



ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

Τόμος 5 • Τεύχος 2 • Νοέμβριος 2014

βιολογική κατεύθυνση

ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ • Βιολογική Κατεύθυνση • Τόμος 5 • Τεύχος 2 • Νοέμβριος 2014

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 οποιοδήποτε μέσο ή τρόπο απαιτείται προηγούμενη γραπτή άδεια του Διευθυντή.

Περιεχόμενο

Η ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ περιλαμβάνει επιστημονικές εργασίες υπό μορφή ερευνητικού άρθρου, ανασκόπησης βιβλιογραφίας ενός επιστημονικού αντικείμενου και ανάλυσης ατομικών εξαιρετικών περιστατικών. Εστιάζεται σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις: τη Βιολογική και την Ανθρωπιστική. Η Βιολογική κατεύθυνση αφορά στα πεδία της Αθλητιατρικής, Αθλητικής Βιομηχανικής, Αθλητικής Διατροφής, Αθλητικής Φυσικοθεραπείας, Εργοφυσιολογίας, Εργομετρίας και Προπονητικής. Η Ανθρωπιστική κατεύθυνση αφορά στην Αθλητική Παιδαγωγική, Αθλητική Ψυχολογία, Μεθοδολογία, Κοινωνιολογία, Φιλοσοφία, Ιστορία του Αθλητισμού, και στον Ελληνικό Παραδοσιακό Χορό.

Διεύθυνση & Επικοινωνία

<http://kinisiologia.phed.uoa.gr>
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη 17237, Αθήνα

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

Τόμος 5 • Τεύχος 2 • Νοέμβριος 2014



βιολογική κατεύθυνση

Ιδρυτής

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

Διευθυντής

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

Διευθυντής Τεύχους Βιολογικής Κατεύθυνσης

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

Διευθυντής Τεύχους Ανθρωπιστικής Κατεύθυνσης

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, Αναπληρώτρια 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 ΚΟΣΚΟΛΟΥ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εργοφυσιολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΝΑΣΣΗΣ, Λέκτορας Εργοφυσιολογίας
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μεθοδολογία, Φιλοσοφία, Κοινωνιολογία & Ιστορία του Αθλητισμού

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

ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΚΙΟΣΟΣ, 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 Καλύμβησης
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 Εθνολογίας
Ερευνήτρια ΚΕΕΛ Ακαδημίας Αθηνών

Επιμέλεια Έκδοσης, Σχεδιασμός & Ηλεκτρονική σελιδοποίηση

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

Περιεχόμενα

Πρόλογος Κωσταντίνος Μπουντόλος	7
Χειροσφαίριση: Οι φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος και τα χαρακτηριστικά των αθλητών Στυλιανός Κουναλάκης, Ιωάννης Μπάγιος και Νίκος Γελαδάς	9
Φυσιολογικές απαιτήσεις της υδατοσφαίρισης Θεόδωρος Πλατάνου	19
Φυσιολογικές απαιτήσεις του σύγχρονου ποδοσφαιριστή και εργομετρική αξιολόγηση Γεώργιος Νάσσης	31
Φυσιολογικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά των αθλητών στην καλαθοσφαίριση Νίκος Αποστολίδης	40
Εμμηνορυσιακές διαταραχές και άσκηση Ιφιγένεια Γιαννοπούλου	50
Τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά της βάρδισης ατόμων με κινητικά προβλήματα κατά το πέρασμα εμποδίου Χρήστος Αντωνόπουλος, Μαριάννα Κοτζαμανίδου και Βασίλειος Πανουτσακόπουλος	60
Τρισδιάστατη κινηματική ανάλυση της τεχνικής των κορυφαίων Ελλήνων αθλητών του άλματος σε ύψος Βασίλειος Πανουτσακόπουλος, Απόστολος Θεοδώρου και Ηρακλής Κόλλιας	71
Φυσικές ικανότητες αθλητών με κινητικές αναπηρίες Εμμανουήλ Ζαχαράκης και Νίκος Γελαδάς	85
Παχυσαρκία και η "σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής" Ελένη Θεοδωροπούλου, Ιωάννα Τσαμίτα και Κωσταντίνος Καρτερολιώτης	94
Αρθρική γωνιακή θέση και σχέση μεταξύ ρυθμού ανάπτυξης δύναμης και μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου Ελισσάβετ Ρουσάνογλου και Κωσταντίνος Μπουντόλος	101

Πρόλογος

Αγαπητέ αναγνώστη,

Η ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ, το επιστημονικό περιοδικό της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, είναι στη διάθεσή σου με πλούσια ύλη επικεντρωμένη σε θέματα *Βιολογικής Κατεύθυνσης*.

Η θεματολογία στο παρόν τεύχος αναφέρεται κυρίως στις φυσιολογικές απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά ενασχολούμενων με ομαδικά αθλήματα (χειροσφαίριση, ποδοσφαίριση, καλαθοσφαίριση και υδατοσφαίριση), αλλά και σε ικανότητες αθλητών με κινητικές αναπηρίες. Πραγματεύεται ακόμα, τα ειδικά θέματα των εμμηνόρρυσιακών διαταραχών που σχετίζονται με την άσκηση, καθώς επίσης και την παχυσαρκία και τη σχέση αυτής με την υγεία και την ποιότητα ζωής. Τέλος, ο μηχανισμός της βλάβης ατόμων με κινητικά προβλήματα καθώς και οι εμβιο-μηχανικές προσεγγίσεις που αναφέρονται στην τεχνική των κινήσεων στο άλμα σε ύψος και στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου, είναι μελέτες που παρουσιάζουν ειδικό ενδιαφέρον και έχουν την πληρότητα να «προβληματίσουν» τον αναγνώστη.

Παραδίδοντας στα 'χέρια' σου αυτό το τεύχος, ευελπιστούμε ότι μέσα στην ύλη του θα βρεις το έναυσμα για δημιουργική συζήτηση, προβληματισμό και παραπέρα σχολιασμό, διερεύνηση ή και παραγωγή νέας γνώσης. Αυτός εξάλλου υπήρξε και ο στόχος μας όταν πρωτοδημοσιεύσαμε την ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ, ένα στόχο που διατηρούμε αταλάντευτα και που μας δίνει την πνοή και το κίνητρο ώστε να μπορέσουμε, εργαζόμενοι μέσα σε αντίξοες συνθήκες, να εδραιώσουμε ένα επιστημονικό περιοδικό που θα χαρακτηρίζεται από ποιότητα και κύρος.

Θα ήθελα να τονίσω εδώ ότι οι όλοι οι συντελεστές του περιοδικού εργάζονται εθελοντικά και με μεγάλο μεράκι για τη δημιουργία του κάθε τεύχους, με πρώτο και καλύτερο τον συνεργάτη μας και Γραμματέα του Τομέα Αθλητιατρικής και Βιολογίας της Άσκησης Αχιλλέα Κλεισούρα, ο οποίος επιμελείται της ύλης και αφιερώνει ατέλειωτες ώρες για τον σχεδιασμό και την ηλεκτρονική σελιδοποίηση του Περιοδικού.

Προχωράμε λοιπόν σε αυτό το ταξίδι της προσφοράς με την ελπίδα να μεταλαμπαδεύσουμε στους νέους επιστήμονες λίγο από το πάθος και τον ενθουσιασμό μας για την αθλητική επιστήμη. Πιστεύουμε ότι τώρα, περισσότερο από ποτέ, κρίνεται κάτι τέτοιο απαραίτητο καθώς οι συνθήκες του φόβου και της απογοήτευσης που δημιουργήθηκαν τα τελευταία χρόνια της οικονομικής και κοινωνικής κρίσης έχουν έντονο αντίκτυπο και στον χώρο της Παιδείας. Εμείς, ως πανεπιστημιακοί δάσκαλοι, θεωρούμε ότι έχουμε πρωταρχικό χρέος να αγωνιστούμε χωρίς συνειδησιακές εκπτώσεις ενάντια στο σχέδιο να μετατραπεί η Ανώτατη Παιδεία από δημόσιο αγαθό για όλους, σε εμπόρευμα.

Αυτή εξάλλου είναι και η παρακαταθήκη που μας άφησε ο αγαπημένος συνάδελφος και φίλος Δημήτρης Χατζηχαριστός, Καθηγητής Αθλητικής Παιδαγωγικής στη Σχολή μας επί σειρά ετών, που έφυγε από κοντά μας στις 16 Φλεβάρη. Ο Δημήτρης ήταν ένας αληθινός δάσκαλος του οποίου η σκέψη στήριζε πάντα τόσο την επιστημονική του δράση, όσο και την πολιτική του στράτευση, με βαθύ και ενεργό ενδιαφέρον για την Πανεπιστημιακή κοινότητα και την πορεία της παιδείας στη χώρα μας. Από την απώλειά του είμαστε ακόμα συγκλονισμένοι. Το λιγότερο που μπορούμε να κάνουμε είναι να του υποσχεθούμε πως δεν θα τον ξεχάσουμε για όλα όσα προσέφερε και για όσα πάλευε με όλη του τη δύναμη έτσι ώστε μια μέρα η *Παιδεία* και η *Γνώση* να γίνουν αληθινό κτήμα της ανθρωπότητας και της κοινότητάς μας, όπως ονειρευόταν κι αυτός πάντα.

Κωσταντίνος Μπουντόλος
Διευθυντής Τεύχους Βιολογικής Κατεύθυνσης
Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Χειροσφαίριση: Οι φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος και τα χαρακτηριστικά των αθλητών

Στυλιανός Κουναλάκης¹, Ιωάννης Μπάγιος² και Νίκος Γελαδάς³

¹ Διδάκτορας Εργοφυσιολογίας

² Τομέας Αθλοπαιδιών, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

³ Τομέας Αθλητιατρικής & Βιολογίας της Άσκησης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΚΟΥΝΑΛΑΚΗΣ Σ., ΜΠΑΓΙΟΣ Ι. και ΓΕΛΑΔΑΣ Ν. Χειροσφαίριση: Οι Φυσιολογικές Απαιτήσεις του Αθλήματος και τα Χαρακτηριστικά των Αθλητών. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 9-18. Η παρούσα ανασκόπηση εστιάζεται στις φυσιολογικές απαιτήσεις ενός αγώνα χειροσφαίρισης καθώς και τα χαρακτηριστικά κορυφαίων και μη αθλητών και αθλητριών. Επιπλέον, αναλύει και προτείνει δοκιμασίες αξιολόγησης στο εργαστήριο και στο γήπεδο. Η χειροσφαίριση είναι ένα δυναμικό άθλημα, στο οποίο οι παίκτες καλύπτουν διαλειμματικά, μεγάλες αποστάσεις (4-6 Km) με υψηλή ένταση (70-90% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου). Ακόμα, πρέπει να είναι σε θέση να αναχαιτίσουν τον αντίπαλο στην άμυνα, αλλά και να εκτελέσουν μια πετυχημένη επίθεση. Επομένως, οι αθλητές απαιτείται να έχουν ένα πολύ καλό επίπεδο αερόβιας ικανότητας, αλλά και αναερόβιας ικανότητας και δύναμης τόσο στα άνω, όσο και στα κάτω άκρα. Επιπρόσθετα θα πρέπει να διαθέτουν τα κατάλληλα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με το ρόλο τους στο γήπεδο. Μολονότι το υψηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης μιας ομάδας δεν προδικάζει το τελικό αποτέλεσμα, μπορεί οι παραπάνω απαιτήσεις να αποτελέσουν σημαντικό περιοριστικό παράγοντα της απόδοσής της και να επηρεάσουν την έκβαση του αγώνα. Για το λόγο αυτό, η αξιολόγηση των παικτών τόσο σε ερασιτεχνικό, όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο σε τακτά χρονικά διαστήματα, με συγκεκριμένες δοκιμασίες για την βελτιστοποίηση της φυσικής τους κατάστασης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του αθλήματος είναι αναγκαϊότητα.

Λέξεις κλειδιά: ΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ, ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ, ΔΥΝΑΜΗ, ΕΝΤΑΣΗ ΑΓΩΝΑ

Η χειροσφαίριση είναι από φυσιολογικής άποψης μια πολύ απαιτητική αθλοπαιδιά. Οι παίκτες πρέπει να καλύψουν κατά μέσο όρο 4-6 χιλιόμετρα τρέχοντας, μπλοκάροντας, κάνοντας άλματα ή σουτάροντας, όλα αυτά σε υψηλές εντάσεις. Επομένως πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με τα σωματικά (σωματική δομή και σύσταση, ευλυγισία) και φυσιολογικά (αερόβια και αναερόβια απόδοση, μυϊκή δύναμη και ισχύς) χαρακτηριστικά, τα οποία θα τους βοηθήσουν να αποδώσουν στο άθλημα. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συμπληρώνουν ή/και έως ένα βαθμό αντικαθιστούν, βιομηχανικά (μηχανική αποτελεσματικότητα), ψυχολογικά, αλλά και τεχνικά (τεχνική του αθλήματος) χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό η μελέτη των σωματικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών των κορυφαίων χειροσφαιριστών μας δίνουν μια ένδειξη, αλλά όχι απόδειξη, για τις απαιτήσεις του αθλήματος. Για παράδειγμα, ένας παίκτης με μέτρια φυσική κατάσταση αν κατέχει υψηλή τεχνική κατάρτιση, ενδεχόμενα να έχει καλή απόδοση. Πρόσφατα, οι Massuca et al. (2014) εξέτασαν την πιθανότητα ένας παίκτης να συμμετέχει σε μια ομάδα υψηλού επιπέδου με βάση 5 διαφορετικά μοντέλα: α) μορφολογικό (σωματι-

κά χαρακτηριστικά), β) ευρωστίας (φυσιολογικά χαρακτηριστικά), γ) ισχύος για επίθεση (ειδικές ικανότητες) και ε) κοινωνικοοικονομικής κατάστασης. Οι ερευνητές ανέδειξαν ότι το φυσιολογικό μοντέλο, όπως αυτό προσδιορίστηκε από την ταχύτητα στα 30m, το κάθετο άλμα και τις δοκιμασίες κοιλιακών και Yo-Yo, είχε την μεγαλύτερη προβλεπτική ικανότητα για τη συμμετοχή του αθλητή σε μια κορυφαία ομάδα.

Ανεξάρτητα από την ατομική απόδοση, οι παίκτες πρέπει να συντονίσουν τις προσπάθειές τους για την βελτιστοποίηση της απόδοσης της ομάδας. Σε ποιο βαθμό και με ποιο τρόπο κάθε παίκτης ξεχωριστά συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης αυτής, αποτελεί μια πρόκληση για τον αθλητικό επιστήμονα. Η πρόκληση ή/και η μαγεία του αθλήματος έγκειται στον τρόπο που τα ατομικά χαρακτηριστικά των παικτών θα εναρμονιστούν σε μια ενιαία οντότητα με σκοπό το επιθυμητό αποτέλεσμα (Reilly, 2001). Για αυτόν ακριβώς το λόγο είναι σχεδόν αδύνατο να χρησιμοποιηθεί ένα στατιστικό προβλεπτικό μοντέλο επιτυχίας ενός αγώνα χειροσφαίρισης, όπως συμβαίνει στα ατομικά χαρακτηριστικά, γιατί η δομή του παιχνιδιού που καθορίζεται από την ατομική απόδοση διαφέρει από ομάδα σε ομάδα ή από παιχνίδι σε παιχνίδι (Cruic et al. 2006).

Πέρα όμως από τη δυσκολία μεταφοράς της ατομικής στη συνολική απόδοση, είναι σημαντικό για τον προπο-

νητή να γνωρίζει τα χαρακτηριστικά του αθλήματος (διανυόμενη απόσταση, ένταση προσπάθειας, καλυπτόμενη απόσταση με ή χωρίς μπάλα κ.τ.λ.) ώστε να προσανατολίζει τα προπονητικά του ερεθίσματα προς την ανάλογη κατεύθυνση.

Η παρούσα ανασκόπηση θα εστιαστεί κυρίως στις φυσιολογικές απαιτήσεις ενός αγώνα χειροσφαίρισης και στα σωματικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των αθλητών. Επίσης θα γίνει αναφορά και στις δοκιμασίες με τις οποίες αξιολογούνται τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά στους αθλητές χειροσφαίρισης. Σκοπός της μελέτης είναι να βοηθήσει τον αθλητικό επιστήμονα να μεγιστοποιήσει την απόδοση της ομάδας του μέσα από τη γνώση των απαιτήσεων του αθλήματος και την αξιολόγηση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των παικτών του.

Καλυπτόμενες αποστάσεις. Η συνολική απόσταση που καλύπτεται σε ένα αγώνα χειροσφαίρισης κυμαίνεται μεταξύ τεσσάρων και έξι χιλιομέτρων (Pers et al. 2002, Ronglan et al. 2006, Thorlund et al. 2007, Ponoas et al. 2012, Michalsik et al. 2013, Ponoas et al. 2014). Ωστόσο κάποιοι ερευνητές αναφέρουν αποστάσεις από δύο έως και οκτώ χιλιόμετρα (Kotzamanidis et al. 1999). Το 7-10% της συνολικής απόστασης καλύπτεται με μέγιστη ένταση (ταχύτητα τρέξιμο 18-19 Km·h⁻¹), το 25-30% με πολύ γρήγορο τρέξιμο (10-17 Km·h⁻¹), το 30-35% με τρέξιμο (7-9 Km·h⁻¹) και το υπόλοιπο 30-40% με περπάτημα (<7 Km·h⁻¹) (Pers et al. 2002, Michalsik 2004). Το μεγαλύτερο μέρος της διανυόμενης απόστασης καλύπτεται χωρίς μπάλα (περίπου 4 Km) ενώ ένα μικρό ποσοστό με μπάλα (περίπου 0.4 Km). Η μισή σχεδόν από την συνολική απόσταση (περίπου 1.5 έως 2 Km) είναι μικρές αποστάσεις 2-10 μέτρων (Kotzamanidis et al. 1999).

Αγωνιστική ένταση. Οι κανονισμοί του αθλήματος από το 2002 και μετά, έχουν επιτρέψει στις ομάδες να αγωνιστούν σε μεγαλύτερες εντάσεις στη διάρκεια του αγώνα. Πιο συγκεκριμένα, μετά την επίτευξη τέρματος ο διαιτητής ξαναρχίζει το παιχνίδι όταν η ομάδα που δέχτηκε το τέρμα μεταφέρει την μπάλα στο κέντρο του γηπέδου, ανεξάρτητα από τη θέση των αντιπάλων. Ο κανονισμός αυτός φαίνεται ότι αύξησε τον αριθμό των επιθέσεων κατά 10% στο παγκόσμιο πρωτάθλημα γυναικών του 2003 συγκριτικά με το αντίστοιχο του 1999 (Ronglan et al. 2006). Οι επιθέσεις αυξήθηκαν χωρίς ωστόσο να επηρεαστεί ο αριθμός των αντεπιθέσεων, ο οποίος παρέμεινε στο 20-25% των συνολικών επιθέσεων (Yiannakos et al. 2005). Αυτό σημαίνει ότι οι επιθέσεις με γρήγορη σέντρα ήταν επιπρόσθετες των αντεπιθέσεων. Επιπλέον, με την εφαρμογή του παθητικού παιχνιδιού οι παίκτες αναγκάζονται να εκδηλώσουν επίθεση γρηγορότερα, με μικρότερο χρόνο ανάπαυσης. Τα παραπάνω τροποποίησαν την ένταση του παιχνιδιού και επομένως και τις ενεργειακές του απαιτήσεις.

Η αγωνιστική ένταση σε ένα αγώνα χειροσφαίρισης κυμαίνεται από 70-90% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) και η μέση καρδιακή συχνότητα από 160 έως και 180 παλμούς το λεπτό (Delamarche et al. 1987, Kotzamanidis et al. 1999, Michalsik et al. 2014b), ανάλογα πάντα με το επί-

πεδο και την κρισιμότητα του παιχνιδιού. Μάλιστα, η καρδιακή συχνότητα φαίνεται να διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια του αγώνα σε ένα εύρος που δεν ξεπερνά τους ±10 παλμούς (Delamarche et al. 1987). Οι Ponoas et al. (2012) σημείωσαν ότι το 53% του χρόνου του παιχνιδιού οι παίκτες εμφανίζουν καρδιακή συχνότητα άνω του 80% της μέγιστης τους. Η συμμετοχή του αερόβιου μηχανισμού στον αγώνα είναι αδιαμφισβήτητα πολύ σημαντική (Hefco et al. 2004, Gorostiaga et al. 2006), φαίνεται όμως ότι δεν αποτελεί προϋπόθεση της απόδοσης των παικτών (Delamarche et al. 1987). Με άλλα λόγια, οι παίκτες που έχουν υψηλή αερόβια ικανότητα δεν είναι απαραίτητα και οι πιο δραστήριοι μέσα στο γήπεδο (Delamarche et al. 1987, Rannou et al. 2001).

Οι περισσότερες μελέτες συμφωνούν ότι η συμβολή του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας είναι σημαντική, όπως φαίνεται από τη συγκέντρωση του γαλακτικού κατά τη διάρκεια του αγώνα (Delamarche et al. 1987 Hefco et al. 2004). Ο Delamarche et al. (1987) έδειξαν ότι για 15 έως 20 λεπτά του πρώτου ημιχρόνου του αγώνα οι παίκτες αγωνίζονταν σε ένταση που ξεπερνούσε το γαλακτικό κατώφλι. Ακόμα και αμέσως μετά τον τερματισμό της προπόνησης, τα επίπεδα γαλακτικού είναι πολύ υψηλά, γεγονός που υποδεικνύει ότι η συμβολή του αναερόβιου γαλακτικού μηχανισμού είναι σημαντική (Hefco et al. 2004). Στο τρέξιμο 400 μέτρων (ένα πολύ απαιτητικό αναερόβιο αγώνισμα) οι αθλήτριες χειροσφαίρισης πέτυχαν παρόμοιο χρόνο με αυτόν των ανάσκητων ανδρών και εμφάνισαν μετά το τέλος της προσπάθειας χαμηλότερα επίπεδα γαλακτικού (Ohkuwa et al. 1988). Σε μια άλλη έρευνα, η ισχυρή συμμετοχή του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας φαίνεται από τη μείωση (4-7%) στην αναερόβια απόδοση όπως εκφράζεται από το δρόμο ταχύτητας 20 μέτρων μετά από αγώνες χειροσφαίρισης σε συνεχόμενες ημέρες (Ronglan et al. 2006).

Αντίθετα, σε μια άλλη μελέτη, η συγκέντρωση γαλακτικού στο ημίχρονο και το τέλος του αγώνα δεν ξεπέρασε τα 4 mmol·l⁻¹, τιμή που σηματοδοτεί το αναερόβιο κατώφλι (Mougiou et al. 1995). Όπως θα αναφερθεί λεπτομερέστερα παρακάτω, η αναερόβια παραγωγή ενέργειας για τους χειροσφαιριστές, όπως αυτή αξιολογείται εργαστηριακά, είναι πολύ υψηλή, τόσο για τα κάτω (Rannou et al. 2001) όσο και για τα άνω άκρα (Kounalakis et al. 2008), γεγονός που ενισχύει το ρόλο του αναερόβιου μηχανισμού.

