντιπάλου με το κτίσιμο της επίθεσης από πίσω
- Οι τεχνικές δεξιότητες των αμυντικών
- Η έδρα (παιχνίδι εντός έδρας)
- Το σκορ του αγώνα
- Ο υπολειπόμενος χρόνος παιχνιδιού

Η επίδραση της έδρας, του αγώνα και της ποιότητας της αντίπαλης ομάδας στην επανάκτηση της μπάλας. Είναι

γνωστό, ότι οι ομάδες υψηλού επιπέδου βασίζουν την επιτυχία τους σε στρατηγικές όπου κυριαρχεί η κατοχή της μπάλας. Η κατοχή όμως, εξαρτάται άμεσα από την επανάκτηση της μπάλας όταν την έχει ο αντίπαλος. Είναι λοιπόν ιδιαίτερα χρήσιμο οι προπονητές να εξηγούν και να ασχολούνται στην προπονητική διαδικασία με το πώς, πού και πότε θα προσπαθήσουν οι παίκτες να ανακτήσουν τη μπάλα.

Οι ομάδες στην έδρα τους έχουν τη τάση να αγωνίζονται πιο επιθετικά και πιο αμυντικά όταν παίζουν εκτός έδρας, με το πλεονέκτημα της έδρας να έχει σημαντικό ρόλο στην έκβαση του παιχνιδιού και στο τελικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, το πιο σημαντικό στην εξήγηση της κατοχής και της πίεσης είναι το συνολικό σκορ. Μερικές έρευνες δείχνουν ότι όταν μια ομάδα έχει καλό ποσοστό κατοχής της μπάλας και είναι πίσω στο σκορ, τότε, η εξήγηση που δίνεται είναι ότι οι ομάδες με χαμηλότερο ποσοστό κατοχής της μπάλας προτιμούν να δώσουν χώρο στην αντίπαλη ομάδα και να απειλήσουν με αντεπιθέσεις (Poulter et al. 2009). Η ποιότητα του αντιπάλου είναι επίσης σημαντική, καθώς οι δυνατές ομάδες έχουν την κατοχή της μπάλας ακολουθώντας ένα πιο σταθερό στυλ παιχνιδιού. Η έδρα παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο, καθώς στην έδρα τους οι ομάδες είναι πιο αποτελεσματικές στην ανάκτηση της μπάλας χωρίς παρέμβαση από τον τερματοφύλακα. Επίσης, στα εντός έδρας παιχνίδια οι ομάδες επηρεάζονται και από το φίλαθλο κοινό, με τις ομάδες που αναλύθηκαν να κερδίζουν τη μπάλα στο δικό τους μισό σε ποσοστό 81% (Staufenbiel et al. 2015). Τα παραπάνω ευρήματα επιβεβαιώνουν ότι η έδρα επηρεάζει την ανάκτηση της μπάλας, κυρίως σε χώρους κοντά στην αντίπαλη εστία. Επιπλέον, οι ομάδες που εφαρμόζουν οργανωμένα πίεση για να ανακτήσουν τη μπάλα αμύνονται μακριά από την εστία τους. Έτσι, φτάνουν κοντά στη εστία των αντιπάλων πιο γρήγορα έχοντας να διανύσουν μικρότερες αποστάσεις και βρίσκοντας τον αντίπαλο αναδιοργανωμένο.

Προφίλ ποδοσφαιριστών. Μια ομάδα χρειάζεται στο γήπεδο παίκτες που μπορούν να αντιληφθούν και να εφαρμόσουν το αγωνιστικό τακτικό πλάνο. Χρειάζεται όμως και εκείνους που λειτουργούν πιο ελεύθερα και δείχνουν, όσο περισσότερο γίνεται, το ταλέντο τους στον αγωνιστικό χώρο. Έτσι, όταν μια ομάδα καταφέρνει να συνδυάσει σωστά αυτά τα δύο χαρακτηριστικά, αποκτά και έχει μεγάλο πλεονέκτημα για τη νίκη. Μέσα από την παρατήρηση των αγώνων γίνεται ξεκάθαρα κατανοητό πως οι ποδοσφαιριστές πρέπει να προσαρμόζονται σε διαφορετικές από τις αρχικές τους θέσεις, δίνοντας το πλεονέκτημα της τακτικής ευελιξίας στον προπονητή και την ομάδα.