Από τις καλυπτόμενες αποστάσεις και την ένταση κατά τη διάρκεια του αγώνα συμπεραίνεται ότι η χειροσφαίριση είναι ενεργειακά ένα πολύ απαιτητικό άθλημα, το οποίο κινητοποιεί σε μεγάλο βαθμό τόσο τον αερόβιο, όσο και τον αναερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας. Τέλος υπάρχουν ενδείξεις ότι η ένταση της άσκησης αλλά και οι καλυπτόμενες αποστάσεις, φαίνεται να είναι εξειδικευμένες ως προς τη θέση του παίκτη (Ponoas et al. 2014) αλλά και ως προς το φύλο (Karcher and Buchheit 2014, Michalsik and Aagaard 2014). Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι η συνολική απόσταση αλλά και η ένταση της άσκησης είναι υψηλότερη για τους κεντρικούς παίκτες συγκριτικά με τους πλάγιους παίκτες και τον ρινοτ (Ponoas et al. 2014), ενώ οι γυναίκες καλύπτουν μεγαλύτερη συνολικά απόσταση συγκριτικά με τους

Πίνακας 1. Επιλεγμένα σωματομετρικά χαρακτηριστικά γυναικών (Γ) και ανδρών (Α) διεθνών (Δ) και μη διεθνών (ΜΔ) αθλητών χειροσφαίρισης διαφόρων ηλικιών (η ηλικία παρουσιάζεται μέσα σε παρένθεση).

Ομάδα	Ανάστημα (cm)	Σωμ. Μάζα (kg)	Άλιπη μάζα (kg)	Λίπος (%)	Αναφορές
Γ (19-27)	160-180	60-80	47-55	20-28	Filaire et al. 1998; Bayios et al. 2006, Kvorning 2006, Ronglan et al. 2006, Leyk et al. 2007, Granados et al. 2007, Zapartidis et al. 2007
A-Δ (19-30)	180-195	80-103	80-82	12-15	Rannou et al. 2001, Οξύζογλου & Χατζημανουήλ 2003, Gorostiaga et al. 2006, Kvorning 2006, Thorlund et al. 2007, Chaouachi et al. 2009, Povoia et al. 2012
A-ΜΔ (19-30)	177-180	70-77	-	11-13	Delamarche et al. 1987, Rannou et al. 2001; Buchheit et al. 2008
Γ (11-13)	146-166	39-54	15-17	14-16	Bencke et al. 2002
A (11-13)	143-171	33-52	20-25	13-14	Bencke et al. 2002, Ilnziaten et al. 2002
Γ (14-15)	155-163	51-57	36-38	25-27	Vicente-Rodriguez et al. 2004, Zapartidis et al. 2009
A (14-16)	165-178	62-67	55-57	11-15	Ilnziaten et al. 2002, Gorostiaga et al. 1999

άνδρες αλλά σε χαμηλότερη ένταση. Στην επόμενη ενότητα θα αναφερθούν τα σωματικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των αθλητών χειροσφαίρισης τα οποία τους δίνουν, θεωρητικά τουλάχιστον, πλεονέκτημα για την καλύτερη απόδοσή τους.

Χαρακτηριστικά αθλητών χειροσφαίρισης

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η σωματική δομή και σύσταση, καθώς και η αερόβια και αναερόβια ικανότητα των αθλητών-τριών χειροσφαίρισης. Επιπλέον, παρουσιάζονται δεδομένα για τη δύναμη των χειροσφαιριστών-χειροσφαιριστριών στα άνω και κάτω άκρα και έρευνες που συνδέουν την παραγόμενη δύναμη με την ταχύτητα ρίψης της μπάλας.

Σωματική δομή και σύσταση. Οι σωματικές διαστάσεις και σύσταση των αθλητών μπορούν, θεωρητικά, να φέρουν μια ομάδα σε πλεονεκτική θέση. Οι μυώδεις και ψηλοί παίκτες υπερτερούν τόσο στην άμυνα, όσο και στην επίθεση συγκριτικά με κοντύτερους και λιγότερο μυώδεις παίκτες (Bayios et al. 2006, Gorostiaga et al., 2006). Το σωματικό ανάστημα για παράδειγμα, είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του μέσου όρου του πληθυσμού και η σημαντικότητα του χαρακτηριστικού αυτού για την απόδοση εξαρτάται από τη θέση που αγωνίζεται ο παίκτης (Srhøj et al. 2001). Η σωματική δομή και σύσταση των αθλητών και αθλητριών χειροσφαίρισης σε διάφορες ηλικίες παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Οι Bayios et al. (2006) μελέτησαν τα σωματικά χαρακτηριστικά των Ελληνίδων χειροσφαιριστριών και παρατήρησαν ότι είναι μεσο-ενδομορφικές (ένδο-μέσο-έξω-μορφή: 4.2-4.7-1.8), κοντύτερες και ελαφρύτερες από τις αθλήτριες πετοσφαίρισης και καλαθοσφαίρισης. Σημαντικές ήταν και οι διαφορές στον σωματότυπο μεταξύ αθλητριών A1 και A2 κατηγορίας, όπου οι χαμηλότερης κατηγορίας αθλήτριες ήταν περισσότερο μεσομορφικές. Οι ερευνητές επεσήμαναν ότι το ύψος δεν αποτελούσε σημαντικό κριτήριο για την επιλογή των αθλητριών (Bayios et al., 2006). Οι Granados et al. (2007) παρατήρησαν ότι οι κορυφαίες αθλήτριες χειροσφαίρισης ήταν ψηλότερες κατά 6% και με 10% λιγότερη λιπώδη μάζα συγκριτικά με τις συναθλήτριές τους χαμηλότερων κατηγοριών.

Οι Οξύζογλου και Χατζημανουήλ (2003) σύγκριναν μεταξύ άλλων το σωματικό ανάστημα, βάρος, την αμφοακρωμιακή απόσταση, την έκταση χεριών, και το μήκος παλάμης σε Έλληνες και Γιουγκοσλάβους διεθνείς, σε χώρες με σαφώς διαφορετικό αγωνιστικό επίπεδο. Οι Γιουγκοσλάβοι παίκτες ήταν βαρύτεροι, ψηλότεροι και με μεγαλύτερες διαστάσεις συγκριτικά με τους Έλληνες. Πιο συγκεκριμένα, είχαν περίπου 3 εκατοστά μεγαλύτερο μήκος παλάμης (24.6 έναντι 21.8 εκατοστά), 10 εκατοστά μεγαλύτερη έκταση χεριών (196.5 έναντι 185.4 εκατοστά) και 4 εκατοστά μεγαλύτερη αμφοακρωμιακή απόσταση (44.4 έναντι 40.5 εκατοστά) (Οξύζογλου και Χατζημανουήλ 2003). Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι πιθανά οι διαφορές αυτές συμβάλλουν σημαντικά στο αγωνιστικό επίπεδο των παικτών των δύο χωρών. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα είχε καταλήξει και ο Μπάγιος

(1992) σε μια παρόμοια προηγούμενη μελέτη. Τα παραπάνω επαληθεύονται και από την μελέτη των Gorostiaga et al. (2005) σε επαγγελματίες και ερασιτέχνες χειροσφαιριστές, όπου οι ερευνητές αναφέρουν ότι οι πρώτοι ήταν βαρύτεροι και με μεγαλύτερο ποσοστό άλιπης μάζας.

Οι Ibnziaten et al. (2002) παρατήρησαν ότι από τα 10 στα 14 χρόνια αλλάζει η σωματική σύσταση των παιδιών που ασχολούνται με τη χειροσφαίριση. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά αυτά μείωσαν το σωματικό τους λίπος και αύξησαν την άλιπη μάζα σώματος (Ibnziaten et al., 2002). Οι Bencke et al. (2002) σημείωσαν ότι τα 11χρονα αγόρια και κορίτσια που ασχολούνταν με τη χειροσφαίριση ήταν βαρύτερα και πιο μυώδη από τα αντίστοιχες ηλικίας παιδιά, που ασχολούνταν με την ενόργανη γυμναστική ή την αντισφαίριση. Αυτός μάλιστα ήταν ο κυριότερος λόγος που παρήγαγαν υψηλότερη αναερόβια ισχύ. Επιπλέον, οι νεαρές αθλήτριες χειροσφαίρισης είχαν αυξημένη οστική μάζα και πυκνότητα συγκριτικά με συνομήλικά τους κορίτσια, τα οποία δεν αθλούσαν συστηματικά (Vicente-Rodriguez et al., 2004). Οι παραπάνω προσαρμογές είναι εξαιρετικά ευεργετικές στην περίοδο της ανάπτυξης.

Ανάλογες ευεργετικές αλλαγές παρατηρούνται και στην καρδιά των αθλητών χειροσφαίρισης. Οι Dzudie et al. (2007) μελέτησαν το μυοκάρδιο σε μια ομάδα αφρικανών αθλητών χειροσφαίρισης και διαπίστωσαν ότι είχαν μεγαλύτερη αριστερή κοιλία, με μεγαλύτερη τελο-διαστολική διάμετρο. Επίσης παρατήρησαν υπερτροφικό μυοκάρδιο χωρίς αλλαγές στην δύναμη εξώθησης. Σε μια παλαιότερη έρευνα μετρήθηκε ο τελο-διαστολικός όγκος, οποίος ήταν 139ml, τιμή υψηλότερη από τις αντίστοιχες για τον κοινό πληθυσμό (Kotzamanidis et al. 1999). Τα χαρακτηριστικά αυτά συνθέτουν την «αθλητική καρδιά» φαινόμενο που παρατηρείται και σε άλλα αθλήματα (Spirito et al. 1994). Φαίνεται τέλος να υπάρχουν διαφορές στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τη θέση που αγωνίζεται ο παίκτης (Chaouachi et al. 2009, Michalsik et al. 2014). Γενικά οι πλάγιοι παίκτες φαίνεται να είναι κοντίτεροι και ελαφρύτεροι από τους κεντρικούς παίκτες και τον ρινοτ (Chaouachi et al. 2009, Michalsik et al. 2014) και οι τερματοφύλακες με μεγαλύτερο ποσοστό λίπους συγκριτικά με τους παίκτες γηπέδου ((Chaouachi et al. 2009)

Αερόβια ικανότητα. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max), ένας δείκτης που αντικατοπτρίζει την αερόβια ικανότητα, είναι αρκετά υψηλή τόσο για τους άνδρες (55-65 ml·kg⁻¹·min⁻¹; Delamarche et al. 1987, Kotzamanidis et al. 1999, Rannou et al. 2001, Gorostiaga et al. 2005, Kvorning 2006, Buchheit et al. 2008) όσο και για τις γυναίκες (45-57 ml·kg⁻¹·min⁻¹, Kvorning 2006) και τα νεαρά κορίτσια 14 ετών (47 ml·kg⁻¹·min⁻¹; Vicente-Rodriguez et al. 2004). Φαίνεται ότι η καλή αερόβια ικανότητα είναι προαπαιτούμενο στοιχείο και η «βάση» για την καλή απόδοση της ομάδας. Παρόλα αυτά η πολύ υψηλή VO_2max δεν αποτελεί κριτήριο για την κινητικότητα της ομάδας μέσα στο γήπεδο (Delamarche et al. 1987, Rannou et al. 2001), ειδικά και μετά τους νέους κανονισμούς του αθλήματος (βλέπε αγωνιστική ένταση). Το παραπάνω συμπέρασμα ενισχύεται από τη σύγκριση της αερόβιας απόδοσης, μεταξύ ερασιτεχνών και

επαγγελματιών παικτών χειροσφαίρισης, όπου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη δρομική ταχύτητα και την καρδιακή συχνότητα όταν η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα ήταν 3 mmol·l⁻¹ (θεωρητικά η συγκέντρωση αυτή αντιπροσώπευε το αναερόβιο κατώφλι, δείκτη της αερόβιας ικανότητας) (Gorostiaga et al. 2005). Πιο συγκεκριμένα, η δρομική ταχύτητα ήταν 11.8±1 Km·h⁻¹ και 12±1 Km·h⁻¹ και η καρδιακή συχνότητα 156±6.3 και 161±9.3 παλμούς για τους επαγγελματίες και ερασιτέχνες χειροσφαιριστές αντίστοιχα (Gorostiaga et al. 2005). Αντίθετα, για τις γυναίκες φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές στην αερόβια απόδοση, με τις αθλήτριες υψηλότερων κατηγοριών να εμφανίζουν κατά 13% υψηλότερη ταχύτητα στο αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι συγκριτικά με τις συναθλήτριές τους χαμηλότερων κατηγοριών (Granados et al. 2007).

Η αερόβια προπόνηση με χαμηλή ένταση και γενικότερα η εξειδικευμένη προπόνηση χειροσφαίρισης στη διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου, δεν φαίνεται να βελτιώνει την δρομική ταχύτητα που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 3 mmol·l⁻¹ (Gorostiaga et al. 2006). Αντίθετα, η προπόνηση με τρέξιμο υψηλής έντασης (Gorostiaga et al. 2006), καθώς και το καθοδηγούμενο παιχνίδι τέσσερις εναντίον τεσσάρων στην μία περιοχή του τέρματος (Buchheit et al. 2008) έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην αερόβια απόδοση, όπως αυτή εκφράζεται από το αναερόβιο κατώφλι και την VO_2max (Gorostiaga et al. 2005, Buchheit et al. 2008).

Αναερόβια ικανότητα. Η αναερόβια ικανότητα προσδιορίζεται με τη δοκιμασία Wingate, με το χρόνο ταχύτητας 5, 15, 20 ή 30 μέτρων καθώς και με μη κυκλικές ασκήσεις (κάθετο άλμα, ανύψωση βάρους στον επίπεδο πάγκο) ώστε να προσδιοριστεί η παραγόμενη ισχύς (Rannou et al. 2001, Gorostiaga et al. 2006, Thorlund et al. 2007, Kounalakis et al. 2008, Michalsik et al. 2014b).

Δοκιμασία Wingate. Οι αθλητές χειροσφαίρισης διαθέτουν υψηλή αναερόβια ικανότητα τόσο στα κάτω (Rannou et al. 2001, Izquierdo et al. 2002, Gorostiaga et al. 2005) όσο και στα άνω άκρα (Izquierdo et al. 2002, Gorostiaga et al. 2005, Kounalakis et al. 2008). Με την αναερόβια δοκιμασία Wingate (μέγιστη κυκλοεργομέτρηση για 30 δευτερόλεπτα) οι Rannou et al. (2001) μελέτησαν 17 διεθνείς και μη διεθνείς παίκτες για την παραγωγή ισχύος στα κάτω άκρα και τους συνέκριναν με δρομείς ταχύτητας, δρομείς αντοχής, αλλά και με μη προπονημένα άτομα. Διαπίστωσαν ότι οι αθλητές χειροσφαίρισης παράγουν μέγιστη ισχύ 14-15 Watt·kg⁻¹, παρόμοια με αυτή των δρομέων ταχύτητας και σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη των δρομέων αντοχής ή των ανάσκητων ατόμων. Μάλιστα, οι διαφορές αυτές παρέμεναν ακόμα και όταν η ισχύς εκφράστηκε ανά άλιπη σωματική μάζα. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει, ότι εκτός από το μέγεθος της μάζας του μυός, υπάρχουν μεταβολικές ή/και δομικές μυϊκές αλλαγές που συμβάλλουν στις παρατηρούμενες διαφορές των τιμών ισχύος. Η αντίστοιχη δοκιμασία Wingate χρησιμοποιήθηκε για τα άνω άκρα σε μια ομάδα 21 Ελλήνων παικτών της Α1 κατηγορίας και σε ομάδα φοιτητών φυσικής αγωγής,

σε ένα τροποποιημένο κυκλοεργόμετρο και μετρήθηκαν η παραγόμενη ισχύς αλλά και η οξυγόνωση του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός (Kounalakis et al. 2008). Παρατηρήθηκε ότι οι χειροσφαιριστές διέθεταν «εξαιρετική» (Inbar et al. 1996) αναερόβια ισχύ στα άνω άκρα, σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη της ομάδας ελέγχου (7.6 ± 0.8 Watt·kg⁻¹ για τους χειροσφαιριστές έναντι 6.7 ± 1.1 Watt·kg⁻¹ για την ομάδα ελέγχου). Επιπρόσθετα, οι χειροσφαιριστές είχαν ταχύτερη μυϊκή επαναοξυγόνωση και υψηλότερη αιματική ροή στην αποκατάσταση, γεγονός που αποδίδεται στις συγκεκριμένες λειτουργικές απαιτήσεις του αθλήματος (Kounalakis et al. 2008).

Οι Bencke et al. (2002) εξέτασαν την αναερόβια ικανότητα σε αγόρια και κορίτσια 11-13 ετών που ασχολούνταν με την χειροσφαίριση, την αντισφαίριση, την κολύμβηση και την ενόργανη γυμναστική. Παρατήρησαν ότι η μέγιστη και η μέση παραγόμενη ισχύς των παιδιών της χειροσφαίρισης κατά την δοκιμασία Wingate ήταν σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτή των υπολοίπων ομάδων, γεγονός που αποδόθηκε στην μεγαλύτερη μυϊκή μάζα των πρώτων.

Δρόμος ταχύτητας. Οι αθλητές χειροσφαίρισης καλύπτουν την απόσταση των 30 μέτρων από 3.81 έως 4.63 δευτερόλεπτα (Kotzamanidis et al. 1999, Οξύζογλου et al. 2003, Marques and Gonzalez-Badillo 2006, Chaouachi et al. 2009, Michalsik et al. 2014b) και την απόσταση των 15 μέτρων από 2.44 έως 2.55 δευτερόλεπτα (Gorostiaga et al. 2005, Marques and Gonzalez-Badillo 2006), χρόνοι παρόμοιοι με αυτούς άλλων ομαδικών αθλημάτων (Reilly et al. 2000). Για τις γυναίκες ο χρόνος για την διανυόμενη απόσταση των 20 μέτρων είναι περίπου 3.1-3.2 δευτερόλεπτα και αυξάνεται λόγω κόπωσης μετά από επαναλαμβανόμενα παιχνίδια σε συνεχόμενες ημέρες (Ronglan et al. 2006). Τα κορίτσια ηλικίας 14-15 ετών διανύουν τα 30 μέτρα σε 5.21 δευτερόλεπτα, χρόνο σημαντικά μικρότερο από τον αντίστοιχο των συνομηλίκων τους που δεν ασκούνται (Vicente-Rodriguez et al. 2004). Οι χρόνοι ταχύτητας μικρών αποστάσεων δεν φαίνεται να διαφέρουν μεταξύ παικτών διαφορετικών κατηγοριών (Gorostiaga et al. 2005). Επιπλέον, η δρομική ταχύτητα με την οποία καλύπτονται οι αποστάσεις των 15 ή 30 μέτρων δεν αλλάζει σημαντικά στη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου (Gorostiaga et al. 2006). Η πιθανή εξήγηση που δίνεται από τους ερευνητές είναι ότι η παράλληλη αερόβια προπόνηση χαμηλής έντασης, ή τα ήδη υψηλά επίπεδα αναερόβιας ικανότητας των παικτών που μελετήθηκαν δεν επέτρεψαν να παρατηρηθούν βελτιώσεις στην ταχύτητα. Παρόλα αυτά, ένα πρόγραμμα αντιστάσεων 12 εβδομάδων φαίνεται ότι βελτιώνει το χρόνο διάνυσης τόσο των 15, όσο και των 30 μέτρων (Marques and Gonzalez-Badillo 2006). Για τις γυναίκες παρατηρήθηκε 3-4% μικρότερος χρόνος στις ταχύτητες 5 και 15 μέτρων για τις παίκτριες που αγωνίζονταν σε υψηλότερες κατηγορίες συγκριτικά με αυτές που αγωνίζονταν στις χαμηλότερες κατηγορίες (Granados et al. 2007).

Μη κυκλικές κινήσεις. Εκτός από τη δοκιμασία Wingate και το δρόμο ταχύτητας, η αναερόβια ικανότητα

μελετήθηκε και σε μη κυκλικές κινήσεις, όπως το κάθετο άλμα και η ανύψωση βάρους με τα χέρια από ύπτια θέση (πίεσεις στον πάγκο). Για τους χειροσφαιριστές, η παραγόμενη ισχύς σε αυτές τις ασκήσεις είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη των ποδηλατών, των δρομέων ή των ανάσκητων ατόμων και παρόμοια με αυτήν των αθλητών της άρσης βαρών (Izquierdo et al. 2002). Η μέγιστη ισχύς των χειροσφαιριστών επιτυγχάνεται για τα άνω άκρα στο 30-45% του φορτίου της μιας μέγιστης επανάληψης, ενώ για τα κάτω άκρα στο 45-60% του φορτίου της μιας μέγιστης επανάληψης. Συγκριτικά με τους ερασιτέχνες, οι επαγγελματίες χειροσφαιριστές έχουν αυξημένη παραγωγή ισχύος κατά 18-21% και 13-17% στα άνω και κάτω άκρα αντίστοιχα, με το μέγεθος της μυϊκής μάζας να είναι η κύρια παράμετρος που διαφοροποιεί τα αποτελέσματα (Gorostiaga et al. 2005). Οι γυναίκες που αγωνίζονται σε υψηλότερες κατηγορίες παράγουν κατά μέσο όρο 25% υψηλότερη ισχύ στα άνω και 12% στα κάτω άκρα στις πιέσεις στον πάγκο και το κάθετο άλμα αντίστοιχα, συγκριτικά με τις συναθλήτριες τους χαμηλότερων κατηγοριών (Granados et al. 2007). Επιπλέον, τα νεαρά κορίτσια που ασχολούνται με τη χειροσφαίριση παράγουν υψηλότερη ισχύ στο κάθετο άλμα συγκριτικά με τα κορίτσια αντίστοιχης ηλικίας τα οποία κάνουν αθλητισμό για αναψυχή (Vicente-Rodriguez et al. 2004).