Η θέση του τερματοφύλακα έχει προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του σύγχρονου ποδοσφαίρου (Di Salvo et al. 2008). Έτσι, είναι απόλυτα κατανοητό πως ο τερματοφύλακας εκτός από το κύριο μέλημά του που είναι η προστασία της εστίας του να μη δεχθεί γκολ, πρέπει:

- να παραμένει συγκεντρωμένος στις φάσεις αδράνειας (όταν η μπάλα παίζεται μακριά από την εστία του),

- να είναι σε θέση να ξεκινήσει την ανάπτυξη της ομάδας από πίσω με σωστές μικρές και μεγάλες μεταβιβάσεις και να δίνει στήριγμα στους συμπαίκτες του,
- να διαβάζει το παιχνίδι και να καθοδηγεί τους συμπαίκτες του, και τέλος
- να εμφανίζει την ικανότητα αντιμετώπισης καταστάσεων έξω από την περιοχή, έτσι ώστε να μπορεί να παρέμβει και να προλάβει επικίνδυνες καταστάσεις.

Οι αμυντικοί παίκτες πρέπει να διαθέτουν:

- υψηλό επίπεδο τεχνικής κατάρτισης
- συμμετοχή στο κτίσιμο της επίθεσης από πίσω
- εξαιρετικές ανασταλτικές ικανότητες

Οι παίκτες του κέντρου, εκτός από το υψηλό επίπεδο τεχνικής κατάρτισης και φυσικών ικανοτήτων πρέπει να έχουν:

- ανεπτυγμένες αντιληπτικές ικανότητες
- ποδοσφαιρική ευφυΐα
- δημιουργικότητα
- συμμετοχή στην αξιοποίηση των κενών χώρων

Οι περισσότερες ομάδες τοποθετούν στην κορυφή της επίθεσης έναν μόνο επιθετικό, με καθήκοντα, εκτός από το σκοράρισμα να αποτελεί σημείο αναφοράς ως ο παίκτης που κρατάει βάθος, και μπορεί να κρατήσει τη μπάλα και να δημιουργήσει ή να αξιοποιήσει κενούς χώρους και προϋποθέτουν:

- καλά ανεπτυγμένες φυσικές ικανότητες και τεχνικές δεξιότητες
- υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης, αυτοελέγχου και πειθαρχίας
- κυρίαρχη τάση (62,5% των ομάδων) να παίζουν οι ακραίοι επιθετικοί με το πόδι της αντίθετης πλευράς, έτσι ώστε να συγκλίνουν και να δημιουργούν απειλητικές καταστάσεις για την αντίπαλη εστία.

Κινητικότητα στην επίθεση-Ισορροπία μεταξύ των γραμμών. Σύμφωνα με τον προπονητή Fabio Capello, βασικός στόχος μετά από μια καλή αμυντική λειτουργία είναι να συμμετέχουν όσο το δυνατό περισσότεροι παίκτες στη φάση της επίθεσης (το λιγότερο 4) και κατά προτίμηση να βρεθούν μέσα στην αντίπαλη περιοχή. Στο UEFA Champions League Technical Report γίνεται αναφορά πως στο πλαίσιο της ισορροπίας μεταξύ άμυνας και επίθεσης έχει προαχθεί και προσδοθεί μια μεγάλη ελευθερία κίνησης στους επιθετικούς παίκτες. Ο Sir Alex Ferguson τονίζει ότι ο σύγχρονος ρόλος του επιθετικού είναι κυρίως να κινείται και να δημιουργεί χώρους στους συμπαίκτες του. Όμως, η κατάλληλη ισορροπία επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο αμυντικών μέσων, ενός ποδοσφαιριστή με πολύ καλά τεχνικά χαρακτηριστικά και ικανό να δημιουργήσει το παιχνίδι της ομάδας και έναν πολύ καλό αμυντικό μέσο, με εξαιρετικές ικανότητες στα ανασταλτικά καθήκοντα (Sporis et al. 2012). Επιπλέον, οι Sporis et al 2012 με την εργασία τους αυτή διεύρυναν τις γνώσεις και οδήγησαν σε καλύτερη κατανόηση και γνώση, καθώς ένα μεγάλο

εύρος τεχνικο-τακτικών ενεργειών στις φάσεις άμυνας και επίθεσης κατηγοριοποιήθηκαν σε επιμέρους φάσεις, όπως:

- το τελείωμα των φάσεων στην επίθεση
- την επίδραση του παράγοντα κατοχής της μπάλας
- την επίδραση του παράγοντα εφαρμογής των αντεπιθέσεων
- την επίδραση του παράγοντα εφαρμογής της συνδυαστικής άμυνας
- την επίδραση του παράγοντα στη φάση μετάβασης και στην εναλλαγή της αγωνιστικής κατάστασης

Ο Arsene Wenger υποστηρίζει ότι δεν αρκεί μόνο το τρέξιμο και η καλή φυσική κατάσταση, καθώς η κατανόηση του παιχνιδιού είναι πιο σημαντική, όπως επίσης η ταχύτητα πρόσληψης και λήψης απόφασης, καθώς και η ψυχική αντοχή.