Το κάθετο άλμα κυμαίνεται από 40 έως 60 εκατοστά για τους άνδρες (Gorostiaga et al. 2005, Kvorning 2006, Buchheit et al. 2008, Michalsik et al. 2014b) και από 30 έως 45 εκατοστά για τις γυναίκες (Kvorning 2006) χωρίς να παρατηρούνται διαφορές στην επίδοση μεταξύ επαγγελματιών και μη χειροσφαιριστών (Gorostiaga et al. 2005, Massuka et al. 2014). Το κάθετο άλμα φαίνεται να βελτιώνεται μετά από την φάση της προετοιμασίας: από τα 54 εκατοστά στην αρχή, αυξήθηκε σημαντικά ($p < 0.05$), στα 61 και 64 εκατοστά (μέσος όρος τεσσάρων προσπαθειών) στο μέσο και το τέλος της προετοιμασίας αντίστοιχα (Κουνάλακης, αδημοσίευτα δεδομένα). Αντίθετα, το κάθετο άλμα δεν διαφοροποιείται στη διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου (Gorostiaga et al. 2006). Για τις αθλήτριες διαφορετικών κατηγοριών οι διαφορές είναι κατά μέσο όρο 10%, με τις αθλήτριες υψηλότερων κατηγοριών να παράγουν υψηλότερη ισχύ (Granados et al. 2007, Manchado et al. 2013). Η κόπωση επηρεάζει και την απόδοση στο κάθετο άλμα. Μετά από έναν αγώνα χειροσφαίρισης το κάθετο άλμα και η μετατόπιση του κέντρου βάρους στην μειομετρική και πλειομετρική φάση του άλματος μειώθηκαν κατά 5.2%, 10% και 8.3% αντίστοιχα (Thorlund et al. 2007). Μετά από ένα τουρνουά χειροσφαίρισης όπου πραγματοποιήθηκαν 3 παιχνίδια σε συνεχόμενες ημέρες, το κάθετο άλμα μειώθηκε περίπου κατά 7% (Ronglan et al. 2006).

Δύναμη

Η παραγόμενη δύναμη στα άνω και στα κάτω άκρα, είναι μια προπονήσιμη φυσιολογική παράμετρος, η οποία μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη για τους αθλητές και τις αθλήτριες χειροσφαίρισης τόσο στην άμυνα (αναχαίτιση αντιπάλου),

όσο και στην επίθεση (πέραςμα αντιπάλου, ρίψη).

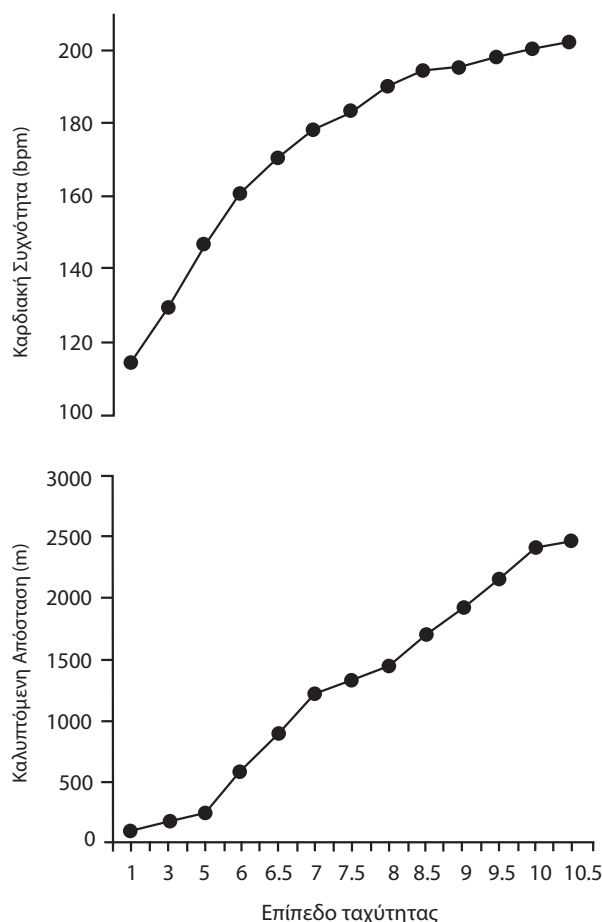
Άνω άκρα. Η μέγιστη δύναμη των άνω άκρων των Ισπανών χειροσφαιριστών, όπως εκφράζεται με τη δυνατότητα ανύψωσης βάρους στην άσκηση πιέσεων στον πάγκο, ήταν 75 κιλά, σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη των ποδηλατών, των δρομέων ή των ανάσκητων ατόμων, αλλά χαμηλότερη από αυτήν των αθλητών της άρσης βαρών (Izquierdo et al., 2002). Χαμηλότερες τιμές (από 58.5 έως 74 κιλά) αναφέρονται για τον ίδιο πληθυσμό σε μια νεότερη μελέτη από τους Marques και Gonzalez-Badillo (2006). Οι Έλληνες και οι Γιουγκοσλάβοι χειροσφαιριστές μπορούν να σηκώσουν στην ίδια άσκηση 74 και 84 κιλά αντίστοιχα (Οξύζογλου et al. 2003). Οι κορυφαίοι Δανοί αθλητές χειροσφαίρισης μπορούν να ανυψώσουν από 100 έως 120 κιλά ενώ οι αθλήτριες από 54 έως 58 κιλά (Kvorning, 2006). Οι επαγγελματίες χειροσφαιριστές σηκώνουν σημαντικά περισσότερα κιλά (107 ± 12) στις πιέσεις πάγκου από ότι οι ερασιτέχνες (83 ± 10 κιλά) (Gorostiaga et al. 2005).

Η δύναμη λαβής των αθλητών χειροσφαίρισης είναι 48-53 κιλά (Οξύζογλου et al. 2003) παρόμοια με αντίστοιχη ανδρών που δεν αθλούνται (Leyk et al. 2007). Οι αθλήτριες χειροσφαίρισης έχουν μεγαλύτερη δύναμη λαβής (45.3 κιλά) από τις μη αθλήτριες (33.5 κιλά), αλλά χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τους μη αθλούμενους άνδρες (55.2 κιλά) (Leyk et al. 2007). Στην περίοδο της ανάπτυξης (11χρονα αγόρια και κορίτσια), η ενασχόληση με το κολύμπι, την αντισφαίριση, την ενόργανη γυμναστική ή τη χειροσφαίριση, δεν διαφοροποιεί την ισομετρική δύναμη στους καμπτήρες και εκτείνοντες μυς της άρθρωσης του αγκώνα (Bencke et al. 2002).

Κάτω άκρα. Οι άνδρες κορυφαίοι χειροσφαιριστές μπορούν να ανυψώσουν από θέση ημικαθίσματος 160-170 κιλά ενώ οι γυναίκες 95-125 κιλά (Kvorning 2006). Σε μια μελέτη όπου συγκρίθηκε η δυνατότητα μέγιστου βάρους από ημικάθισμα σε αθλητές διαφορετικών αθλημάτων, οι χειροσφαιριστές μπορούσαν να ανυψώσουν περίπου 130 κιλά, σημαντικά περισσότερα από αυτά που μπορούσαν να σηκώσουν δρομείς αποστάσεων και ανάσκητα άτομα, παρόμοια με εκείνα των ποδηλατών και χαμηλότερα από τα αντίστοιχα των αθλητών της άρσης βαρών (Izquierdo et al. 2002).

Έξι προπονητικές συνεδρίες σε 7 ημέρες μειώνουν τη δύναμη των εκτεινόντων στην άρθρωση του γόνατος κατά 8% (Ronglan et al. 2006). Μετά από την προσομοίωση ενός αγώνα χειροσφαίρισης η ισομετρική δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων στην άρθρωση του γόνατος μειώνεται κατά 10% περίπου και συνοδεύεται από πτώση στο χρόνο ανάπτυξης της δύναμης από 16% έως 21% (Thorlund et al. 2007).

Προπόνηση αντιστάσεων. Ένα πρόγραμμα αντιστάσεων 12 εβδομάδων στην διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου, βελτίωσε τη μέγιστη δύναμη στα άνω άκρα κατά 16% και στα κάτω άκρα κατά 30.7% (Marques and Gonzalez-Badillo 2006). Μάλιστα, τα κέρδη αυτά διατηρήθηκαν για 7 εβδομάδες μετά την προπόνηση αντιστάσεων, όπου οι αθλητές συνέχισαν τη συνηθισμένη αθλητική τους δρα-



Σχήμα 1. Η καρδιακή συχνότητα (επάνω σχήμα) και η καλυπτόμενη απόσταση (κάτω σχήμα) στην δοκιμασία Yo-Yo σε χειροσφαιριστή A1 κατηγορίας στο τέλος της περιόδου προετοιμασίας. Ο αθλητής κάλυψε την απόσταση των 2480 μέτρων σε 13 λεπτά, ξεκινώντας με ταχύτητα $8 \text{ Km} \cdot \text{h}^{-1}$ η οποία και αυξανόταν προοδευτικά μέχρι εξάντλησης.

στηριότητα. Δυστυχώς στη μελέτη αυτή έλειπε μια ομάδα ελέγχου, γεγονός που θα ενδυνάμωσε τα παραπάνω συμπεράσματα. Σε μια καλοσχεδιασμένη μελέτη από τους Gorostiaga et al. (1999) χρησιμοποιήθηκαν 3 ομάδες από νεαρούς αθλητές χειροσφαίρισης 14-16 ετών: μια ομάδα που πραγματοποίησε μονάχα προπόνηση χειροσφαίρισης, μια ομάδα που συμμετείχε επιπρόσθετα και σε ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης, καθώς και μια ομάδα ελέγχου. Οι αθλητές που συμμετείχαν σε επιπρόσθετη προπόνηση με αντιστάσεις, βελτίωσαν τη μέγιστη δύναμη στα άνω και τα κάτω άκρα κατά 8 και 15 κιλά αντίστοιχα. Στην ίδια μελέτη, η βελτίωση στη μέγιστη ισομετρική δύναμη των καμπτήρων στην άρθρωση του γόνατος ήταν 9%, ενώ η ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων στην άρθρωση του γόνατος και του αγκώνα βελτιώθηκε κατά 13% και 23% αντίστοιχα (Gorostiaga et al. 1999).

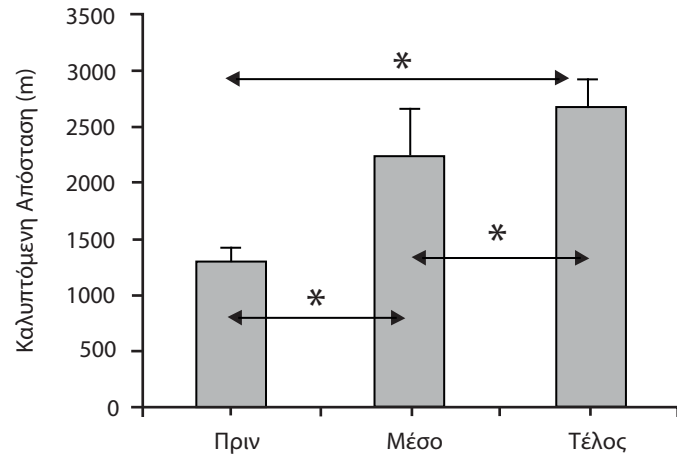
Ταχύτητα ρίψης. Αρκετές μελέτες συγκρίνουν την ικανότητα ρίψης με την παραγόμενη δύναμη κυρίως στα άνω άκρα (Bayios et al. 2001, Marques et al. 2007), σε επαγγελμα-

τίες και ερασιτέχνες χειροσφαιριστές και χειροσφαιρίστριες (Gorostiaga et al. 2005, Granados et al. 2007), σε χειροσφαιριστές διαφορετικών κατηγοριών και φοιτητών φυσικής αγωγής (Bayios et al. 2001), σε χειροσφαιριστές μετά από μια αγωνιστική περίοδο (Gorostiaga et al. 2006) μετά από ένα πρόγραμμα αντιστάσεων (Hoff and Almasbakk 1995, Gorostiaga et al. 1999, Marques and Gonzalez-Badillo 2006, Manchado et al. 2013).

Οι Bayios et al. (2001) παρατήρησαν ότι η ταχύτητα ρίψης σε Έλληνες χειροσφαιριστές A1 κατηγορίας ήταν σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη των παικτών της A2 κατηγορίας, και των αθλητών χειροσφαίρισης υψηλότερη από την αντίστοιχη των φοιτητών φυσικής αγωγής. Παρόλα αυτά η ταχύτητα ρίψης δεν συσχετίστηκε με την ισοκινητική δύναμη σε τρεις γωνιακές ταχύτητες στους έσω και έξω στροφείς στην άρθρωση του ώμου, η οποία μάλιστα ήταν παρόμοια μεταξύ των τριών ομάδων (Bayios et al. 2001). Οι Fleck et al. (1992) αντίθετα, είχαν παρατηρήσει συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας ρίψης και της ισοκινητικής οριζόντιας απαγωγής και της κάμψης στην άρθρωση του ώμου, και της έκτασης στην άρθρωση του αγκώνα. Παρόμοια, οι Granados et al. (2013), σημείωσαν ότι η ταχύτητα ρίψης σε κορυφαίες αθλήτριες χειροσφαίρισης εξαρτάται από την ικανότητά τους να παράγουν ισχύ τόσο στα άνω, όσο και στα κάτω άκρα.

Η ταχύτητα ρίψης επιχειρήθηκε να συσχετιστεί και με τη μέγιστη παραγόμενη δύναμη και ισχύ στις πιέσεις στον επίπεδο πάγκο, μια άσκηση όπου συμμετέχουν πολλές μυϊκές ομάδες του πάνω μέρους του κορμού. Σε ορισμένες μελέτες η δύναμη και ισχύς στην άσκηση πιέσεων στον πάγκο σχετίζεται με την ταχύτητα ρίψης (Hoff and Almasbakk 1995, Gorostiaga et al. 2005, Granados et al. 2007, Marques et al. 2007). Μάλιστα, οι επαγγελματίες χειροσφαιριστές οι οποίοι εμφανίζουν υψηλότερη δύναμη και ισχύ στις πιέσεις στον πάγκο, έχουν ταχύτερη ρίψη κατά 8-9% συγκριτικά με τους ερασιτέχνες (Gorostiaga et al. 2005). Παρόμοια είναι τα δεδομένα και για τις γυναίκες, όπου οι αθλήτριες υψηλότερων κατηγοριών με μεγαλύτερη δύναμη και ισχύ στα άνω άκρα έχουν ταχύτερη ρίψη κατά 11% (Granados et al. 2007). Επιπλέον, η προπόνηση αντιστάσεων στα άνω και κάτω άκρα βελτιώνει την ταχύτητα ρίψης (Gorostiaga et al. 1999, Marques and Gonzalez-Badillo 2006, Marques et al. 2007). Σε μια μελέτη αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση της ταχύτητας ρίψης με τη μέγιστη δύναμη στις πιέσεις στον πάγκο, αλλά με τη δύναμη στα κάτω άκρα (Marques and Gonzalez-Badillo 2006). Οι ερευνητές εξήγησαν το εύρημά τους λέγοντας ότι η μεταφορά ενέργειας από τα κατώτερα προς τα ανώτερα μέρη του σώματος είναι σημαντική για μια ρίψη με υψηλή ταχύτητα.

Τέλος, η ταχύτητα ρίψης της μπάλας δεν φαίνεται να διαφοροποιείται μετά από την προσομοίωση ενός αγώνα χειροσφαίρισης (Zapartidis et al. 2007). Οι Zapartidis et al. (2007) μελέτησαν 16 έμπειρες αθλήτριες χειροσφαίρισης χωρίς να παρατηρήσουν μείωση στην ταχύτητα ρίψης, ενώ αντίθετα η ακρίβεια ρίψης μειώθηκε σημαντικά. Επιπλέον, στο ημίχρονο αλλά και στο τέλος του προσομοιωμένου αγώνα, η δύναμη στους έσω και έξω στροφείς του ώμου δεν άλλαξε σημαντικά και δεν σχετίστηκε με την ταχύτητα,



Σχήμα 2. Η καλυπτόμενη απόσταση των αθλητών χειροσφαίρισης A1 κατηγορίας (n=15) στην δοκιμασία Yo-Yo, πριν, στο μέσο και μετά από ένα πρόγραμμα βελτίωσης φυσικής κατάστασης στο αρχικό στάδιο της προετοιμασίας. Οι παραπάνω αποστάσεις αντιστοιχούν σε πρόσληψη οξυγόνου 39.1, 53.1 και 59.8 ml·kg⁻¹·min⁻¹ για τις μετρήσεις πριν, στο μέσο και μετά την συγκεκριμένη φάση της προετοιμασίας αντίστοιχα. (*): p<0.05

άλλα ούτε και με την ακρίβεια ρίψης.

Συμπερασματικά, ο αθλητής χειροσφαίρισης δεν πρέπει να παίζει για να προπονηθούν, αλλά να προπονούνται για να παίζουν. Για να αποδώσει ο αθλητής χειροσφαίρισης, εκτός της τεχνικής, θα πρέπει να είναι μυώδης και ισχυρός, με καλό επίπεδο αερόβιας ικανότητας και πολύ καλό αναερόβιας ικανότητας. Η μεταφορά των ωφελειών της προπόνησης εντός και εκτός γηπέδου στον αγώνα, είναι η πρόκληση την οποία καλείται να αντιμετωπίσει ο γυμναστής-προπονητής.

Στην επόμενη ενότητα γίνεται αναφορά των δοκιμασιών που χρησιμοποιούνται ώστε να αξιολογηθούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Δοκιμασίες αξιολόγησης φυσιολογικών χαρακτηριστικών των αθλητών χειροσφαίρισης

Αερόβια, αναερόβια ικανότητα και δύναμη μπορούν να αξιολογηθούν τόσο εργαστηριακά, όσο και στο γήπεδο. Κάθε δοκιμασία είναι απαραίτητο να προσομοιάζει όσο το δυνατόν στις κινήσεις του αθλήματος να είναι εύχρηστη, έγκυρη, αλλά και αξιόπιστη.

Αερόβια ικανότητα. Παρότι η αερόβια ικανότητα μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια στο εργαστήριο, είναι απαραίτητη η εφαρμογή συγκεκριμένων, πιο εύχρηστων δοκιμασιών στο γήπεδο. Αν και η 12-λεπτη δοκιμασία Cooper και το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής μπορούν να εκτιμήσουν την αερόβια απόδοση, εντούτοις δεν ανταποκρίνονται στις πραγματικές αερόβιες απαιτήσεις του αθλήματος. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται κυρίως στο ποδόσφαιρο η δοκιμασία Yo-Yo (Krustrup et al., 2003; Thomas et al., 2006). Η δοκιμασία αυτή αποτελείται από

Πίνακας 2. Χρόνος ταχύτητας 10 και 30 μέτρων (ΧΤ10 και ΧΤ30 αντίστοιχα) μέγιστη και μέση καρδιακή συχνότητα (ΚΣμέγιστη και ΚΣμέση) επίπεδα γαλακτικού (ΓΟ) (μέσος όρος από 7 προσπάθειες με διάλειμμα 25 δευτερόλεπτα μεταξύ των προσπαθειών) και δείκτης κόπωσης στα 10 και 30 μέτρα (ΔΚ10 και ΔΚ30 αντίστοιχα) σε Έλληνες χειροσφαιριστές Α1 κατηγορίας (n=15).

Παράμετρος	Μέσος Όρος (7 προσπάθειες)	Σταθερή Απόκλιση
ΧΤ ₁₀ (sec)	2.06	0.14
ΧΤ ₃₀ (sec)	4.77	0.42
ΚΣ μέγιστη (beats per min)	197	7.44
ΚΣ μέση (beats per min)	188	7.36
ΓΟ (mmol·l ⁻¹)	13.99	2.94
ΔΚ ₁₀ (%)	11.2	8.9
ΔΚ ₃₀ (%)	8.5	4.5

επαναλαμβανόμενο τρέξιμο 20 μέτρων αυξανόμενης ταχύτητας, το οποίο διακόπτεται από 10 δευτερόλεπτα ενεργητικής αποκατάστασης και φαίνεται να παρουσιάζει υψηλή επαναληψιμότητα, αλλά και συσχέτιση με την εργαστηριακά μετρούμενη $VO_2\max$ (Krustrup et al. 2003, Thomas et al. 2006). Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η καρδιακή συχνότητα και η καλυπτόμενη απόσταση για έναν χειροσφαιριστή της Α1 κατηγορίας κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας Yo-Yo (Yo-Yo intermittent endurance test) ενώ στο Σχήμα 2 η πρόοδος μιας ομάδας Α1 κατηγορίας με βάση την παραπάνω δοκιμασία στην αρχή, στο μέσο και στο τέλος της αρχικής φάσης της περιόδου προετοιμασίας (Κουναλάκης, αδημοσίευτα δεδομένα). Από το Σχήμα 2 φαίνεται ότι κατά μέσο όρο η αερόβια απόδοση της ομάδας βελτιώθηκε κατά 19.8%. Νεότερες μελέτες (Souhail et al. 2010, Michalsik et al. 2013) επιβεβαιώνουν τη χρήση του Yo-Yo ως μιας έγκυρης και αξιόπιστης δοκιμασίας για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας των χειροσφαιριστών. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι η δοκιμασία Yo-Yo είναι ένα χρήσιμη για την παρακολούθηση της αερόβιας ικανότητας των χειροσφαιριστών. Μένει να αξιολογηθεί η χρησιμότητά της σε συνδυασμό με εργαστηριακά δεδομένα.

Η συγκέντρωση γαλακτικού των 3 mmol·l⁻¹ έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της αερόβιας απόδοσης (Gorostiaga et al. 1999, Gorostiaga et al. 2006). Οι ερευνητές σχεδίασαν μια δοκιμασία τεσσάρων 5λεπτων σταδίων αυξανόμενης ταχύτητας με διάλειμμα 3 λεπτών μεταξύ των σταδίων για να προσδιορίσουν την καμπύλη συγκέντρωσης γαλακτικού. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε στο γήπεδο χειροσφαίρισης (40 x 20 μέτρα) ενώ την ταχύτητα τρεξίματος (10, 12, 14 και 16 km·h⁻¹) καθόριζε ηχητικό σήμα (Gorostiaga et al. 2006). Μεταφορά της συγκεκριμένης συγκέντρωσης προς υψηλότερες ταχύτητες σημαίνει αργότερη συμμετοχή του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας και επομένως βελτίωση της αερόβιας απόδοσης.

Αναερόβια ικανότητα. Η αναερόβια ικανότητα προσδιορίζεται εργαστηριακά με τη δοκιμασία Wingate, με επα-

ναλαμβανόμενα άλματα, ή με επαναλαμβανόμενες ανυψώσεις βάρους στον επίπεδο πάγκο ώστε να προσδιοριστεί η παραγόμενη ισχύς (Rannou et al., 2001, Gorostiaga et al., 2006, Thorlund et al. 2007, Kounalakis et al. 2008). Στο γήπεδο, οι δείκτες της μέγιστης παραγωγής ισχύος είναι το κάθετο άλμα και ο δρόμος ταχύτητας 5, 15, 20 ή 30 μέτρων. Ο Reilly (2001) προτείνει 7 επαναλαμβανόμενες ταχύτητες 30 μέτρων, με ξεκούραση 25 δευτερολέπτων και χρονομέτρηση στα 10 και 30 μέτρα. Ο μέσος όρος των χρόνων στις 7 προσπάθειες είναι ενδεικτικός της δυνατότητας του παίκτη για επαναλαμβανόμενες ταχύτητες μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, όπως ακριβώς συμβαίνει και κατά τη διάρκεια του αγώνα, ενώ με αυτή τη δοκιμασία προκύπτει ο δείκτης κόπωσης, ο οποίος βασίζεται στο μέγεθος πτώσης του χρόνου από την πρώτη έως την έβδομη προσπάθεια (Reilly 2001). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι χρόνοι (μέσος όρος 7 προσπαθειών) στα 10 και 30 μέτρα, ο δείκτης κόπωσης, η καρδιακή συχνότητα και τα επίπεδα γαλακτικού σε χειροσφαιριστές Α1 κατηγορίας (Κουναλάκης, αδημοσίευτα δεδομένα). Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι οι αθλητές της συγκεκριμένης ομάδας χειροσφαίρισης ήταν σχετικά αργοί αν παρατηρήσουμε το χρόνο στις ταχύτητες 10 και 30 μέτρων. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τις χαμηλές τιμές του δείκτη κόπωσης, κατάφεραν να διατηρήσουν τους χρόνους τους μετά από επαναλαμβανόμενες προσπάθειες, παρότι στο τέλος εξαντλήθηκαν. Η εξάντληση των αθλητών φαίνεται από τα υψηλά επίπεδα γαλακτικού και την υψηλή καρδιακή συχνότητα (Πίνακας 2). Για τον προσδιορισμό της αναερόβιας ικανότητας για τα άνω άκρα θα ήταν χρήσιμη η εφαρμογή μιας σταθμισμένης δοκιμασίας, όπως για παράδειγμα ο χρόνος για τη ρίψη συγκεκριμένου αριθμού ιατρικών μπαλών πάνω από μια ορισμένη απόσταση ή η συνολική απόσταση ρίψης ιατρικής μπάλας σε συγκεκριμένο χρόνο.

Δύναμη. Στο εργαστήριο, η μέγιστη δύναμη μπορεί να αξιολογηθεί ισοκινητικά με μεγάλη ακρίβεια και για μεγάλο αριθμό μυϊκών ομάδων (Bayios et al. 2001, Thorlund

et al. 2007). Επιπλέον μπορεί να αξιολογηθεί η ισομετρική δύναμη στα άνω και κάτω άκρα καθώς και ο χρόνος ανάπτουξης της δύναμης, μιας σημαντικής παραμέτρου στην χειροσφαίριση (Thorlund et al. 2007). Στο γυμναστήριο ή το γήπεδο, η δύναμη στα κάτω άκρα αξιολογείται με την ανύψωση βάρους από θέση ημικαθίσματος (Gorostiaga et al. 2005) ενώ για τα άνω άκρα με την ανύψωση βάρους στον επίπεδο πάγκο και την δύναμη λαβής (Marques and Gonzalez-Bandillo 2006, Leyk et al. 2007).

Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η ανάγκη εύρεσης συγκεκριμένων δοκιμασιών, περισσότερο εφαρμοσμένων στο γήπεδο, αλλά και στοχευόμενων σε συγκεκριμένες φυσιολογικές παραμέτρους (π.χ. αναερόβια ικανότητα). Παρότι οι δοκιμασίες αυτές δεν θα στερούνται επιστημονικής βάσης (σύγκριση με εργαστηριακές δοκιμασίες), θα πραγματοποιούνται στο γήπεδο χειροσφαίρισης και θα προσομοιάζουν περισσότερο με την αγωνιστική δραστηριότητα στη διάρκεια του αγώνα.

Συμπεράσματα

Η χειροσφαίριση είναι ένα πολύπλοκο και εκτός των άλλων, από φυσιολογικής πλευράς, απαιτητικό άθλημα. Μέριμνα του γυμναστή θα πρέπει να είναι η προπόνηση των παικτών, ώστε οι απαιτήσεις αυτές να μην αποτελέσουν περιορισμό για την απόδοση της ομάδας. Ψηλοί παίκτες

με μεγάλο ποσοστό άλιπης μάζας, έχουν θεωρητικό πλεονέκτημα συγκριτικά με τους κοντότερους και λιγότερο μυώδεις συμπαίκτες τους. Ένα υψηλό επίπεδο αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την καλή απόδοση των παικτών. Η αερόβια προπόνηση μπορεί να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με την ανάπτυξη της αναερόβιας ικανότητας και δύναμης στην περίοδο της προετοιμασίας, ενώ στη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου είναι προτιμότερη η προπόνηση αναερόβιας απόδοσης με υψηλές εντάσεις. Επίσης, προπόνηση αντιστάσεων με έμφαση στην παραγωγή ισχύος ενδείκνυται για όλη την αγωνιστική περίοδο. Τέλος η υιοθέτηση δοκιμασιών για τον έλεγχο και την αξιολόγηση της προπόνησης πρέπει να είναι κοινή πρακτική για τους προπονητές, κυρίως στη φάση της προετοιμασίας. Οι δοκιμασίες αυτές θα πρέπει να είναι ενταγμένες στην προπονητική διαδικασία, να εκτελούνται όσο το δυνατόν στο γήπεδο και να προσομοιάζουν την αθλητική δραστηριότητα.

Σημασία για τον αθλητισμό. Η παρούσα ανασκόπηση είχε σαν στόχο να αναδείξει τις φυσιολογικές απαιτήσεις ενός αγώνα χειροσφαίρισης καθώς και τα χαρακτηριστικά των αθλητών. Επιπλέον, προτείνονται τρόποι αξιολόγησης των παικτών τόσο στο εργαστήριο, όσο και στο γήπεδο. Γνώση των απαιτήσεων και αξιολόγηση, είναι οι δύο συνιστώσες που ο προπονητής είναι απαραίτητο να χρησιμοποιεί για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της ομάδας του.

Βιβλιογραφία

- ΜΠΑΓΙΟΣ Ι. Αξιολόγηση της σωματικής και κινητικής κατάστασης των Ελλήνων αθλητών της χειροσφαίρισης και συγκριτικές διαφορές με Γιουγκοσλάβους αθλητές. *Συνέδριο Ορίζοντες της Αθλητικής Επιστήμης*, σελ. 53, 1992.
- ΟΕΥΖΟΓΛΟΥ Ν και ΧΑΤΖΗΜΑΝΟΥΗΛ Δ. Αξιολόγηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών και των κινητικών ικανοτήτων δύναμης ταχύτητας και ευκινησίας επίλεκτων αθλητών χειροσφαίρισης ηλικίας 19-21 ετών. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή και τον Αθλητισμό* 1: 221-227, 2003.
- BAYIOS IA, ANASTASOPOULOU EM, SIOUDRIS DS and BOUDOLOS KD. Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *J Sports Med Phys Fitness* 41: 229-235, 2001.
- BAYIOS IA, BERGELES NK, APOSTOLIDIS NG, NOUTSOS KS and KOSKOLOU MD. Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 46: 271-280, 2006.
- BENCKE J, DAMSGAARD R, SAEKMOSE A, JORGENSEN P, JORGENSEN K and KLAUSEN K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sports* 12: 171-178, 2002.
- BUCHHEIT M, LEPRETREB PM, BEHAEGELC AL, MILLET GP, CUVELIERC G and AHMAIDIA S. Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009 May; 12(3):399-405. doi: 10.1016/j.jsams.2007.11.007. Epub 2008 Mar 20.
- CHAOUACHI A, BRUGHELLI M, LEVIN G, BOUDHINA N, CRONIN J, CHAMARI K. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences* 27: 151-57, 2009.
- DELAMARCHE P, GRATAS A, BEILLOT J, DASSONVILLE J, ROCHCONGAR P and LESSARD Y. Extent of lactic anaerobic metabolism in handballers. *Int J Sports Med* 8: 55-59, 1987.
- DZUDIE A, MENANGA A, HAMADOU B, KENGNE AP, ATCHOU G. and KINGUE S. Ultrasonographic study of left ventricular function at rest in a group of highly trained black African handball players. *Eur J Echocardiography* 8: 122-127, 2007.
- FLECK SJ, SMITH SL, CRAIB MW, DENAHAN T, SNOW R and MITCHELL ML. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *Appl Sport Sci Res* 6: 120-124, 1992.
- GOROSTIAGA EM, GRANADOS C, IBANEZ J and IZQUIERDO M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225-232, 2005.
- GOROSTIAGA EM, GRANADOS C, IBANEZ J, GONZALEZ-BADILLO J and IZQUIERDO M. Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Med Sci Sports Exerc* 38: 357-366, 2006.
- GOROSTIAGA EM, IZQUIERDO M, ITURRALDE P, RUESTA M and IBANEZ J. Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol* 80: 485-493, 1999.
- GRANADOS C, IZQUIERDO M, IBAÑEZ J, BONNABAU H and GOROSTIAGA EM. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *Int J Sports Med* DOI 10.1055/s, 2007.
- GRANADOS C, IZQUIERDO M, IBANEZ J, RUESTA M and GOROSTIAGA EM. Are there any differences in physical fitness and throwing velocity between national and international elite female players? *J Strength Cond Res* 27: 723-732, 2013.
- GRUIC I, VULETA D and MILANOVIC D. Performance indicators of teams at the 2003 men's world handball championship in Portugal. *Kinesiology* 2: 164-175, 2006.
- HEFCO V, BATES K and ACSINTE A. Biochemical and physiological changes in handball players during a specific high intensity training program. *Rom J Physiol* 41: 133-141, 2004.
- HOFF J and ALMASBAKK B. The effects of maximum strength training on

- throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *J Strength Cond Res* 9: 255-258, 1995.
- IBNZIATEN A, POBLADOR MS, LEIVA A, GÓMEZ JR, VIANA B, NOGUERAS FG and LANCHO JL. Body composition in 10 to 14-year-old handball players. *Eur J Anat* 6: 153-160, 2002.
- INBAR O, BAR-OR O and SKINNER J. The Wingate anaerobic test. USA: *Human Kinetics*, 1996.
- IZQUIERDO M, HAKKINEN K, GONZALEZ-BADILLO J, IBANEZ J and GOROSTIAGA EM. Effects of long term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol* 87: 264-271, 2002.
- JÜRIMÄE J, VON DUVILLARD SP, MÄESTU J, CICHELLA A, PURGE P, RUOSI S, JÜRIMÄE T and HAMRA J. Aerobic-anaerobic transition intensity measured via EMG signals in athletes with different physical activity patterns. *Eur J Appl Physiol* 101: 341-346, 2007.
- KOTZAMANIDIS C, CHATZIKOTOULAS K and GIANNAKOS A. Optimization of the training plan of the handball game. *Handball* 6: 64-71, 1999.
- KARCHER CI and BUCHHEIT M. On-court demands of elite handball with special reference to playing positions. *Sports Medicine* 2014 Jun; 44(6):797-814. doi: 10.1007/s40279-014-0164-z.
- KOUNALAKIS S, BAYIOS I, KOSKOLOU M and GELADAS N. Anaerobic capacity of the upper arms in top-level team handball players. *Int J Sports Physiol and Performance* (in press), 3: 251-161, 2008.
- KRUSTRUP P, MOHR M, AMSTRUP T et al. The Yo-Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc* 35, 697-705, 2003.
- KVORNING T. Strength training in team handball. *5th international conference on strength training*, October, Syddansk University, 2006.
- LEYK D, GORGES W, RIDDER D, WUNDERLICH M, RUTHER T, SIEVERT A and ESSFELD D. Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. *Eur J Appl Physiol* 99: 415-421, 2007.
- MARQUES M and GONZALEZ-BADILLO J. In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength and Cond Research* 20: 563-571, 2006.
- MARQUES M, TILLAAR R, VESCOVI J and GONZALEZ-BADILLO J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sports Physiol Performance* 2, Iss. 4, 2007.
- MANCHANDO C, TORTOZA-MARTINEZ J, VILA H, FERRAGUT C and PLATEN P. Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects - a review. *J Strength Cond Res* 27: 1708-1719, 2013.
- MASSUCA L, FRAGOSO I and TELES J. Attributes of top elite team handball players. *J Strength Cond Res* 28: 178-186, 2014.
- MICHALSIK L, MADSEN B and AAGAARD P. Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. *Int J Sports Med* Doi:10.1055/s-003301358713, 2013.
- MICHALSIK L and AAGAARD P. Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *J Sports Med Phys Fitness* [epub ahead of print] 2014.
- MICHALSIK L, MADSEN B and AAGAARD P. Technical match characteristics and influence of body anthropometry on playing performance in male elite team handball. *J Strength Cond Res* Doi: 10.1519/JSC.000000000000595, 2014a.
- MICHALSIK L, MADSEN B and AAGAARD P. Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *J Sports Med Phys Fitness* [epub ahead of print] 2014b.
- MOUGIOS V, KOTZAMANIDIS C, KOUTSARI C and ATSOPARDIS S. Exercise-induced changes in the concentration of individual fatty acids and Triacylglycerols of Human Plasma. *Metabolism* 144: 681-688, 1995.
- OHKUA T, MIYAMURA M, ANDOU Y and UTSUNO T. Sex differences in lactate and glycerol levels during maximal aerobic and anaerobic running. *Eur J Appl Physiol* 57: 746-752, 1988.
- PERS J, BON M, KOVACIC S, SIBILA M and DEZMAN B. Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science* 21: 295-311, 2002.
- PPOVOAS S, ASCENSAO A, MAGALHAES J, SEABRA A, KRUSTRUP P, SOARES J and REBELO A. Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J Strength Cond Res* 28: 430-442, 2014
- POVOAS S, SEABRA A, ASCENSAO A, MAGALHAES J, SOARES J and REBELO A. Physical and physiological demands of elite team handball. *J Strength Cond Res* 26: 3365-3375, 2012
- RANNOU F, PRIOUX J, ZOUHAL H, GRATAS-DELAMARCHE A and DELAMARCHE P. Physiological profile of handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 41: 349-53, 2001.
- REILLY T. Assessment of sports performance with particular reference to field games. *Eur J Sports Science* 1: 1-12, 2001.
- RONGLAN LT, RAASTAD T and BØRGENSEN A. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female handball players. *Scand J Med Sci Sports* 16: 267-273, 2006.
- SCHORER J, BAKER J, FATH F and JAITNER T. Identification of interindividual and intraindividual movement patterns in handball players of varying expertise levels. *Journal of Motor Behavior* 39: 409-421, 2007.
- SOUHAIL H, CASTAGNA C, MOHAMED H, YOUNES H and CHAMARI K. Direct validity of the Yo-Yo intermittent recovery test in young team handball players. *J Strength Cond Res* 24: 465-470, 2010.
- SPIRITO P, PELLICCIA A, PROSCHAN M et al. Morphology of the "athletes heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes participating 27 sports. *Am J Cardiol* 74: 802-806, 1994.
- SRHROJ V, MARINOVIC M and ROGULJ N. Position specific morphological characteristics of top-level male handball players. *Coll Anthropol* 26: 219-227, 2002.
- THOMAS A, DAWSON B and GOODMAN C. The Yo-Yo test: reliability and association with a 20-m shuttle run and VO₂max. *Int J Sports Physiology and Performance* 1: 137-149, 2006.
- THORLUND JB, MICHALSIK LB, MADSEN K and AAGAARD P. Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scand J Med Sci Sports* DOI: 10.1111/j.1600-0838.2007.00710.x, 2007.
- VICENTE-RODRIGUEZ G, DORADO C, PEREZ-GOMEZ J, GONZALEZ-HENRIQUEZ JJ and CALBET JAL. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone* 35: 1208-1215, 2004.
- YIANNAKOS A, SILELOGLOU P, GERODIMOS V, TRIANTAFILLOU P, ARMATAS V and KELLIS S. Analysis and comparison of fast break in top level handball matches. *Int J Performance Analysis in Sport* 5: 62-72, 2005.
- ZAPARTIDIS I, GOUVALI M, BAYIOS I and BOUDOLOS K. Throwing effectiveness and rotational strength of the shoulder in team handball. *J Sports Med Phys Fitness* 47: 169-178, 2007.

Φυσιολογικές απαιτήσεις της υδατοσφαίρισης

Θεόδωρος Πλατάνου

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

Περίληψη

ΠΛΑΤΑΝΟΥ Θ. Φυσιολογικές απαιτήσεις της υδατοσφαίρισης. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 19-30. Στη μελέτη αυτή έγινε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τους ενεργειακούς μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια ενός αγώνα υδατοσφαίρισης, ώστε να εξαχθούν χρήσιμα προπονητικά συμπεράσματα. Από την ανασκόπηση των μέχρι σήμερα ερευνών, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η σύγχρονη υδατοσφαίριση έχει υψηλές καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές, αερόβιες και αναερόβιες (κυρίως αγαλακτικές), απαιτήσεις σε υψηλού επιπέδου παίκτες. Τα παιχνίδια υδατοσφαίρισης παίζονται με μια συνολική ένταση που κυμαίνεται γύρω από το γαλακτικό κατώφλι των παικτών. Συγκεκριμένα, η μέση καρδιακή συχνότητα των παικτών στο παιχνίδι ($157 \pm 18 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$) κυμαίνεται γύρω από την Κ.Σ που αντιστοιχεί στο γαλακτικό κατώφλι ($155 \pm 12 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$) και οι συγκεντρώσεις του γαλακτικού στο αίμα κυμαίνονται μεταξύ των 2-12 $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Το 59%-85% του πραγματικού χρόνου παιχνιδιού παίζεται σε εντάσεις μεγαλύτερες του 85% της μέγιστης Κ.Σ., 39%-69% σε εντάσεις μεγαλύτερες του 90% της μέγιστης Κ.Σ. και 18%-44% σε εντάσεις μεγαλύτερες του 95%, ανάλογα βέβαια με το σύστημα του παιχνιδιού και τα ιδιαίτερα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των παικτών. Ακόμη, από αυτή την ανασκόπηση φαίνεται ότι η ένταση του παιχνιδιού των παικτών μειώνεται κατά τη διάρκεια του αγώνα και χρησιμοποιείται περισσότερο ο αερόβιος από τον αναερόβιο ενεργειακό μηχανισμό. Συγκεκριμένα, παρατηρείται: α) μεγαλύτερη μείωση της καρδιακής συχνότητας στα τελευταία λεπτά των παιχνιδιών με μεγαλύτερη διάρκεια αγωνιστικών περιόδων (4X9 λεπτά διάρκειας: $152 \pm 7.49 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ έναντι 4X7: $156 \pm 2.85 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ λεπτά διάρκειας). β) Μείωση στις συγκεντρώσεις του γαλακτικού στο αίμα στην τελευταία περίοδο του παιχνιδιού συγκριτικά με τις πρώτες περιόδους (4.22 ± 1.8 και $3.47 \pm 1.9 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ στη δεύτερη και τέταρτη περίοδο, αντίστοιχα). γ) Μείωση της καρδιακής συχνότητας στα παιχνίδια με μικρότερο ανταγωνισμό συγκριτικά με τα παιχνίδια με υψηλό ανταγωνισμό (154 ± 17 έναντι $158 \pm 18 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$, αντίστοιχα), ενώ δ) δεν υπάρχουν διαφορές στην ένταση του παιχνιδιού μεταξύ παικτών διαφορετικών θέσεων και διαφορετικού επιπέδου, αν και οι παίκτες υψηλότερου επιπέδου κολυμπούν σημαντικά πιο γρήγορα (1.31 ± 0.06 έναντι $1.25 \pm 0.07 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ συγκεντρώσεις γαλακτικού στο γαλακτικό κατώφλι, αντίστοιχα). Όσον αφορά το παιχνίδι του τερματοφύλακα, στο μεγαλύτερο μέρος του αγώνα (85.6%) παρατηρείται μια χαμηλή αερόβια απαίτηση, ενώ ένα μικρό ποσοστό του αγώνα (14.4%) περιέχει ενέργειες με ξαφνική αύξηση της καρδιακής συχνότητας (ΚΣ) πάνω από την Κ.Σ. που αντιστοιχεί στο κατώφλι γαλακτικού, υποδηλώνοντας επίσης μία σημαντική απαίτηση του αναερόβιου γαλακτικού και αγαλακτικού μηχανισμού. Η ένταση της άσκησης δεν διαφέρει από περίοδο σε περίοδο, όπως των άλλων παικτών. Η αποτελεσματικότητα του τερματοφύλακα είναι ανεξάρτητη από τον χρόνο πίεσης του τερματοφύλακα. Η μελέτη των φυσιολογικών απαιτήσεων του παιχνιδιού της υδατοσφαίρισης αλλά και κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των αθλητών, είναι απαραίτητη για τους προπονητές, γιατί παρέχει βασικές πληροφορίες για το σχεδιασμό ενός εξειδικευμένου και αποτελεσματικού προπονητικού προγράμματος. Επιπλέον, η αξιολόγηση παραμέτρων όπως οι περιπτώσεις παιχνιδιών με διαφορετική χρονική διάρκεια, η περίοδος του παιχνιδιού, το επίπεδο των αθλητών, το επίπεδο αγωνιστικότητας των ομάδων και οι διαφορετικές θέσεις παικτών, είναι απαραίτητη για το αποτελεσματικό σχεδιασμό της προπόνησης.

Λέξεις κλειδιά: ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ, ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ, ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ, ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΙΚΤΩΝ, ΘΕΣΗ ΠΑΙΚΤΩΝ

Η υδατοσφαίριση είναι η αθλοπαιδιά του νερού. Παίζεται πάνω από ένα αιώνα και είναι η παλαιότερη αθλοπαιδιά στους σύγχρονους Ολυμπιακούς αγώνες αφού πρωτοεισήχθηκε το 1900 στην δεύτερη Ολυμπιάδα στο Παρίσι. Τώρα παίζεται και από γυναίκες, και από το 2000 στο Σύννεϊ η γυναικεία υδατοσφαίριση έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα των Ολυμπιακών αγώνων. Παρά την ιστορία των τόσων πολλών ετών και την εξέλιξη που έχει η υδατοσφαίριση, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, πιθανόν λόγω των δυσκολιών που εμφανίζονται στη συλλογή δεδομένων μέσα στο νερό. Ενώ διάφοροι συγγραφείς (Bangsbo et

al. 1991, McInnes et al. 1995, Van Gool et al. 1988), έχουν αναφερθεί στις βασικές κινήσεις και στις φυσιολογικές αντιδράσεις που παρουσιάζουν αθλητές άλλων ομαδικών αθλημάτων τα οποία απαιτούν περιοδική επιβάρυνση όπως το ποδόσφαιρο, η καλαθοσφαίριση, το ράγκμπι, το χόκεϊ στον πάγο, η χειροσφαίριση, όσον αφορά την υδατοσφαίριση υπάρχουν λίγες διαθέσιμες πληροφορίες που να αναφέρονται στις πραγματικές φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος.