Αντεπίθεση στην αντεπίθεση. Από το «ανοιχτό» παιχνίδι το 27% των τερμάτων που επιτεύχθηκαν προέρχονταν από αντεπιθέσεις, και σύμφωνα με τον προπονητή Jürgen Klopp είναι ιδιαίτερα σημαντική η ικανότητα να κινείται η ομάδα γρήγορα μπροστά όταν υπάρχουν ελεύθεροι χώροι. Η ταχύτητα εναλλαγής της κατάστασης του παιχνιδιού σήμερα είναι πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα οι περισσότερες αντεπιθέσεις να περιλαμβάνουν 4-5 παίκτες που συμμετέχουν στην επίθεση. Με την άποψη αυτή συμφωνεί και ο Sir Alex Ferguson τονίζοντας ότι πρέπει να κυριαρχείς στο χώρο που υπάρχει μπροστά σου. Επιπλέον, ο José Mourinho τονίζει ότι οι εναλλαγές από την άμυνα στην επίθεση και το αντίστροφο έχουν γίνει πολύ σημαντικές και περισσότερο πρέπει να δίνεται έμφαση στις εναλλαγές συμπεριφοράς στις τέσσερις φάσεις του παιχνιδιού. Αφού λοιπόν, οι εναλλαγές συμπεριφοράς έχουν γίνει τόσο σημαντικές η αντεπίθεση στην αντεπίθεση έχει γίνει η κύρια τάση, σύμφωνα με τον Arsene Wenger. Το σύγχρονο ποδόσφαιρο έχει γίνει πιο γρήγορο, πιο τεχνικό και θα συνεχίζει να γίνεται ακόμα περισσότερο.

Στο υψηλό ανταγωνιστικό συλλογικό και εθνικό επίπεδο «μια λεπτή γραμμή χωρίζει την ήττα από τη νίκη» και αυτή η λεπτή γραμμή μπορεί να είναι:

- μια κίνηση του προπονητή
- μια απόφαση του διαιτητή
- μια στατική φάση
- μια ατομική ενέργεια
- μια γρήγορη αντεπίθεση
- ένας συνδυασμός
- ένα τυχαίο περιστατικό

Συνοψίζοντας, η θεματολογία που αναπτύχθηκε στην εργασία αυτή, ελπίζω, να δώσει στους προπονητές ιδέες και σκέψεις που προκύπτουν από τις σύγχρονες τάσεις του επαγγελματικού ποδοσφαίρου σε κορυφαίο επίπεδο. Επιπλέον, η παρούσα ανασκόπηση προσφέρει στους προπονητές, που δραστηριοποιούνται στην αναζήτηση και στην ανάλυση δεδομένων από το παιχνίδι, σημαντικές πληροφορίες και γνώσεις για το που μπορεί να οδηγηθεί το ποδόσφαιρο στο μέλλον.