Προηγούμενη ανασκόπηση εξέτασε τις ενεργειακές απαιτήσεις της υδατοσφαίρισης καθώς και τα φυσικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των υδατοσφαιριστών (Smith, 1998). Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια υπήρξαν έρευνες που εξέτασαν τις ενεργειακές απαιτήσεις της υδατοσφαίρισης, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτη-

Επικοινωνία
Πλατάνου Θ: tplatano@phed.uoa.gr

ριστικά του παιχνιδιού. Επομένως, νέα στοιχεία για τις ενεργειακές απαιτήσεις των παικτών έχουν προκύψει, συμπεριλαμβάνοντας περισσότερες λεπτομέρειες αναφορικά με την διάρκεια, τη θέση και το ρόλο του παίκτη στο παιχνίδι, το επίπεδο των παικτών κ.λπ.

Στη μελέτη αυτή, γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τους ενεργειακούς μηχανισμούς και τις βασικές ενέργειες που λαμβάνουν μέρος κατά τη διάρκεια ενός αγώνα υδατοσφαίρισης, ώστε να εξαχθούν χρήσιμα προπονητικά συμπεράσματα. Δεδομένα από βίντεο ανάλυση και αναφερόμενες φυσιολογικές μετρήσεις, συνδυάζονται στις παρακάτω ενότητες για να παρουσιάσουν μια εικόνα των απαιτήσεων του παιχνιδιού των «έξω» παικτών και του τερματοφύλακα.

Δομή τεχνικών και τακτικών δραστηριοτήτων παιχνιδιού των «έξω» παικτών

Η χρονική ανάλυση των κινήσεων του παιχνιδιού έχει προταθεί ως μία αξιόπιστη μέθοδος για συλλογή πληροφοριών αναφορικά με τις απαιτήσεις ενός αθλητή καθώς και την αναγνώριση των βασικών ενεργειών σε διάφορα αθλήματα (McInnes et al. 1995, Reilly and Thomas 1976).

Παρακολουθώντας ατομικά τους παίκτες διαμέσου μιας βιντεοκάμερας και καταγράφοντας τις κινήσεις των παικτών καθ' όλη τη διάρκεια των παιχνιδιών, μπορούμε να συλλέξουμε πληροφορίες για τη συχνότητα και διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων και ενεργειών, καθώς επίσης και την ταχύτητα και την απόσταση κολύμβησης που κάλυψαν. Επιπλέον, αυτή η ανάλυση μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τη μεταβολή αυτών των παραμέτρων σύμφωνα με τη θέση των παικτών στο παιχνίδι. Αυτό το είδος της ποσοτικής ανάλυσης, είναι πολύ χρήσιμη για τον προπονητή, στο σχεδιασμό και την εφαρμογή συγκεκριμένων προπονητικών προγραμμάτων, διαφορετικών θέσεων και ρόλων μέσα στην ομάδα (Dopsaj and Matkovic, 1994).

Ανάλυση αποστάσεων στη διάρκεια του αγώνα. Στην υδατοσφαίριση υπάρχουν δημοσιευμένες μελέτες αναφορικά με την χρονική ανάλυση των κινήσεων του παιχνιδιού πριν από το 1995, από φιλικούς αγώνες σε τοπικό επίπεδο και με τους παλιούς κανονισμούς. Από τότε έχουν γίνει σημαντικές αλλαγές στους κανονισμούς της Υδατοσφαίρισης οι οποίες πιθανά άλλαξαν τις απαιτήσεις του παιχνιδιού. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των μελετών δεν μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους γιατί η κωδικοποίηση και κατάταξη των ενεργειών ήταν διαφορετική σε κάθε μελέτη. Μία μελέτη που διεξήχθη στο παρελθόν από τον Lilley (1982), προσπάθησε να εξετάσει τις απαιτήσεις του παιχνιδιού της υδατοσφαίρισης, καταγράφοντας τις αποστάσεις και την ταχύτητα (προσδιορίστηκαν υποκειμενικά), που οι παίκτες κολύπησαν κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού, σε τοπικό και εθνικό επίπεδο στην Αυστραλία (Lilley, 1982). Η μελέτη αυτή κατέληξε ότι οι περιφερειακοί κάλυψαν περίπου 1000 μ., από τα οποία τα 500 μ. περίπου σε αργό ρυθμό. Οι αμυντικοί κάλυψαν παρόμοια απόσταση, αλλά έκαναν λιγότερες ταχύτητες και οι κεντρικοί αμυντικοί κολύπησαν μικρότερη απόσταση, από ότι οι άλλοι παίκτες. Παρόμοιες

αποστάσεις καταγράφηκαν και σε άλλες μεταγενέστερες εργασίες. Σε μετρήσεις της συνολικής ευθύγραμμης απόστασης κολύμβηση, η οποία διανύθηκε από υδατοσφαιριστές κατά τη διάρκεια ολόκληρου του αγώνα, βρέθηκε ότι κυμάνθηκε σε μία μέση τιμή από 500-1000 μέτρα (Petric 1991, Sardella 1992), η οποία σε κάποιους υδατοσφαιριστές έφθασε μέχρι 1500 ως 1800 μέτρα (Hohmann and Frace 1992, Petric 1991). Σε όλες αυτές τις εργασίες καταγράφησαν μόνο οι ευθύγραμμες κινήσεις και δεν υπολογίστηκαν άλλες αποστάσεις με κινήσεις μικρότερες και όχι ευθύγραμμες και οι οποίες συμπεριλήφθησαν σε άλλες ενέργειες.

Ένταση δραστηριοτήτων αγώνα. Οι Pinnington και οι συνεργάτες του (1988), καθώς και οι Platanou & Geladas (2006), προσπάθησαν να αναλύσουν παιχνίδια υδατοσφαίρισης καταγράφοντας παράλληλα την καρδιακή συχνότητα (Κ.Σ.). Οι δραστηριότητες των παικτών καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του αγώνα (ταχύτητες κολύμβησης, μαρκαρίσματα, πάσες). Η ανάλυση αυτών των δραστηριοτήτων, σε σχέση με την ΚΣ που καταγράφηκε αντίστοιχα, επέτρεψε μια εκτίμηση της έντασης της προσπάθειας που χρειάστηκε ο παίκτης, ώστε να επιτευχθούν οι διάφορες δεξιότητες του παιχνιδιού και για να μπορέσει να παίξει σε διαφορετικές θέσεις στην ομάδα. Σύμφωνα με τον Pinnington (1988), οι υψηλότερες αποκρίσεις της ΚΣ των υδατοσφαιριστών εκδηλώθηκαν σε δραστηριότητες σχετιζόμενες με το παιχνίδι του κεντρικού επιθετικού ("φουνταριστού"). Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης του παιχνιδιού, οι "φουνταριστοί" είναι κάτω από συνεχή πίεση από τους αμυντικούς παίκτες ενώ αυτοί προσπαθούν να τοποθετηθούν ευνοϊκά για να υποδεχθούν την μπάλα. Στη μελέτη του Platanou and Geladas (2006), οι μεγαλύτερες αποκρίσεις Κ.Σ. των παικτών παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της φάσης της γρήγορης κολύμβησης (αιφνιδιασμού) και σε μικρότερη έκταση όταν εκτελούσαν δεξιότητες που συνδέονταν με το παιχνίδι του "φουνταριστού". Εντούτοις, σ' αυτή τη μελέτη οι δραστηριότητες του κεντρικού επιθετικού συμπεριλήφθησαν για ανάλυση και υπολογισμό της έντασης μαζί με τις δραστηριότητες των παικτών που βρίσκονταν σε επαφή στην περιφέρεια, στην ενέργεια "επαφή". Επίσης, η απόκλιση μεταξύ των δύο μελετών θα μπορούσε να αποδοθεί στις αλλαγές των κανονισμών και στις αλλαγές της τακτικής του παιχνιδιού. Μεταξύ 1988 και 2004 το παιχνίδι έγινε πιο κινητικό και το κολύμπι από τη μία πλευρά στην άλλη πιο συχνό και πιο σημαντικό. Σε κάθε περίπτωση, είναι προφανές και από τις δύο μελέτες, ότι αυτές οι ενέργειες δηλ. το παιχνίδι του <φουνταριστού> και το κολύμπι στον αιφνιδιασμό, είναι οι πιο έντονες. Συνεπώς εκείνοι που σκοπεύουν να παίξουν κυρίως στη θέση του "φουνταριστού" ή να λαμβάνουν μέρος σ' ένα γρήγορο αιφνιδιασμό απαιτείται να έχουν ειδικό, υψηλής έντασης προπονητικό πρόγραμμα με σκοπό να μεγιστοποιηθεί η δυνατότητα παίξιματος σε αυτές τις δραστηριότητες.

Περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες από εθνικού επιπέδου παίκτες του Καναδά (Smith, 1991). Η Smith (1991), πραγματοποίησε μία χρονική ανάλυση των δραστηριοτήτων του παιχνιδιού, βιντεοσκοπώντας 8 παιχνίδια από το 1990 και 9 παιχνίδια από το 1991 των τελικών

του Καναδικού πρωταθλήματος. Τα συστατικά στοιχεία του παιχνιδιού επισημάνθηκαν και κατατάχθηκαν, και οι συχνότητες και οι διάρκειες αυτών των δραστηριοτήτων μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα για περαιτέρω ανάλυση. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται η ένταση, η συχνότητα και η διάρκεια των πολλαπλών ενεργειών που εκτελούνται κατά τη διάρκεια των αγώνων. Επιπρόσθετα, οι Dopsai και Matkonic (1994) έδειξαν ότι ένας παίκτης εκτελεί κατά μέσο όρο στο παιχνίδι 38.7 ± 14.5 πάσες, 32.1 ± 9.6 υποδοχές και 7.9 ± 3.1 σουτ και η αποτελεσματικότητα της πάσας και της υποδοχής δεν αλλάζει από περίοδο σε περίοδο, όπως δεν αλλάζει σημαντικά και η αποτελεσματικότητα του σουτ.

Χρονική ανάλυση τεχνικών και τακτικών δραστηριοτήτων διεθνών παιχνιδιών. Στις παραπάνω μελέτες συμμετείχαν αθλητές εθνικού επιπέδου. Σε μία πιο πρόσφατη και πιο εκτεταμένη εργασία, έγινε ανάλυση του παιχνιδιού υψηλού επιπέδου παικτών, οι οποίοι πήραν μέρος σε παιχνίδια παγκοσμίου επιπέδου (Platanou, 2004). Οι ενέργειες από 48 υδατοσφαιριστές (16 φουνταριστοί, 18 περιφερειακοί και 14 κεντρικοί αμυντικοί), βιντεοσκοπήθηκαν και αναλύθηκαν, κατά τη διάρκεια 8 διαφορετικών παιχνιδιών, από το FINA CUP του 1997 στην Αθήνα. Η ανάλυση της συχνότητας των κινήσεων απεκάλυψε ότι η υδατοσφαίριση χαρακτηρίζεται από ένα σχετικά μικρό αριθμό από διαφορετικές ενέργειες, συγκρινόμενες με άλλα αθλήματα. Οι ενέργειες με τη μεγαλύτερη συχνότητα και συνολική διάρκεια οι οποίες χαρακτηρίζουν το άθλημα είναι: (α) η επιτόπια κολύμβηση με χρόνο διάρκειας $11:08 \pm 01:47$ min:sec και ποσοστό επί του συνολικού χρόνου του παιχνιδιού $26.8 \pm 6.0\%$ (β) η επιτόπια κολύμβηση στον "παίκτη παραπάνω" ή "παίκτη λιγότερο" με χρόνο διάρκειας $03:00 \pm 00:55$ min:sec και ποσοστό $7.2 \pm 2.2\%$ (γ) το κολύμπι από την περιοχή της άμυνας στην επίθεση κατά τη διάρκεια του αιφνιδιασμού ή κατά τη διάρκεια γρήγορης επιστροφής στην άμυνα ($09:27 \pm 01:18$ min:sec και $22.7 \pm 3.1\%$) και (δ) η επαφή με τον αντίπαλο ($05:22 \pm 01:54$ min:sec και $12.9 \pm 6.0\%$). Επιπλέον, υπάρχει ένας μεγάλος χρόνος που το παιχνίδι διακόπτεται ($08:56 \pm 00:57$ min:sec και $21.4 \pm 2.1\%$). Όλες αυτές οι ενέργειες, που αποτελούν το 91% του συνολικού παιχνιδιού, είναι μέσης και μεγάλης διάρκειας (8-25 sec) και εναλλάσσονται με ενέργειες επίθεσης και άμυνας μικρότερης διάρκειας (1.8-5.5 sec), οι οποίες αντιπροσωπεύουν μόνο το 9% του συνολικού παιχνιδιού.

Οι υδατοσφαιριστές είναι σε κάθετη θέση σχεδόν το μισό χρόνο του παιχνιδιού (46.9%) εκτελώντας "επιτόπια κολύμβηση", εκτελώντας "πόδια ποδήλατο" με ένα παίκτη παραπάνω ή παίκτη λιγότερο και κατά τη διάρκεια "επαφής με αντίπαλο". Λόγω της διαφορετικής κωδικοποίησης και ταξινόμησης των δραστηριοτήτων μεταξύ των εθνικών και διεθνών παιχνιδιών, περισσότερες συγκρίσεις δεν μπορούν να γίνουν. Επιπλέον, η συχνότητα και η διάρκεια των ενεργειών εξαρτάται από τη θέση των παικτών. Συγκεκριμένες ενέργειες εκτελούνται πιο συχνά και με μία μεγαλύτερη συνολική διάρκεια από τους φουνταριστούς, συγκρινόμενες με τους περιφερειακούς και τους αμυντικούς.

Σε άλλη μελέτη στην οποία διερευνήθηκε η σχέση με-

ταξύ των τεχνικών ενεργειών και της απόδοσης στο παιχνίδι σε παγκόσμιο επίπεδο υδατοσφαιριστές στο 9^ο FINA Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Υγρού Στίβου το 2001, βρέθηκε ότι δύο σημαντικές ενέργειες οι οποίες προσδιορίζουν το αποτέλεσμα ενός αγώνα είναι πρώτον η ικανότητα στην αντεπίθεση και δεύτερον στον "παίκτη λιγότερο" (Takagi et al. 2005).

Αποτελέσματα χρονικής ανάλυσης έχουμε και από παιχνίδια γυναικών από το 13ο FINA Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Γυναικείας Υδατοσφαίρισης στο Περθ το 2002 με διαφορετική αναγνώριση και ανάλυση ενεργειών, από αυτή των ανδρών. Τα παιχνίδια γυναικών παίζονται σε μικρότερο αγωνιστικό χώρο, από αυτόν που παίζονται τα παιχνίδια ανδρών (25 αντί 30 μέτρα) και με μικρότερη μπάλα. Σύμφωνα με αυτή την εργασία η μέση διάρκεια μιας ενέργειας ήταν 7.4 ± 2.5 δευτερόλεπτα και το παιχνίδι αποτελείτο από $64 \pm 15.3\%$ "κολύμπι", $11.1 \pm 9.2\%$ "διεκδικίσημο κολύμπι", $14.1 \pm 11.6\%$ "παλεύοντας με τον αντίπαλο" και $8.9 \pm 7.1\%$ "κρατώντας τη θέση" (D' Auria and Gabbett, 2008). Σημαντική διαφορά βρέθηκε μεταξύ των έξω παικτών και των κεντρικών στο ποσοστό του χρόνου κολύμβησης και παλεύοντας.

Ανάλυση ειδικών επιθετικών καταστάσεων. Ο "παίκτης παραπάνω" είναι μία κατάσταση η οποία συχνά επαναλαμβάνεται στο παιχνίδι της υδατοσφαίρισης και πιστεύεται ότι έχει μεγάλη συμμετοχή στο αποτέλεσμα του παιχνιδιού. Είναι η κατάσταση, όπου η μία από τις δύο ομάδες παίζει με ένα περισσότερο παίκτη λόγω αποβολής ενός παίκτη από την αντίπαλη ομάδα για 20 δευτερόλεπτα ή μέχρι να γίνει αλλαγή της κατοχής της μπάλας ή να μπει γκολ.

Ένα σύνολο 99 διεθνών αγώνων (Παγκόσμια και Ευρωπαϊκά Πρωταθλήματα) βιντεοσκοπήθηκαν και αναλύθηκαν (Platanou, 2004). Συνολικά 1476 γκολ επιτεύχθηκαν. 564 από τα 1457 σουτ εκτελέστηκαν από το "παίκτη παραπάνω". Η μέση τιμή του ποσοστού των γκολ με παίκτη παραπάνω, σε σχέση με το συνολικό αριθμό των γκολ που οι ομάδες πέτυχαν, ήταν $40.2 \pm 22.7\%$, σχεδόν τόσο όσο και τη μέση τιμή του ποσοστού των γκολ, σε σχέση με τον αριθμό αποβολών 39.1 ± 22.0 . Η μέση τιμή των αποβολών σε κάθε παιχνίδι ήταν 7.4 ± 2.7 φορές και ο μέσος αριθμός των γκολ που επιτεύχθηκαν 2.9 ± 1.7 . Σημαντικά περισσότερες προσπάθειες και γκολ επιτεύχθηκαν από τους παίκτες οι οποίοι έπαιζαν στις έξω και πλάγια θέσεις, συγκρινόμενες με τους παίκτες παίζοντας στη θέση του τέρματος απέναντι από τα δοκάρια. Συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ νικητριών και ηττημένων ομάδων, αποκάλυψαν ότι σημαντικά περισσότερες προσπάθειες και γκολ επιτεύχθηκαν από τους παίκτες οι οποίοι έπαιζαν στις νικήτριες ομάδες. Τα γκολ, τα οποία επιτεύχθηκαν από τις νικήτριες ομάδες ήταν σημαντικά περισσότερα (3.4 ± 1.6) συγκρινόμενα με εκείνα των ηττημένων ομάδων (2.3 ± 1.5) ($p < 0.05$), αν και δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέση τιμή μεταξύ του αριθμού των προσπαθειών. Συμπερασματικά, ο "παίκτης παραπάνω" είναι μία σημαντική κατάσταση η οποία προσδιορίζει το τελικό αποτέλεσμα του παιχνιδιού και έτσι χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην προπόνηση.

Επίσης προτείνεται ότι κατά τη διάρκεια της προπόνησης, πρέπει να γίνει μία προσπάθεια αύξησης του αριθμού των σουτ από τα δοκάρια.

Σύγκριση επιθετικών ενεργειών μεταξύ παλαιών και νέων κανονισμών. Όλα τα προηγούμενα δεδομένα προέρχονται από εργασίες πριν την αλλαγή κανονισμών, με τους τελευταίους κανονισμούς του χρόνου διάρκειας των παιχνιδιών από 7 λεπτά, σε οκτάλεπτα. Ωστόσο, θεωρούμε πως αυτή η αλλαγή δεν επηρέασε τα ποσοστά συμμετοχής της κάθε ενέργειας, στο συνολικό χρόνο του παιχνιδιού. Το 2005 η Παγκόσμια Κολυμβητική Ομοσπονδία (FINA) άλλαξε τους κανονισμούς του παιχνιδιού της υδατοσφαίρισης προκειμένου να κάνει το παιχνίδι περισσότερο επιθετικό. Οι σημαντικότερες αλλαγές ήταν α) η διάρκεια του παιχνιδιού που άλλαξε από 7 σε 8 λεπτά για κάθε περίοδο και β) η περίοδος κατοχής της μπάλας η οποία άλλαξε από 35 σε 30 δευτερόλεπτα. Σύμφωνα με τις προαναφερθείσες αλλαγές η διάρκεια του παιχνιδιού αυξήθηκε κατά 14.3 % και ο χρόνος κατοχής της μπάλας μειώθηκε κατά 14.3 %. Σε σύγκριση των επιθετικών ενεργειών μεταξύ παιχνιδιών με παλιούς και νέους κανονισμούς βρέθηκε συνολικά μεγαλύτερος αριθμός σουτ τα οποία εκτελέστηκαν (27 ± 4 έναντι 22 ± 3.6) και γκολ που επιτεύχθηκαν (10 ± 2.7 έναντι 7 ± 2.9) από κάθε ομάδα με τους καινούριους κανονισμούς ($p < 0.001$) (Platanou et al. 2007). Εντούτοις, δεν υπήρξε καμία σημαντική στατιστική διαφορά στον αριθμό των γκολ, ανά σουτ. Όσον αφορά τη θέση από την οποία τα σουτ εκτελέστηκαν και τα γκολ που επιτεύχθηκαν, η ανάλυση έδειξε ότι ο αριθμός των σουτ από την περιφέρεια ήταν σημαντικά μεγαλύτερος με τους νέους κανονισμούς (10.4 ± 2.8 έναντι 6.7 ± 2.4 , $p < 0.001$), αλλά όχι και των γκολ. Για τον <<παίκτη παραπάνω>>, ένας μεγαλύτερος αριθμός σουτ (8.9 ± 2.7 έναντι 5.6 ± 3.0 , $p < 0.001$) και γκολ (4.2 ± 1.5 ένα-

ντι 2.3 ± 1.2 , $p < 0.001$) επιτεύχθηκαν με τους νέους κανονισμούς. Δεν βρέθηκε όμως και σ' αυτή την περίπτωση όπως και σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, το ποσοστό των γκολ που επιτυγχάνονται σε σχέση με τα σουτ που εκτελούνται, να είναι σημαντικά μεγαλύτερο με τους νέους κανονισμούς. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι με τους νέους κανονισμούς μπορεί να αυξηθήκε ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών των ομάδων, ως συνέπεια της παραταθείσας διάρκειας του παιχνιδιού και της μικρότερης διάρκειας κατοχής της μπάλας, αλλά δεν άλλαξε το ποσοστό των επιτυχημένων προσπαθειών σε σχέση με τις προσπάθειες που γίνονται από μία ομάδα στο παιχνίδι. Ο πρόδηλος στόχος για να κάνει το παιχνίδι περισσότερο θεαματικό με την αύξηση της συχνότητας των γκολ σε σχέση με τα σουτ, μέσω των πιο πρόσφατων αλλαγών στους κανονισμούς, προφανώς δεν έχει επιτευχθεί.

Αγωνιστική ένταση-Καρδιαγγειακές και μεταβολικές απαιτήσεις των έξω παικτών

Υπάρχουν τέσσερις εργασίες σχετικές με τις ενεργειακές απαιτήσεις των υδατοσφαιριστών από το 1988 μέχρι σήμερα (Platanou and Geladas 2006, Hollander et al 1994, Hohmann and Frase 1992, Pinnington et al., 1988) και μία παλαιότερη το 1966, η οποία όμως έγινε σε παίκτες με φτωχή φυσική κατάσταση και σε περιορισμένο αγωνιστικό χώρο (Goodwin and Cumming, 1966). Επίσης, μόνο μία εργασία αναφέρεται στο παιχνίδι των γυναικών (Hollander et al, 1994). Στις μελέτες αυτές, οι ενεργειακές απαιτήσεις υπολογίστηκαν με διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, διαφορετικούς κανονισμούς παιχνιδιού και διαφορετικά αμυντικά συστήματα. Ο υπολογισμός έγινε με βάση: α) τη μετρηθείσα σχέση μεταξύ πρόσληψης οξυγόνου και

Πίνακας 1. Συνοπτικός πίνακας της έντασης, συχνότητας και διάρκειας των ενεργειών του παιχνιδιού (Πίνακας με άδεια από Smith, 1998).

Ικανότητες	KΣ _{max} %	VO ₂ _{max} %	Συχνότητα (επαναλήψεις)	Μέση διάρκεια (sec)	Συνολική διάρκεια (min)	Χρόνος στο νερό (%)	Συνολικός χρόνος παιχνιδιού
Κεντρική επίθεση	95	>87	19	14	7.1	15	13
Γρήγορο κολύμπι	94	>87	18	12	3.8	8	7
Κεντρική άμυνα	92	>80	12	17	6.2	13	12
Επίθεση	92-94	>80	16	13	3.3	7	6
Άμυνα	88-94	>80	23	7	2.9	6	5
Μέτριο κρούσι	92	>80	30	11	5.4	12	10
Έτοιμος άμυνα	88-90	>74	44	15	11.2	24	21
Έτοιμος επίθεση	88-90	>74	44	15	11.2	24	21
Αργό κολύμπι	88	>74	13	10	2.2	5	4
Εκτός παιδιάς			23	23	8.5		
Στον πάγκο			<1	460	7.7	16	14
Μεταξύ περιόδων	71		3	145	7.2		13

καρδιακής συχνότητας (Κ.Σ.) στην προσδεμένη κολύμβηση και την αναγωγή της καταγεγραμμένης καρδιακής συχνότητας κατά τον αγώνα σε πρόσληψη οξυγόνου (Pinnington et al., 1988) β) τη μετρηθείσα σχέση μεταξύ κολυμβητικής ταχύτητας και παραγωγής γαλακτικού οξέος, σε κολυμβητικό τεστ 2x400μ. ελεύθερης κολύμβησης και της αναγωγής της καταγεγραμμένης ταχύτητας κατά τον αγώνα σε γαλακτικό οξύ (Hohmann and Frase, 1992) γ) τη μετρηθείσα σχέση μεταξύ καρδιακής συχνότητας και του αναερόβιου γαλακτικού κατωφλιού. (ΓΟ αν.κατ), το οποίο προσδιορίστηκε με ειδικό τεστ 4x200μ. ελεύθερης κολύμβησης. Επίσης, τη μέτρηση της καρδιακής συχνότητας κατά τον αγώνα και του γαλακτικού οξέος (ΓΟ) στο τέλος των περιόδων, για την αξιολόγηση της συμμετοχής του αναερόβιου γαλακτικού μηχανισμού κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. (Hollander et. al 1994, Platanou and Geladas 2006) και δ) τη μετρηθείσα πρόσληψη οξυγόνου με συλλογή σε σάκους Douglas και την ανάλυση των αερίων της αναπνοής στο τέλος των αγωνιστικών περιόδων (Rodriguez, 1999).

Οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις που έχουν καταγραφεί στους έξω παίκτες στη διάρκεια του αγώνα εμφανίζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.

Καρδιακή Συχνότητα. Από τον πίνακα 2, φαίνεται ότι η μέση καρδιακή συχνότητα 30 Ελλήνων υδατοσφαιριστών Α1 Κατηγορίας που πήραν μέρος σε 10 μη επίσημα αλλά έντονης αγωνιστικότητας παιχνίδια υδατοσφαίρισης, επτάλεπτης διάρκειας με αμυντικό σύστημα ζώνη, ήταν 157 ± 18 beats \cdot min $^{-1}$ και αντιστοιχούσε στην καρδιακή συχνότητα περίπου του γαλακτικού κατωφλιού (155 ± 12 beats \cdot min $^{-1}$), το οποίο είχε προϋπολογισθεί για τους συμμετέχοντες αθλητές (Platanou and Geladas, 2006). Οι μέσες τιμές όμως του καρδιακού σφυγμού δεν απεικονίζουν τις πραγματικές ανάγκες του παιχνιδιού. Η εξέταση των δεδομένων των ποσοστών του χρόνου που παίχθηκαν στον αγώνα, με όρια τα προκαθορισμένα ποσοστά της μέγιστης καρδιακής

συχνότητας (πίνακας 2), δείχνει ότι ένα ποσοστό 58.5% του παιχνιδιού παίχθηκε σε εντάσεις μεγαλύτερες του 85% της μέγιστης Κ.Σ., 39.3% σε εντάσεις μεγαλύτερες του 90% της μέγιστης Κ.Σ. και 18.3% σε εντάσεις μεγαλύτερες του 95%. Μεγαλύτερα ποσοστά χρόνου παίχθηκαν με Κ.Σ. πάνω από αυτά τα όρια έντασης, σύμφωνα με τον Pinnington και τους συνεργάτες του (1988). Οι παίκτες έπαιξαν 85.3% του πραγματικού χρόνου του παιχνιδιού με εντάσεις μεγαλύτερες του 85% της μέγιστης Κ.Σ., 68.5% μεγαλύτερες του 90% και 43.8% μεγαλύτερες του 95% της μέγιστης Κ.Σ. Επίσης, μεγαλύτερα ποσοστά σε υψηλές εντάσεις έπαιξαν και οι γυναίκες (Hollander et. al, 1994). Μετρήσεις της Κ.Σ. από 19 γυναίκες κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης και των 4 περιόδων του παιχνιδιού από 7 λεπτά η κάθε μία, συμπεριλαμβανομένων και των αναπαυών μεταξύ τους, έδειξε ότι παίχθηκε με ένα μέσο ποσοστό καρδιακής συχνότητας 80.1% υψηλότερο από το 80% της μέγιστης Κ.Σ. Και στις δύο προηγούμενες έρευνες όμως, δεν ήταν προκαθορισμένο το αμυντικό σύστημα που έπαιξαν οι ομάδες. Πιθανόν να έπαιξαν με αμυντικό σύστημα πιεστικής άμυνας, όπου η ένταση της προσπάθειας και οι καρδιακοί σφυγμοί, αναμένονται να είναι υψηλότεροι.

Συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα. Η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα των 30 επίλεκτων ελλήνων υδατοσφαιριστών, το οποίο μετρήθηκε κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και μεταξύ των τετάρτων του παιχνιδιού, κυμάνθηκε από 2 mmol \cdot l $^{-1}$ σε 12 mmol \cdot l $^{-1}$ με μέση τιμή 3.9 ± 1.9 mmol \cdot l $^{-1}$ (Platanou and Geladas, 2006) (Πίνακας, 2). Αυτή η τιμή βρέθηκε σχεδόν να ταυτίζεται με το κατώφλι γαλακτικού των αθλητών 4.03 ± 0.96 mmol \cdot l $^{-1}$. Σύμφωνα με τον Rodriguez κ.α. (1999) το γαλακτικό κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα σε 9 Ισπανούς αθλητές αλλά με μεγαλύτερη μέση τιμή (7 ως 9 mmol \cdot l $^{-1}$). Η χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού του αίματος (3.9 ± 1.9 mmol \cdot l $^{-1}$) η οποία καταγράφηκε στη μελέτη με Έλληνες παίκτες μπορεί να οφειλόταν

Πίνακας 2. Φυσιολογικές απαιτήσεις υδατοσφαιριστών σε παιχνίδια διάρκειας 4 επταλέπτων.

Μελέτες	N	Κ.Σ. beats \cdot min $^{-1}$	Γ.Ο. beats \cdot min $^{-1}$	VO ₂ l \cdot min $^{-1}$	Ενέργεια KJ/min	Ποσοστό χρόνου παίξιματος πάνω από τα όρια Μ.Κ.Σ. (%)		
						ΚΣ \geq 85%	ΚΣ \geq 90%	ΚΣ \geq 95%
Pinnington (1988)	8					85.3 \pm 3.5	68.5 \pm 6.7	43.3 \pm 7.9
Platanou (2006)	30	157 \pm 18	3.9 \pm 1.9			58.5 \pm 3.8	39.3 \pm 5.4	18.3 \pm 4.2
Rodriguez (1999)	7			2.96 \pm 0.3	57.3 \pm 9.0			
Hofman (1992)	24		<2					
Hollander (1994)	19		5.4					Κ.Σ \geq 80%=80.1%

Κ.Σ.= Καρδιακή Συχνότητα, VO₂=Πρόσληψη οξυγόνου, Γ.Ο.=Γαλακτικό οξύ, Μ.Κ.Σ= Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα

στο ότι τα παιχνίδια δεν ήταν επίσημα ή ακόμη στο αμυντικό σύστημα ζώνη που παίζθηκαν τα παιχνίδια. Στη χειροσφαίριση, από την καταγραφή της Κ.Σ. έχει δειχθεί πως η ένταση διαφοροποιείται και είναι υψηλότερη όταν η άμυνα από παθητική γίνεται ενεργητική (Mikolsen and Agrad, 1976). Επίσης, μπορεί να σχετιζόταν με τη σχετικά χαμηλή αναερόβια ικανότητα των αθλητών ($9.90 \pm 2.51 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$), και ακόμα πιο πιθανά με το καλό επίπεδο της αερόβιας ικανότητας των αθλητών ($63.69 \pm 10.44 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), το οποίο πιθανώς να οδήγησε σε μία αυξημένη ικανότητα για απομάκρυνση του γαλακτικού από το αίμα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού που κατεγράφησαν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ή μεταξύ των περιόδων του παιχνιδιού στους Ισπανούς παίκτες, δεν μπορούν να σχολιασθούν, καθώς η αερόβια κατάσταση των παικτών δεν είχε αξιολογηθεί (Rodriguez, 1994). Εντούτοις, σχετικά χαμηλές τιμές συγκέντρωσης γαλακτικού, οι οποίες πλησιάζουν αυτές των Ελλήνων υδατοσφαιριστών καταγράφηκαν επίσης και στις γυναίκες, όπου οι τιμές γαλακτικού κυμάνθηκαν από 1.52 σε 9.79, με μέση τιμή $5.34 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Hollander et. al 1994).

Κατανάλωση οξυγόνου. Η μέση κατανάλωση οξυγόνου η οποία μετρήθηκε από τη συλλογή αερίων σε σάκους Douglas, στο τέλος των περιόδων κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού, ήταν $70.5 \pm 13.6\%$ της μέγιστης αερόβιας ισχύος που μετρήθηκε στο εργαστήριο (Rodriguez, 1999). Σε άλλη έρευνα, όπου η επιβάρυνση του συστήματος μεταφοράς οξυγόνου μετρήθηκε με καταγραφή καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια παιχνιδιών (Pinnington et. al., 1988), η μέση κατανάλωση οξυγόνου κυμάνθηκε κατά τα δύο τρίτα του χρόνου διάρκειας των παιχνιδιών, πάνω από το 80% της μέγιστης αερόβιας ικανότητας (VO_2max). Επίσης, σύμφωνα με την εκτίμηση του ρυθμού της δαπανώμενης ενέργειας κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, αυτή υπολογίστηκε να κυμαίνεται από 35 έως 80 KJ/min (8-19Kcal/min), με μέση τιμή $57.3 \pm 9.0 \text{ KJ/min}$ (Rodriguez, 1999). Αυτά τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μέσες ως υψηλές αερόβιες απαιτήσεις και κόστος ενέργειας (Πίνακας 2).

Παρατηρήσεις της κινηματικής ανάλυσης των παικτών κατά τη διάρκεια διεθνών αγώνων υδατοσφαίρισης, έδειξαν, ότι οι περισσότερες ενέργειες στο παιχνίδι της υδατοσφαίρισης είναι εκρηκτικές και έντονες, διαρκούν από 7-14 δευτερόλεπτα, και εναλλάσσονται διαλειμματικά με κινήσεις μικρότερης έντασης που διαρκούν λιγότερο από 20 δευτερόλεπτα (Pinnington et. al. 1988, Platanou 2004, Smith 1991). Ακόμα ένα υψηλό ποσοστό (~45%) του συνολικού χρόνου παιχνιδιού, αναλώνεται σε μέτριας έντασης κολύμβηση και σε δραστηριότητες εκτός παιδιάς. Κάθε εκτέλεση μιας ενέργειας αυτής της έντασης και συντομίας, είναι πολύ πιθανόν να είναι υψηλά εξαρτημένα από τον αναερόβιο αγαλακτικό μεταβολισμό και τη μυϊκή ισχύ.

Εντούτοις, βάσει των παρατηρήσεων της Smith (1998) αναγνωρίζεται ότι οι ενέργειες αυτές στην υδατοσφαίριση εκτελούνται κατά βάση σε ακολουθία καταλήγοντας σε συσσώρευση, δηλαδή, σε μεγαλύτερης διάρκειας μέτριας και υψηλής έντασης προσπάθειες, οι οποίες κατά προσέγγιση πλησιάζουν μια παρόμοια αναλογία χρόνου (τα

δύο τρίτα του συνολικού χρόνου) του παιχνιδιού. Παρατηρήσεις σε παίκτες κατά τη διάρκεια διεθνών αγώνων έδειξαν ότι κατά προσέγγιση για το 85% του συνολικού χρόνου οι ταχύτητες των κινήσεων σε οριζόντιο επίπεδο ήταν κάτω από τις ταχύτητες κατά τις οποίες, κατά τη διάρκεια συνεχούς κολύμβησης σταθερής ταχύτητας, παράχθηκε γαλακτικό οξύ αίματος, $2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Avlonitou 1991, Hohmann and Frase 1992). Αυτή η πληροφορία ερμηνεύθηκε ότι απεικονίζει μια υψηλή απαίτηση από τον αναερόβιο αγαλακτικό και αερόβιο μηχανισμό για την ανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης και λιγότερο από τον αναερόβιο γαλακτικό μεταβολισμό για παροχή ενέργειας (Hohmann and Frase, 1992). Παρόλα αυτά, ο γλυκολυτικός μεταβολισμός, επισπεύδεται εντόνως στην έναρξη μέγιστης δραστηριότητας (Spriet, 1992) και γαλακτικό μπορεί να συσσωρευτεί στο μυ και στο αίμα, μετά από μικρή, 6 με 10 δευτερόλεπτα, μέγιστης έντασης άσκηση (Balsom et. al. 1992, Boobis et. al., 1982). Επιπροσθέτως, δείγματα αίματος που πάρθηκαν κατά τη διάρκεια παιχνιδιού και μετά από τις 4 περιόδους του αγώνα, έδειξαν όπως είδαμε παραπάνω, ότι τα ατομικά επίπεδα γαλακτικού κυμαίνονταν από 2-12 $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Platanou and Geladas 2006, Rodriguez 1994). Σε συνδυασμό με τους υψηλούς καρδιακούς σφυγμούς που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, δείχνουν μια μέτρια συμμετοχή του αναερόβιου γλυκολυτικού (γαλακτικού) μηχανισμού (Pinnington et. al. 1988, Platanou and Geladas 2006). Είναι επομένως πιθανόν, η ταχύτητα των οριζόντιων μετακινήσεων όπως βρήκε ο Hohmann και ο Frase (1992), να μη αντανakλά επαρκώς την ένταση της διακοπτόμενης φύσης των ενεργειών που εκτελούνται και ειδικότερα των επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, τις κινήσεις στο κάθετο επίπεδο ή την επαφή με τον αντίπαλο.

Κατά συνέπεια, σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι τα παιχνίδια υδατοσφαίρισης παίζονται πρώτιστα με μια ένταση που κυμαίνεται γύρω στο γαλακτικό κατώφλι των παικτών. Ωστόσο, η σύγχρονη υδατοσφαίριση χρειάζεται υψηλές καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές, αερόβιες και αναερόβιες (κυρίως αγαλακτικές) απαιτήσεις, σε υψηλού επιπέδου παίκτες. Συγκεκριμένα, υψηλές απαιτήσεις από το αναερόβιο αγαλακτικό σύστημα, υψηλές απαιτήσεις από το αερόβιο σύστημα για αναπλήρωση της φωσφοκρεατίνης και μικρότερη έμφαση στον αναερόβιο γαλακτικό μεταβολισμό για την ενεργειακή παροχή (προμήθεια, εφοδιασμός). Πάραυτα, ο αναερόβιος γαλακτικός ενεργειακός μηχανισμός μπορεί επίσης να είναι σημαντικός κατά τη διάρκεια του αγώνα και αυτό πρέπει να το λάβουμε υπόψη μας στον προγραμματισμό της προπόνησης. Ο μισός χρόνος για την απομάκρυνση του γαλακτικού έχει δειχθεί ότι είναι κατά προσέγγιση 12 έως 20 λεπτά και ποικίλλει ανάλογα με την ένταση της δραστηριότητας και κατά τη διάρκεια του διαλείμματος αποκατάστασης (Lavoie and Montpetit, 1986). Αυτό μας κάνει να σκεφθούμε ότι οι παίκτες που συσσωρεύουν υψηλά επίπεδα γαλακτικού νωρίς στο παιχνίδι, θα έχουν ανεπαρκείς ευκαιρίες για πλήρη αποκατάσταση και αυτό μπορεί να εμποδίσει την απόδοσή τους κατά τη διάρκεια του υπόλοιπου αγώνα.

Πίνακας 3. Φυσιολογικές απαιτήσεις 30 υδατοσφαιριστών σε 10 παιχνίδια διάρκειας τεσσάρων επτάλεπτων και 10 παιχνίδια διάρκειας τεσσάρων εννιάλεπτων (Platanou and Geladas, 2006).

Μελέτες	N	Κ.Σ. beats·min ⁻¹	Γ.Ο. mmol·l ⁻¹	Ποσοστό χρόνου παιχνίματος πάνω από τα όρια (%)		
				ΚΣ≥85%	ΚΣ≥90%	ΚΣ≥95%
Επτάλεπτα	30	155.7±18.2	3.81±1.92	58.5±3.8	39.3±5.4	18.3±4.2
Εννιάλεπτα	30	156.7±17.8	3.91±1.89	59.3±4.4	38.8±5.2	17.7±4.3

Επίδραση ειδικών χαρακτηριστικών του παιχνιδιού στις φυσιολογικές απαιτήσεις

Όπως σε όλα τα ομαδικά αθλήματα έτσι και στην Υδατοσφαίριση οι φυσικές και φυσιολογικές απαιτήσεις του παιχνιδιού, εξαρτώνται από τους κανόνες του παιχνιδιού, αλλά ακόμη και από τα ειδικά χαρακτηριστικά του κάθε παιχνιδιού όπως: η αγωνιστική διάρκεια πραγματικού χρόνου παιχνιδιού (τέσσερα επτάλεπτα ή τέσσερα εννιάλεπτα), ο τρόπος διαίτησας, η βαθμολογική σημασία του αγώνα, η διαφορά δυναμικότητας των ομάδων, η πιθανή παράταση, η συχνότητα διακοπών λόγω παράβασης κανονισμών, το επίπεδο των αθλητών, η χρονική περίοδος, η θέση των παικτών στο παιχνίδι. Μερικές περιπτώσεις των

φυσιολογικών απαιτήσεων, σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του παιχνιδιού, έχουν διερευνηθεί. Συγκεκριμένα έχει βρεθεί:

Ι. Ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις φυσιολογικές απαιτήσεις μεταξύ παιχνιδιών επτάλεπτης και εννιάλεπτης διάρκειας περιόδου, στο συνολικό χρόνο διάρκειας του παιχνιδιού (Πίνακας 3). Σημαντικά όμως χαμηλότερη ($p < 0.001$) μέση αγωνιστική καρδιακή συχνότητα παρουσιάστηκε στην τελευταία περίοδο, όταν ο αγώνας είχε διάρκεια 36 λεπτά (4x9 min), σε σχέση με τον αγώνα διάρκειας 28 λεπτών (4x7 min). Συγκεκριμένα, στα εννιάλεπτα οι παίκτες έπαιξαν στα τελευταία 6 λεπτά του αγώνα με μέση Κ.Σ. 152 ± 7.49 beats·min⁻¹ έναντι 156 ± 2.85 beats·min⁻¹ στα επτά-

Πίνακας 4. Φυσιολογικές απαιτήσεις υδατοσφαιριστών στις 4 περιόδους, σε παιχνίδια διάρκειας 4x7λεπτά (Pinnington et al, 1988, Platanou and Geladas, 2006).

Μελέτες	N	Κ.Σ. beats·min ⁻¹	Γ.Ο. mmol·l ⁻¹	Ποσοστό χρόνου παιχνίματος πάνω από τα όρια (%)		
				ΚΣ≥85%	ΚΣ≥90%	ΚΣ≥95%
Pinnington et al (1988)	8					
1 ^η Περίοδος				87.8±2.9	69.6±7.4	44.2±8.9
2 ^η Περίοδος				86.2±3.8	71.7±7.7	49.4±9.1
3 ^η Περίοδος				83.7±4.5	68.9±6.9	40.0±7.9**
4 ^η Περίοδος				83.2±3.7**	63.8±6.7**	39.7±7.2**
Platanou et al. (2006)	30					
1 ^η Περίοδος		157.7±11.6	4.02±1.9	61.8±2.8	36.8±4.8	18.3±4.6
2 ^η Περίοδος		158.5±11.6	4.22±1.8	63.1±3.7	41.3±6.2	19.4±4.4
3 ^η Περίοδος		155.0±11.6**	3.71±1.9	56.6±4.4	36.4±5.2	19.8±3.9
4 ^η Περίοδος		152.7±11.4**	3.47±1.9**	52.5±4.2**	35.1±5.4**	20.7±3.9

Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ περιόδων, * Στατιστικά σημαντικές διαφορές από την 1^η περίοδο, ** Στατιστικά σημαντικές διαφορές από την 2^η περίοδο, $p < 0.05$

Πίνακας 5. Φυσιολογικές απαιτήσεις παιχνιδιού, υδατοσφαιριστών διαφορετικού αγωνιστικού επιπέδου. Platanou and Geladas (2006).

	N	Κ.Σ. beats·min ⁻¹	Γ.Ο. mmol·l ⁻¹	HR≤HR _{LT} (%)	V _{LT} m·sec ⁻¹
A1 Κατηγορία	15	162.9±10.4	4.67±2.2	47.5±3.6	1.25± 0.07
Διεθνείς	15	149.8±08.4	3.04±1.1	43.6±3.1	1.31± 0.06
P		0.001	0.002	n.s	0.02

V_{LT}: Ταχύτητα στο γαλακτικό κατώφλι, HR_{LT}: Καρδιακή συχνότητα στο γαλακτικό κατώφλι

λεπτά (Platanou and Geladas, 2006). Η αύξηση του συνολικού χρόνου του παιχνιδιού κατά 8 λεπτά μείωσε τη μέση καρδιακή απόκριση για 4 beats·min⁻¹. Σύμφωνα με τους πιο πρόσφατους κανονισμούς, το παιχνίδι παίζεται σε 4 περιόδους με διάρκεια 8 λεπτά η κάθε μία και συνολική διάρκεια 32 λεπτά. Τέσσερα λεπτά λιγότερο από το συνολικό χρόνο των παιχνιδιών με 4 περιόδους με 9 λεπτά η κάθε μία. Είναι πιθανόν, να μην υπάρχει σημαντική διαφορά στην ένταση και το ρυθμό του παιχνιδιού στα τελευταία λεπτά σε σύγκριση με το παιχνίδι των 4 περιόδων με 9 λεπτά.