Βιβλιογραφία

- ALMEIDA CH, FERREIRA AP and VOLOSSOVITCH A. Effects of Match Location, Match Status and Quality of Opposition on Regaining Possession in UEFA Champions League. *J Hum Kinet* 8: 203-214, 2014.
- BOONE J, VAEYENS R, STEYAERT A, VANDEN BOSSCHE L and BOURGOIS J. Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. *J Strength Cond Res* 26: 2051-2057, 2012.
- BRADLEY PS, LAGO-PENAS C, REY E and GOMEZ DIAZ A. The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*, 31: 1261-1270, 2013.
- BUSH M, BARNES C, ARCHER DT, HOGG B and BRADLEY PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human Mov Sci* 39: 1-11, 2015.
- CASTELLANO J, BLANCO-VILLASENOR A and ALVAREZ D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int J Sports Med* 32: 415-421, 2011.
- COLLET C. The possession game? A comparative analysis of ball retention and team success in European and international football, 2007-2010. *J Sports Sci* 31: 123-136, 2013.
- CLEMENTE FM, COUCEIRO MS, MARTINS FM, IVANOVA MO and MENDES R. Activity profiles of soccer players during the 2010 world cup. *J Hum Kinet* 8: 201-211, 2013.
- DI SALVO V, BENITO PJ, CALDERON FJ, DI SALVO M and PIGOZZI F. Activity profile of elite goalkeepers during football match-play. *J Sports Med Phys Fitness*, 48: 443-446, 2008.
- FIFA (2014). Technical Report and Statistics FIFA World Cup Brazil 2014.
- GREGSON W, DRUST B, ATKINSON G and SALVO VD. Match-to-match variability of high-speed activities in Premier League soccer. *Int J Sports Med* DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1247546>, 2010.
- INGEBRIGTSEN J, DALEN T, HJELDE GH, DRUST B and WISLOFF U. Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *Eur J Sport Sci* 15: 101-110, 2015.
- LIU H, GOMEZ MA, LAGO-PENAS C and SAMPAIO J. Match statistics related to winning in the group stage of 2014 Brazil FIFA World Cup. *J Sports Sci* 33: 1205-1213, 2015.
- METAXAS T, SENDELIDES T, KOUTLIANOS N and MANDROUKAS K. Seasonal variation of aerobic performance in soccer players according to positional role. *J Sports Med Phys Fitness* 46: 520-525, 2006.
- POULTER DR. Home advantage and player nationality in international club football. *J Sports Sci* 27: 797-805, 2009.
- SPORIS G, SAMIJA K, VLAHOVIC T, MILANOVIC Z, BARISIC V, BONACIN D and TALOVIC M. The latent structure of soccer in the phases of attack and defense. *Coll Antropol* 36: 593-603, 2012.
- STAUFENBIEL K, LOBINGER B and STRAUSS B. Home advantage in soccer - A matter of expectations, goal setting and tactical decisions of coaches? *J Sports Sci* 6: 1-10, 2015.
- SUAREZ-ARRONES L, TORRENO N, REQUENA B, SAEZ DE VILLARREAL E, CASAMICHANA D, BARBERO-ALVAREZ JC and MUNGUIA-IZQUIERDO D. Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness*, [Epub ahead of print]. (2014).
- UEFA (2014). UEFA Champions League Technical report 2013-14.
- UEFA (2013). UEFA Champions League Technical report 2012-13.
- UEFA (2012). UEFA Champions League Technical report 2011-12.
- VIGNE G, GAUDINO C, ROGOWSKI I, ALLOATTI G and HAUTIER C. Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sports Med* 31: 304-310, 2010.

Abstract

New trends in modern soccer

METAXAS T.

Laboratory of Ergophysiology-Ergometry, Department of Physical Education and Sport Science, Aristotelian University of Thessaloniki

The aim of this study is to report the trends that prevails in high level modern soccer, as this arises from the analysis of highly competitive level matches of UEFA Champions League during the periods 2011-12, 2012-13, 2013-14 and the World Cup 2014 (UEFA 2012, 2013, 2014). These trends refer to tactical shapes, to their flexibility in changes during matches, to the ball possession, to putting the opponent under pressure and to the players' profile. What becomes obvious from the analysis of the games is the fact that close passes increase, which can lead to various combinations, as well as the efficiency at the end of each phase. Moreover, according to relevant research, there has been a report on other prevailing trends connected to the combination play, the balance among lines, the impact from playing at home, the quality characteristics and the attitude of the opponent while recovering the ball. At a tactical level, the counterattacks with the main characteristic attack- to-attack increase and as a result, the intensity of the game is extremely high and certainly the particularly increased demands in terms of physical fitness (Ingebrigtsen et al. 2015, Suarez-Arrones et al. 2014). On the contrary, the technical-tactical trends that seem progressively reduced are: the man-to man pattern, the defenders at the goalkeeper goal in set plays, off-sides, the game with long passes, place and time, the "traditional" extreme wingers, the predictable moves and the element of surprise, the overthrow in scores and the risk-taking. In conclusion, it must be admitted that the opinions and the topics raised in this manuscript may offer ideas and thoughts to the coaches, which highlight modern trends at the highly competitive level of soccer. Finally, this review can give vital information to the coaches from the analysis of the data, as well as knowledge on how soccer can evolve in the future.

Key words: MODERN SOCCER, TRENDS, GAME ANALYSIS, SOCCER PLAYER PROFILE, GAME DEMANDS

Main references

- ALMEIDA CH, FERREIRA AP and VOLOSSOVITCH A. Effects of Match Location, Match Status and Quality of Opposition on Regaining Possession in UEFA Champions League. *J Hum Kinet* 8: 203-214, 2014.
- BRADLEY PS, LAGO-PENAS C, REY E and GOMEZ DIAZ A. The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*, 31: 1261-1270, 2013.
- CASTELLANO J, BLANCO-VILLASENOR A and ALVAREZ D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int J Sports Med* 32: 415-421, 2011.

Correspondance with author

Metaxas T., e-mail: tommet@phed.auth.gr

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

Βιολογική Κατεύθυνση

Εαρινή Περίοδος 2016 • Τόμος 6 • Τεύχος 1