II. Σημαντική και προοδευτική πτώση στην αγωνιστική ένταση με την πάροδο των 4 περιόδων (p<0.001) (Pinnington et. al. 1988, Platanou and Geladas 2006). Αυτή η σημαντική πτώση, μπορεί να οφειλόταν στην κόπωση από τις προηγούμενες προσπάθειες των παικτών και τη μείωση της ικανότητας να διατηρηθούν σε υψηλό επίπεδο έντασης. Επίσης, μπορεί να οφειλόταν στη γενική κούραση κάποιων παικτών στο παιχνίδι, με συνέπεια να πέφτει ο συνολικός ρυθμός του παιχνιδιού. Τέλος, μπορεί να οφειλόταν στην τακτική του παιχνιδιού, όπου ο προπονητής και οι παίκτες πιθανώς να επεδίωξαν να αποκτήσουν ένα πλεονέκτημα έναντι της αντιπάλου ομάδας και να έκαναν πιο έντονες προσπάθειες στην αρχή του παιχνιδιού, με αποτέλεσμα την μετέπειτα κόπωση των παικτών (Πίνακας 4).

III. Ένα φυσιολογικό πλεονέκτημα των παικτών υψηλού

επιπέδου έναντι άλλων παικτών. Σε εξέταση της επίδρασης του επιπέδου της αγωνιστικότητας στην ένταση του παιχνιδιού των παικτών δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ παικτών διαφορετικού επιπέδου, σύμφωνα με τον χρόνο του παιχνιδιού που παίχθηκε πάνω ή κάτω από το γαλακτικό κατώφλι. Αυτό εμφανίσθηκε, παρόλο που οι μέσες τιμές της Κ.Σ. και του γαλακτικού στους παίκτες της A1 Κατηγορίας (162.9±9.9 beats·min⁻¹, 4.67±2.17 mmol·l⁻¹), ήταν υψηλότερες από αυτές που μετρήθηκαν στους παίκτες της εθνικής ομάδας (149.8±9.9 beats·min⁻¹, 3.04±1.09 mmol·l⁻¹) (Platanou and Geladas, 2006). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι, η μέση ένταση του παιχνιδιού στις δύο ομάδες αντιστοιχούσε στο 87 και 83% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, αντίστοιχα, ποσοστά τα οποία ήταν όμοια με τα αντίστοιχα ποσοστά αυτά του γαλακτικού κατωφλίου. Ομοίως, η υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια των παιχνιδιών στους παίκτες της A1 Κατηγορίας, συγκρινόμενη με τους παίκτες της εθνικής ομάδας, αντανακλά τη διαφορά τιμών του γαλακτικού κατωφλίου μεταξύ των δύο γκρουπ. Παρά τα παραπάνω, το εύρημα ότι τα μέλη της εθνικής ομάδας έδειξαν μία υψηλότερη κολυμβητική ταχύτητα στο γαλακτικό κατώφλι από ότι οι παίκτες της A1 Κατηγορίας (1.31± 0.06 έναντι 1.25± 0.07 m·sec⁻¹, αντίστοιχα), υποδεικνύει ένα φυσιολογικό πλεονέκτημα των μελών της εθνικής ομάδας έναντι των παικτών της A1 κατηγορίας, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Πίνακας 5). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν καταγραφεί όσον

Πίνακας 6. Φυσιολογικές απαιτήσεις παιχνιδιών με διαφορετική αγωνιστικότητα. Platanou (2002).

Ζώνες Κ.Σ.	Παιχνίδια με 2 γκολ διαφορά (%)	Παιχνίδια με περισσότερο από 2 γκολ διαφορά (%)	P
ΚΣ<85% ΚΣμεγ.	33.1±16.5	47.8±24.7	0.01
85%<ΚΣ<90% ΚΣμεγ.	21.0±08.1	19.4±06.4	n.s.
90%<ΚΣ<95% ΚΣμεγ.	24.5±09.4	18.2±10.5	0.01
95%<ΚΣ<100% ΚΣμεγ.	21.4±10.6	14.6±05.5	0.01
Κ.Σ beats·min ⁻¹	158±18	154±17	0.001
Γ.Ο Mmol/l	4.4±2.2	3.4±1.5	0.001

αφορά την κολυμβητική ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο κατώφλι ($1.334 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$), σε έλληνες διεθνείς παίκτες μέλη της εθνικής ομάδας που κατατάχθηκε στις 4 κορυφαίες ομάδες στο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα το 1983 (Tsekouras et al., 2005). Συμπερασματικά, τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν να ενισχύουν την προηγούμενως εκφρασμένη άποψη ότι οι υδατοσφαιριστές επιλέγουν να αγωνίζονται αναφορικά με την ένταση γύρω από το γαλακτικό κατώφλι, ανεξάρτητα από τις επιδεξιότητες και τις ικανότητές τους, και οποιεσδήποτε διαφορές που παρατηρούνται στις απόλυτες τιμές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων αποδίδονται πιθανώς στα ιδιαίτερα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των παικτών του συγκροτούν την κάθε ομάδα.

IV. Ότι οι φυσιολογικές απαιτήσεις του παιχνιδιού, εξαρτώνται από το επίπεδο αγωνιστικότητας των ομάδων (Πίνακας 6). Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι ο αναερόβιος μεταβολισμός χρησιμοποιείται περισσότερο κατά τη διάρκεια παιχνιδιών με δύο γκολ διαφορά, από ότι σε παιχνίδια με περισσότερο από δύο γκολ διαφορά (Platanou and Nikolopoulos, 2002).

V. Δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά, όσον αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις του κεντρικού επιθετικού, του κεντρικού αμυντικού, και του περιφερειακού παίκτη σε παιχνίδια προπόνησης, μεταξύ ομάδων που έπαιζαν σε όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού ζώνη (Platanou and Geladas, 2006). Τούτο αποτελεί παράδοξο σύμφωνα με την προπονητική τακτική, η οποία συχνά εφαρμόζει διαφορετική προπόνηση φυσικής κατάστασης σε παίκτες διαφορετικής αγωνιστικής θέσης, καθώς και με ευρήματα της βιβλιογραφίας η οποία βρίθεται από δεδομένα άλλων αθλοπαιδιών που υποστηρίζουν ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός αγώνα ποικίλλουν ανάλογα με την αγωνιστική θέση. Αυτά τα αποτελέσματα όμως συμφωνούν με τα αποτελέσματα των εργασιών της Smith (1991) και του Hohmann & Frase (1992) όπου οι παίκτες έπαιζαν διαφορετικό αμυντικό σύστημα από ζώνη. Αυτές οι δύο εργασίες οι οποίες έγιναν σε πραγματικές συνθήκες αγώνα, απεκάλυψαν ότι πράγματι υπάρχουν διαφορές λόγω θέσης σε δεξιότητες και δραστηριότητες, χωρίς όμως παράλληλα να παρουσιάζονται διαφορές στην κολυμβητική ταχύτητα ή στην διανυόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Στην υδατοσφαίριση φαίνεται ότι υπάρχει ισορροπία μεταξύ της διάρκειας και της έντασης των διαφορετικών ενεργειών που χαρακτηρίζουν κάθε θέση.

Απαιτήσεις τερματοφυλάκων. Λιγότερες πληροφορίες έχουμε για τις απαιτήσεις του παιχνιδιού των τερματοφυλάκων. Τα δεδομένα προέρχονται από δύο μελέτες που πραγματοποίησαν κινηματική ανάλυση των ενεργειών των παικτών (Platanou and Thanopoulos 2002, Smith 1991), μία μελέτη στην οποία μετρήθηκε το γαλακτικό στο τέλος των περιόδων (Roudrigouez, 1999) και μία πρόσφατη μελέτη όπου η Κ.Σ., το γαλακτικό, επιπρόσθετα με την κινηματική ανάλυση μετρήθηκαν σε 8 τερματοφύλακες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, προκειμένου να προσδιορισθεί η ένταση του παιχνιδιού (Platanou, 2009).

Δομή τεχνικών και τακτικών δραστηριοτήτων παιχνιδιού τερματοφυλάκων υδατοσφαίρισης. Οι αναλύσεις βιντεοταινιών και η μελέτη της διάρκειας και της συχνότητας των ενεργειών ανδρών τερματοφυλάκων, πραγματοποιήθηκαν σε 8 αθλητές σε 10 διαφορετικούς αγώνες στο πρωτάθλημα του Καναδά και σε 16 τερματοφύλακες σε 8 αγώνες στο πρωτάθλημα της Ελλάδας (Platanou and Thanopoulos, 2002, Smith, 1991). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων και μετά από όμοια ταξινόμηση της έντασης των ενεργειών, το παιχνίδι των τερματοφυλάκων χαρακτηρίζεται από σύντομης διάρκειας ενέργειες (<15 δευτερόλεπτα), μέτριας και υψηλής έντασης (πίνακας 7). Οι έντονες ενέργειες ("πετάγματα", "έξω χέρια") δεν είναι τόσο συχνές. Είναι πολύ σύντομης διάρκειας (<2 δευτερόλεπτα) και ακολουθούν ενέργειες σχεδόν έντονης άσκησης ("έτοιμος για πέταγμα"). Αυτές οι ενέργειες είναι συνεχόμενες και διαρκούν περίπου 35 δευτερόλεπτα συνολικά, ακολουθούμενες από ένα διάστημα κατά μέσο όρο 45 δευτερολέπτων χαλαρής επιτόπιας κολύμβησης, για όσο διάστημα το παιχνίδι παίζεται στην αντίπαλη εστία.

Σε μία τελευταία μελέτη, η ταξινόμηση των ενεργειών έγινε σύμφωνα με την ανάλυση της στρατηγικής του παιχνιδιού, με σκοπό να κάνει την ανάλυση πιο εύκολη. Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση, έξι ευδιάκριτες ενέργειες παρατηρήθηκαν (Platanou, 2009). Τρεις από αυτές ("επιτόπια κολύμβηση", "επιτόπια κολύμβηση γκολ", και "time out") αναφέρονται στις καλά ελεγχόμενες καταστάσεις από τον τερματοφύλακα, ενώ οι άλλες τρεις ("έτοιμος για άλμα", "έτοιμος για άλμα και άλμα", "παίκτης λιγότερο") συσχετίστηκαν με καταστάσεις όπου ο τερματοφύλακας θεωρήθηκε ότι είναι υπό απειλή. Η διάρκεια των ενεργειών του κάθε τερματοφύλακα όταν δεν βρίσκεται υπό απειλή, αντιπροσωπεύουν το 66.7% της συνολικής διάρκειας του παιχνιδιού και κυμαίνονται μεταξύ 28 και 77 δευτερολέπτων. Οι ενέργειες υπό πίεση και απειλή αντιστοιχούν στο υπόλοιπο 33.3% της διάρκειας του παιχνιδιού. Η μέση διάρκεια των ενεργειών κυμαίνεται από 17 σε 24 δευτερόλεπτα.

Αγωνιστική ένταση-Καρδιαγγειακές και μεταβολικές απαιτήσεις τερματοφυλάκων. Η μέση Κ.Σ. του συνολικού μικτού χρόνου αγώνα, εξαιρώντας τα διαλείμματα μεταξύ των περιόδων, ήταν $134.3 \pm 20.3 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$ για 36 (4X9) λεπτά διάρκειας παιχνιδιού όπως καταγράφηκε σε 8 τερματοφύλακες σε επίσημους αγώνες πρωταθλήματος της Α1 Κατηγορίας στην Ελλάδα (Platanou, 2009). Ένα μεγάλο ποσοστό του παιχνιδιού (85.6%) παίχθηκε με Κ.Σ. χαμηλότερη από $151.4 \pm 2.7 \text{ beats}/\text{min}$ ($82.1 \pm 1.4\%$ της Κ.Σ. μεγ.) μία ένταση που αντιστοιχούσε στο κατώφλι γαλακτικού των παικτών ($3.49 \pm 0.60 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$). Εντούτοις ένα σημαντικό μέρος του παιχνιδιού (14.4%) περιελάμβανε ενέργειες με ξαφνική αύξηση της Κ.Σ. πάνω από την Κ.Σ. που αντιστοιχούσε στο κατώφλι γαλακτικού. Η μέση τιμή συγκέντρωσης γαλακτικού στο τέλος κάθε περιόδου ήταν $3.93 \pm 1.64 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, ενώ οι ατομικές τιμές κυμάνθηκαν από 2.0 σε $8.3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Πενήντα τέσσερα της εκατό (54%) του συνολικού αριθμού των μετρήσεων παρέιχαν τιμές πάνω από το κατώφλι του γαλακτικού. Επιπλέον, το γαλακτικό αίματος το οποίο μετρήθηκε στο τέλος των περιόδων, σε

Πίνακας 7. Συνοπτικός πίνακας των ενεργειών των τερματοφυλάκων στο παιχνίδι της υδατοσφαίρισης (Smith, 1991, Platanou and Thanopoulos, 2002).

Ενέργειες	Ένταση	Συχνότητα (επανάλ.)	Μέση διάρκεια (sec)	Συνολική διάρκεια (min)	Χρόνος στο νερό (%)	Συνολικός χρόνος (%)
Smith (1991)						
Πετάγματα	5 (υψηλή)	21	<1	0.2	<1	<1
Έξω χέρια	5 (υψηλή)	21	1	0.4	<1	<1
Έτοιμος για πέταγμα	4-5(μέση-υψηλή)	55	14	12.6	27	23
Κολύμπι και φάουλ	4 (μέση)	4	2	0.1	<1	<1
Κολύμπι και πάσα	4 (μέση)	22	7	2.7	6	5
Χαλαρό κολύμπι	2 (ξεκούραση)	40	47	31.4	66	57
Μεταξύ περιόδων	2 (ξεκούραση)	3	154	7.7		14
Platanou & Thanopoulos (2002)						
Πετάγματα	5 (υψηλή)	35	<1	0.4	<1	<1
Έξω χέρια	5 (υψηλή)	11	1.5	0.3	<1	<1
Έτοιμος για πέταγμα	4-5(μέση-υψηλή)	55	14	12.2	24	19
Κολύμπι και φάουλ	4 (μέση)	7	3	0.4	<1	<1
Κολύμπι και πάσα	4 (μέση)	24	6	2.3	5	4
Χαλαρό κολύμπι	2 (ξεκούραση)	46	47	36.3	70	63
Μεταξύ περιόδων	2 (ξεκούραση)	3	154	7.4		12

επιλεγόμενους τερματοφύλακες σε εθνικού επιπέδου παιχνίδια στην Ισπανία, βρέθηκε να είναι στα επίπεδα των 6 και 8 mmol·l⁻¹ (Roudriguez, 1999). Αυτές οι συγκεντρώσεις του γαλακτικού σε συνδυασμό με την Κ.Σ. που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια ενός σημαντικού μέρους του χρόνου του παιχνιδιού (14.4%), υποδεικνύουν μία μέση ανάμειξη της αναερόβιας γλυκόλυσης (γαλακτικό σύστημα) στην παραγωγή ενέργειας.

Η ένταση της άσκησης του τερματοφύλακα έφθανε στην υψηλότερη τιμή (152.5±10.1 beats·min⁻¹), όταν η ομάδα του αγωνιζόταν με ένα παίκτη λιγότερο λόγω αποβολής παίκτη. Για το 58% του χρόνου που αναλώθηκε σε αυτή την ενέργεια η Κ.Σ. κυμάνθηκε πάνω από το σημείο του αναερόβιου κατωφλιού. Υψηλές τιμές Κ.Σ. επίσης βρέθηκαν σε άλλες ενέργειες στις οποίες οι τερματοφύλακες εκτελούσαν άλματα, αποκρούοντας ή πιάνοντας την μπάλα.

Όσον αφορά τις φυσιολογικές απαιτήσεις της φύλαξης από τον τερματοφύλακα κατά τη διάρκεια των 4 περιόδων του παιχνιδιού, εμφανίζεται ότι παραμένουν το ίδιο και δεν επηρεάζονται από την πρόοδο του παιχνιδιού, όπως συμβαίνει με τους άλλους παίκτες της υδατοσφαίρισης (Pinnington 1988, Platanou and Geladas 2006). Αυτή η διαφορά πιθανόν να εξηγείται από το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, η υψηλής έντασης-μικρής διάρκειας προσπάθεια, συχνά διακόπτεται από χαμηλής έντασης-μεγάλης διάρκειας ενέργειες. Αυτό το μοντέλο δίνει την ευκαιρία για πλήρη αποκατάσταση η οποία πιθανόν επιτρέπει

στον τερματοφύλακα να αγωνίζεται χωρίς να μειώνεται η ένταση καθ' όλη τη διάρκεια των περιόδων.

Επιπρόσθετα, ο συνολικός χρόνος εργασίας, ξεκούρασης και ο λόγος εργασίας ξεκούρασης μεταξύ τερματοφυλάκων νικητριών ή ηττημένων ομάδων δεν διαφέρουν σημαντικά. Στη σύγκριση που έγινε μεταξύ 8 τερματοφυλάκων νικητριών ομάδων και 8 τερματοφυλάκων ηττημένων ομάδων, δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά (Platanou and Thanopoulos, 2002). Σύμφωνα με αυτά, η αποτελεσματικότητα ενός καλού τερματοφύλακα εξαρτάται, από την ποιότητα της εκτέλεσης συγκεκριμένων ενεργειών (π.χ. συγχρονισμός, ταχύτητα, ύψος, γωνία, θέση σώματος) και από τις ικανότητες στο σκοράρισμα που έχουν οι παίκτες που σουτάρουν.

Συμπεράσματα

Βάσει των δεδομένων αυτής της ανασκόπησης, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι στη σύγχρονη υδατοσφαίριση απαιτούνται ταυτόχρονα υψηλές καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές αερόβιες και αναερόβιες (περισσότερο αεραγωγικές) ικανότητες, σε υψηλού επιπέδου υδατοσφαιριστές. Επίσης, διαφαίνεται ότι οι υδατοσφαιριστές επιλέγουν να αγωνίζονται συνολικά σε μία ένταση γύρω από το γαλακτικό κατώφλι τους. Ακόμη και αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ ερευνητών όσον αφορά το ποσοστό συμμετοχής κάθε ενεργειακού μηχανισμού κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού

της υδατοσφαίρισης, εντούτοις, γενικά εμφανίζεται ότι η συμμετοχή του αερόβιου μηχανισμού κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού είναι μεγάλη, ενώ η συμμετοχή του αναερόβιου γαλακτικού μηχανισμού είναι μάλλον περιορισμένη. Από αυτή την ανασκόπηση επίσης φαίνεται ότι η ένταση του παιχνιδιού μειώνεται και χρησιμοποιείται περισσότερο ο αερόβιος από τον αναερόβιο ενεργειακό μηχανισμό, στις παρακάτω καταστάσεις:

1. Στα τελευταία λεπτά των παιχνιδιών με 4x9 λεπτά διάρκεια συγκριτικά με τα 4x7 λεπτά.
2. Στην τελευταία περίοδο του παιχνιδιού συγκριτικά με τις πρώτες περιόδους.
3. Στα παιχνίδια με μικρότερο ανταγωνισμό συγκριτικά με τα παιχνίδια με υψηλό ανταγωνισμό, ενώ 4. Δεν υπάρχουν διαφορές στην ένταση του παιχνιδιού (ενεργειακές απαιτήσεις) μεταξύ παικτών διαφορετικών θέσεων και διαφορετικού επιπέδου αν και οι παίκτες υψηλότερου επιπέδου κολυμπούν σημαντικά πιο γρήγορα.

Όσον αφορά το παιχνίδι του τερματοφύλακα, μπορεί να περιγραφεί ως ένα διακοπτόμενης φύσης παιχνίδι με μεγάλη διακύμανση στην ένταση. Το μεγαλύτερο μέρος του παιχνιδιού σχετίζεται με τη χαμηλή αερόβια απαίτηση, ενώ ένα μικρό ποσοστό του παιχνιδιού περιέχει ενέργειες με ξαφνική αύξηση της ΚΣ πάνω από το αναερόβιο κατώφλι, υποδηλώνοντας επίσης μία σημαντική απαίτηση του αναερόβιου γαλακτικού και αγαλακτικού μηχανισμού. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, ο τερματοφύλακας αγωνίζεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ένταση κατά τη διάρκεια της κατάστασης "παίκτης λιγότερος". Η ένταση της άσκησης του τερματοφύλακα δεν διαφέρει από περίοδο σε περίοδο. Το παιχνίδι του τερματοφύλακα αποτελείται από κινήσεις οι οποίες εμφανίζουν να είναι σχετικά σταθερές. Η αποτελεσματικότητα του τερματοφύλακα είναι ανεξάρτητη από τον χρόνο πίεσης του τερματοφύλακα και εξαρτάται από άλλους λόγους.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εκτίμηση της συμμετοχής των ενεργειακών συστημάτων και της ενεργειακής κατανάλωσης στις μελέτες που εξετάστηκαν, υπόκεινται στον περιορισμό ότι έγιναν με συλλογή φυσιολογικών δεδομένων όπως το γαλακτικό οξύ και η ΚΣ, και όχι πιο αξιόπιστες εργαστηριακές μετρήσεις.

Πρακτικές εφαρμογές. Η σύγχρονη υδατοσφαίριση είναι ένα άθλημα το οποίο όπως είδαμε έχει υψηλές καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές αερόβιες και αναερόβι-

ες μαζί απαιτήσεις, οι οποίες μπορούν να διαφέρουν από ένα παιχνίδι στο άλλο, λόγω των ειδικών συνθηκών του κάθε αγώνα. Υπάρχουν περιπτώσεις που οι συνθήκες του παιχνιδιού είναι πιο έντονες, στις οποίες οι παίκτες πρέπει να είναι προετοιμασμένοι να ανταπεξέλθουν. Για αυτό το λόγο, οι προπονητές θα πρέπει να προπονούν τις ομάδες τους με προπονητικές επιβαρύνσεις μεγαλύτερες σε ένταση και ποσότητα από τις επιβαρύνσεις ενός κανονικού αγώνα.

Οι προπονητές υδατοσφαίρισης, όπως φάνηκε από αυτή την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, χρειάζεται να εξετάζουν εάν οι ομάδες τους θα λάβουν μέρος σε πρωτάθλημα με χρόνο παιχνιδιών μεγαλύτερο του κανονικού (π.χ. 4x9 λεπτών αντί 4x8 λεπτών), έτσι ώστε να αυξήσουν τον όγκο και την ένταση της προπόνησης των παικτών με στόχο τη μείωση της κόπωσης και τη καλύτερη φυσική κατάσταση για τα πρόσθετα λεπτά. Επιπλέον, η προσοχή της προπόνησης χρειάζεται να εστιασθεί στην αγωνιστική ένταση των παικτών κατά τη διάρκεια του αγώνα, έτσι ώστε η φυσική κατάσταση των παικτών να μη μειώνεται με την πάροδο των περιόδων. Ο ρυθμός και η ένταση πρέπει να κρατηθούν σταθερές, σε όλες τις διαφορετικές φάσεις του παιχνιδιού και πιο συγκεκριμένα στην τρίτη και τέταρτη περίοδο. Οι προπονητές πρέπει να προπονούν όλους τους παίκτες με την ίδια ένταση, ανεξάρτητα από τη θέση τους στο παιχνίδι, αλλά με διαφορετικό ρεπερτόριο ασκήσεων. Στην προπόνηση των διαφόρων ενεργειακών συστημάτων των παικτών με διαφορετικές ικανότητες, οι επιβαρύνσεις πρέπει να έχουν τα ίδια απόλυτα ποσοστά επί της εκατό της έντασης, αλλά με μια ρυθμισμένη ταχύτητα σύμφωνα με τις δυνατότητές τους. Εντούτοις, στους παίκτες των χαμηλότερων ικανοτήτων, η ταχύτητα κολύμβησης πρέπει να βελτιωθεί με την επαναληπτική μέθοδο προπόνησης για μικρές αποστάσεις.

Η προπόνηση των τερματοφύλακων, πρέπει να εστιασθεί σε ασκήσεις οι οποίες αναπτύσσουν την εκρηκτική δύναμη, έτσι ώστε να βελτιώσουν την ικανότητα για διάφορα είδη αλμάτων. Η προπόνηση τους πρέπει επίσης να περιέχει ένα μικρό αριθμό ασκήσεων υψηλής έντασης και μέσης διάρκειας, οι οποίες θα έχουν ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση του γαλακτικού, με σκοπό να βελτιώσουν την επίδοσή τους σε καταστάσεις όπως "παίκτης λιγότερο" ή "έτοιμος για άλμα και άλμα". Τέλος, ο αερόβιος μεταβολισμός χαμηλής έντασης ο οποίος κύρια χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού του τερματοφύλακα, παίζει σημαντικό ρόλο στην ανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης και την ταχύτερη αποκατάσταση σε ενέργειες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας, και ως εκ τούτου η προπόνηση του δεν μπορεί να παραβλεφθεί.

Βιβλιογραφία

AVLONITOU E. Energy requirements and training considerations in competitive water polo games. In: *Proceedings in the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First Water Polo Coaches seminar*. 1991 May 27- June 3: Athens. Lausanne: FINA, p. 139-150. 1991.

BALSOM PD, SEGER JY, SJODIN B et al. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *J Sports Med*, 13: 528-33, 1992.

BANGSBO J, NORREGAARD L. and THORSO F. Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences* 16: 110-116, 1991.

BOOBIS LH, WILLIAMS C and WOOTON SA. Human muscle metabolism during brief maximal exercise. *J Physiol (Lond)* 338: 21-2P, 1982.

D' AURIA S and GABBETT T. A time-motion analysis of international women's water polo match play. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 3: 305-319, 2008.

DOPSAJ M and MATKOVIĆ I. The structure of technical and tactical activities of water polo players the first Yugoslav league during the game. In: Keskinen K, Komi P and Holander A (eds), *Biomechanics and Medicine*

- in *Swimming VIII*. Department of Biology of Physical Activity, Finland: University of Jyväskylä, Jyväskylä, p. 435. (1999).
- GOODWIN AB and CUMMING GR. Radiotelemetry of the electrocardiogram, fitness tests and oxygen uptake of water polo players. *Canadian Medical Association Journal*, 95: 402-406, 1966.
- HOHMANN A and FRASE R. Analysis of swimming speed and energy metabolism in competition water polo games. In: MacLaren D, Reilly T and Lees A (eds), *Swimming science VI: biomechanics and medicine in swimming*. London: E & FN Spon, 313-9, 1992.
- HOLLANDER AP, DUPONT SHJ and VOLTERIJK SM. Physiological strain during competitive water polo games and training. In: Miyashita M, Mutoh Y and Richardson AB (eds), *Medicine and science in aquatic sports*. Basel, Krager, 39:178-185, 1994.
- LAVOIE JM and MONTPETIT RR. Applied physiology of swimming. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.) 3: 165-189, 1986.
- LILLEY G. A basis for the conditioning of state level water polo players. *PELOPS: Studies in Physical Education, Leisure Organisation, Play and Sport* 3: 25-29, 1982.
- Mc INNES SE, CAPLSON JS, JONES CJ and McKENNA MJ. The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences* 13: 387-397, 1995.
- PETRIC T. What is water polo? In: *Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar: 1991 May 27- June 3*. Athens. Lausanne: FINA, 25-91, 1991.
- MIKOLSEN F and AGRAD M. *Handball. Idrotts fysiologi rap. 18*. Copenhagen, 1976.
- PINNINGTON H, DAWSON B and BLANKSBY B. Heart rate responses and the estimated energy requirements of playing water polo. *Journal of Human Movement Studies* 15:101-118, 1988.
- PINNINGTON H, DAWSON B and BLANKSBY B. Cardiorespiratory responses of water polo players performing the head-in-the-water and the head-out-of-the-water front crawl swimming technique. *Australian Journal of Science Medicine Sport* 19:15-19, 1987.
- PLATANOU T, GRASSO G, CUFINO B and GIANNOURIS Y. Comparison of the offensive action in water polo games with the old and the new rules. In: Kallio J, Comi P, Komulainen J and Avela J (eds), *Proceedings of the 12th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Jyväskylä: University Jyväskylä, p. 576, 2007.
- PLATANOU T. Physiological demands of water polo goalkeeping. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12: 244–250, 2009.
- PLATANOU T and GELADAS N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *Journal of Sports Sciences* 24: 1173 – 1181, 2006.
- PLATANOU T and GELADAS N. The influence of competitiveness on match exercise intensity in elite water polo players. In: Vilas-Boas JP, Alves F and Marques A (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Porto: Portuguese journal of sport science, p. 163-166, 2006.
- PLATANOU T. Time motion analysis of international level water polo players. *Journal of Human Movement Studies* 46: 319-331, 2004.
- PLATANOU T. Analysis of the “extra man offence” in water polo: A comparison between winning and losing teams and players of different playing position. *Journal of Human Movement Studies* 46: 205-211, 2004.
- PLATANOU T and NIKOLOPOULOS G. Energy demands in water polo games with two or more goals difference. In: *Book of Abstracts IXth World Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming*, Saint-Etienne, p.140, 2002.
- PLATANOU T and THANOPOULOS V. Time analysis of the goalkeeper’s movements in water polo. *Kinesiology* 34: 94-102, 2002.
- REILLY T and THOMAS V. A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum. Movement Stud* 2: 87-97, 1976.
- RODRIGUEZ FA and INGLESIAS X. Cardiorespiratory demands and estimated energy cost in water polo games. In: Parisi P, Pigozzi F and Prinsi G (eds), *Proceedings of the 4th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Rome: University Institute of motor Sciences, p 199, 1999.
- RODRIGUEZ FA. Physiological testing of swimmers and water polo players in Spain. In: Miyashita M, Mutoh Y and Richardson AB. (eds.), *Medicine and science in aquatic sports*. Basel: Karger, Vol. 39. 172 – 7, 1994.
- SARDELLA F, ALIPPI B, RUDIC R et al. Analisi fisiometabolica della partita. *Tecnica Nuoto* 21-4, 1990.
- SMITH H. Physiological fitness and energy demands of water polo: time motion analysis of goaltenders and field players. *Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar* (edited by FINA), Lausanne: FINA, 183-207, 1991.
- SMITH H. Applied Physiology of Water Polo. *Sports Medicine* Nov: 26 (5), 317 – 334, 1998.
- SPRIET LL. Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity. *Can J Physiol Pharmacol* 70: 157-65, 1992.
- TAKAGI H, NISHIGIMA T, ENOMOTO I and STEWART AM. Determining factors of game performance in the 2001 World Water Polo Championships. *Journal of Human Movement Studies* 49: 333-352, 2005.
- VANGOOL D, VANGERVERN D and BOUTMANS J. The physiological load imposed on soccer players during real match-play. In: Reilly T, Lees A, Davis K and Murphy WJ (eds), *Science and Football*. London: E. and F.N. Spon, pp. 51-59, 1988.

Φυσιολογικές απαιτήσεις του σύγχρονου ποδοσφαιριστή και εργομετρική αξιολόγηση

Γιώργος Νάσσης

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

Περίληψη

ΝΑΣΣΗΣ Γ. Φυσιολογικές απαιτήσεις του σύγχρονου ποδοσφαιριστή και εργομετρική αξιολόγηση. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 31-39. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να περιγράψει τις φυσιολογικές απαιτήσεις του ποδοσφαιρικού αγώνα με σκοπό να συμβάλει στην κατανόηση του βαθμού συμμετοχής των ενεργειακών συστημάτων στην απόδοση του ποδοσφαιριστή. Επιπλέον σκοπός είναι η συζήτηση και αξιολόγηση μεθόδων και δοκιμασιών που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της φυσικής κατάστασης του ποδοσφαιριστή. Από την ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν την ανάλυση του αγώνα προκύπτουν τα ακόλουθα: α) οι ποδοσφαιριστές καλύπτουν απόσταση 10-13 km με 2-3 απο αυτά σε σχετικά υψηλή ένταση (>15 km/h), β) η συνολική απόσταση σε σπριντ (δρομική ταχύτητα >20 km/h) είναι περίπου 600m, γ) στον αγώνα γίνονται περίπου 1200 ενέργειες (1 κάθε 3-5 sec) που περιλαμβάνουν, μεταξύ των άλλων, 30-40 σπριντ, πάνω από 700 αλλαγές κατεύθυνσης και 30-40 άλματα και τάκλιν, δ) οι απαιτήσεις διαφοροποιούνται με τη θέση του παίκτη. Από την ανάλυση αυτή φαίνεται ότι οι ποδοσφαιριστές πρέπει να έχουν υψηλή αερόβια ικανότητα, αναερόβιο κατώφλι και ικανότητα για επαναλαμβανόμενες ενέργειες μέτριας και υψηλής έντασης. Αναφορικά με τις δοκιμασίες αξιολόγησης, αυτές χωρίζονται σε εργαστηριακές και υπαίθριες. Το πλεονέκτημα των εργαστηριακών μετρήσεων είναι η υψηλή εγκυρότητα και αξιοπιστία. Το μειονέκτημά τους είναι ότι ορισμένες φορές ο τύπος της άσκησης που περιλαμβάνουν απέχει πολύ από την πρακτική στο γήπεδο. Το γεγονός αυτό καθιστά ορισμένες από τις δοκιμασίες μειωμένης χρηστικότητας, ειδικά στο υψηλό επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΩΝΑ, ΕΡΓΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Το ποδόσφαιρο είναι το πιο λαοφιλές άθλημα στη χώρα μας. Η απόδοση και η επιτυχία στο σύγχρονο ποδόσφαιρο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τεχνική, φυσιολογικές και ψυχολογικές παραμέτρους, τακτική, αντίπαλος, κατάσταση αγωνιστικού χώρου, και άλλοι. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να συζητήσει τις φυσιολογικές απαιτήσεις του ποδοσφαιριστή, τρόπους αξιολόγησης παραγόντων της φυσικής κατάστασης και μέσω αυτών να αναδείξει πρακτικές οδηγίες για την προπόνηση (η ανασκόπηση περιλαμβάνει τις δημοσιευμένες έρευνες μέχρι την 24η Δεκεμβρίου 2009).

Φυσιολογικές απαιτήσεις στο ποδόσφαιρο

Ανάλυση αγώνα. Η καταγραφή και ανάλυση των ενεργειών και κινήσεων κατά τη διάρκεια του ποδοσφαιρικού αγώνα έγινε αρχικά σε έναν ποδοσφαιριστή ανά αγώνα χρησιμοποιώντας ένα απλό, χειροκίνητο σύστημα ανάλυσης εικόνας από το βίντεο (Reilly and Thomas, 1976, Carling et al., 2008). Περνώντας από διάφορα στάδια ανάπτυξης τα

τελευταία χρόνια είναι πλέον δυνατή η ανάλυση του αγώνα για τους 22 ποδοσφαιριστές ταυτόχρονα (Carling et al., 2008). Τα τελευταία χρόνια έχουν πληθύνει τα δεδομένα από την ανάλυση των δραστηριοτήτων και ενεργειών ενός ποδοσφαιριστή κατά τη διάρκεια του αγώνα. Εκείνο που φαίνεται από τις έρευνες είναι ότι οι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές καλύπτουν απόσταση 10-13 km σε έναν αγώνα, με τους μέσους να καλύπτουν τη μεγαλύτερη απόσταση συγκριτικά με τους υπόλοιπους ποδοσφαιριστές της ομάδας. Τα περισσότερα από αυτά τα χιλιόμετρα καλύπτονται με χαμηλής έντασης τρέξιμο ή/και με περπάτημα. Το στοιχείο που φαίνεται να ξεχωρίζει τους υψηλού επιπέδου από τους υπόλοιπους ποδοσφαιριστές είναι η απόσταση που καλύπτεται σε υψηλής έντασης προσπάθειες (Mohr et al., 2003).

Στη μελέτη των Mohr et al. (2003) παρουσιάζονται τα στοιχεία από 18 παίκτες Ιταλικής ομάδας που συμμετείχε στο Champions League (Πίνακας 1). Οι 14 από αυτούς τους ποδοσφαιριστές συμμετείχαν στα εθνικά τους συγκροτήματα και λογίζονται ως υψηλού επιπέδου. Τα στοιχεία αυτών των ποδοσφαιριστών συγκρίθηκαν με εκείνα 24 παικτών ομάδων πρώτης κατηγορίας της Δανίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές κάλυψαν σημαντικά μεγαλύτερη απόσταση σε υψηλή ένταση (2.43 Km) σε σχέση με τους υπόλοιπους ποδοσφαιριστές (1.90 Km). Βεβαίως υπάρχουν άλλες μελέτες που δεν επιβεβαι-

Πίνακας 1. Στοιχεία από ανάλυση ποδοσφαιρικών αγώνων

Συγγραφείς	Δείγμα	Σύστημα ανάλυσης	Συνολική απόσταση σε υψηλή ένταση (>14.4 km/h, m)	Συνολική απόσταση σε πολύ υψηλή ένταση (ΠΥΕ>19.8 km/h, m)	Συνολική απόσταση σε σπριντ (>25.2 km/h, m)	Αριθμός σπριντ	Συνολική διανυθείσα απόσταση (m)
<i>Bradley et al. (2009)</i>	28 αγώνες English Premier League, 280 ποδοσφαιριστές (2005-6)	Πολυκάμερο & αυτο-ματο-ποιημένο (Prozone)	2492	662	255	35	10714
<i>DiSalvo et al. (2008)</i>	English Premier League, 7355 παρατηρήσεις (2003-4, 2004-5, 2005-6)	Πολυκάμερο & αυτο-ματο-ποιημένο (Prozone)	-	907	229	31	-
<i>Rampinini et al. (2007b)</i>	20 επαγγελματίες σε 34 αγώνες εναντίον ισχυρών (A) και λιγότερο ισχυρών αντιπάλων (B)	Πολυκάμερο & αυτο-ματο-ποιημένο (Prozone)	2770 για A	902 για A	-	-	11097 για A
			2630 για B	883 για B	-	-	10827 για B
<i>Rampinini et al. (2009a)</i>	416 αγώνες από 186 ποδοσφαιριστές της Ιταλικής Serie A league (2004-5)-Ομάδες 1-5 (A) και 15-20 (B) στην τελική κατάταξη	Πολυκάμερο & αυτο-ματο-ποιημένο (SICS)	3787 για A	1196 για A	-	-	11647 για A
			4263 για B (1)	1309 για B (2)	-	-	12190 για B
<i>Di Salvo et al. 2007</i>	20 αγώνες Ισπανικού πρωταθλήματος και 10 Champions League (2002-3 και 2003-4)	Πολυκάμερο & αυτο-ματο-ποιημένο (AMISCO)	-	-	-	-	11393
<i>Mohr et al. (2003)</i>	18 ελίτ Ιταλοί (A) και 24 χαμηλότερου επιπέδου επαγγελματίες (B), 1-7 αγώνες	Λήψη από μία κάμερα-χειροκίνητη ανάλυση	2430 για A	-	650 για A	39 για A	10860 για A
			1900 για B (3)	-	410 για B (4)	26 για B	10330 για B
ΠΥΕ: Πολύ υψηλή ένταση, 1: > 14 km/h, 2: >19 km/h, 3: >15 km/h, 4: 30 km/h, 5: ενέργειες με ταχύτητα >18 km/h							

ώνουν αυτά τα δεδομένα και τα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, οι Rampinini et al. (2009a) συνέλεξαν φυσιολογικά και τεχνικά στοιχεία από 186 ποδοσφαιριστές σε 416 αγώνες της Α κατηγορίας του ιταλικού πρωταθλήματος. Η ανάλυσή τους έδειξε ότι οι ποδοσφαιριστές από τις σχετικά αδύ-

ναμες ομάδες έτρεξαν μεγαλύτερη συνολική απόσταση και μεγαλύτερη απόσταση σε υψηλή ένταση σε σχέση με τους ποδοσφαιριστές από τις πιο επιτυχημένες ομάδες. Σύμφωνα με την έρευνα, η κύρια διαφορά ανάμεσα στις δύο κατηγορίες ήταν ο χρόνος κατοχής της μπάλας, ο αριθμός των

κοντινών μεταβιβάσεων και ο αριθμός των επιτυχημένων κοντινών μεταβιβάσεων (Rampinini et al., 2009a). Η διχογνωμία ανάμεσα στις έρευνες μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως: α) η διαφορετική τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και ανάλυση των στοιχείων, β) ο τρόπος του παιχνιδιού σε διαφορετικά πρωταθλήματα στην Ευρώπη, γ) τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ποδοσφαιριστών κάθε ομάδας, και δ) η τακτική.

Γενικά πάντως και από τα στοιχεία των αναλύσεων αγώνων προκύπτουν τα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα: 1) η απόσταση που διανύεται σε υψηλή ένταση και σπριντ είναι περίπου 10% της συνολικής απόστασης, 2) οι προσπάθειες υψηλής έντασης εκτελούνται κάθε 60 sec περίπου και τα σπριντ κάθε 4 λεπτά (Mohr et al., 2003) 3) τα σπριντ σπάνια είναι πάνω από 20 m ή διαρκούν πάνω από 4 sec (DiSalvo et al., 2007), 4) ένα μικρό ποσοστό της συνολικής διανυθείσας απόστασης καλύπτεται με κατοχή της μπάλας. Το περισσότερο τρέξιμο γίνεται χωρίς την μπάλα (DiSalvo et al., 2007, Rampinini et al., 2009a), 5) η κόπωση εμφανίζεται α) μετά από έντονη προσπάθεια και στα 2 ημίχρονα, β) στα πρώτα 15 min του β ημιχρόνου, γ) προς το τέλος του αγώνα (Mohr et al., 2003), 6) η ένταση της προσπάθειας και η συνολική απόσταση που διανύεται μειώνεται κατά 5-10% στο δεύτερο ημίχρονο σε σχέση με το πρώτο, 7) κάθε ποδοσφαιριστής εκτελεί περίπου 1000-1400 σύντομες ενέργειες, ο τύπος των οποίων εναλλάσσεται κάθε 4-6 δευτ. Οι ενέργειες αυτές είναι 30-40 σπριντς, ενέργειες υψηλής έντασης κάθε 70 περίπου sec, 15-20 τάκλιν και 10 κεφαλές (Mohr et al., 2003).

Τα στοιχεία του αγώνα διαφοροποιούνται με τη θέση. Σε υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές, ο Mohr και οι συνεργάτες (2003) έδειξαν ότι οι κεντρικοί αμυντικοί τρέχουν μικρότερη απόσταση και λιγότερα μέτρα σε υψηλή ένταση σε σχέση με τους υπόλοιπους ποδοσφαιριστές της ομάδας, πιθανώς λόγω της τακτικής και της χαμηλότερης αερόβιας ικανότητας που έχουν. Επιπλέον, οι μέσοι διανύουν μεγαλύτερη απόσταση από όλους τους άλλους συμπαίκτες τους. Επίσης, οι πλάγιοι μέσοι διανύουν τη μεγαλύτερη απόσταση σε υψηλή ένταση ενώ κάνουν, μαζί με τους επιθετικούς, τα περισσότερα μέτρα σε σπριντ σε σχέση με τους υπόλοιπους παίκτες. Τέλος, οι τερματοφύλακες καλύπτουν 4-5 km περπατώντας και τρέχοντας (Mohr et al., 2003).

Αερόβιες απαιτήσεις. Το ποδόσφαιρο είναι ένα άθλημα που απαιτεί την εκτέλεση ενεργειών υψηλής έντασης για 90 τουλάχιστον λεπτά. Φαίνεται λοιπόν ότι το αερόβιο σύστημα παραγωγής ενέργειας είναι υπό δράση αφού η μέση και η κορυφαία καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του αγώνα είναι 85% και 98% της μέγιστης, αντίστοιχα (Bangsbo, 1994). Η μέση ένταση, με βάση τη σχέση πρόσληψης οξυγόνου-καρδιακής συχνότητας, αντιστοιχεί στο 70-75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Bangsbo et al., 2006).

Αναερόβιες απαιτήσεις. Αν και το αερόβιο σύστημα διαδραματίζει ρόλο, λόγω κυρίως της διάρκειας του αγώνα, το αναερόβιο σύστημα είναι ίσως το σπουδαιότερο αναφορικά με την έκβαση ενός αγώνα. Κι αυτό γιατί οι ενέργειες υψηλής έντασης που αναφέρθηκαν παραπάνω ως μία διαφορά ανάμεσα στους ποδοσφαιριστές υψηλού

επιπέδου και τους υπόλοιπους βασίζεται στην απόδοση του αναερόβιου συστήματος παραγωγής ενέργειας. Το γεγονός ότι οι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές εκτελούν 150-250 σύντομες ενέργειες (Mohr et al., 2003) σε έναν αγώνα καταδεικνύει τον υψηλό ρυθμό αποδόμησης της φωσφοκρεατινής που λαμβάνει χώρα. Η φωσφοκρεατινή βέβαια ανασυντίθεται είτε πλήρως είτε μερικώς κατά τα μεσολαμβάνοντα διαστήματα ανάπαυλας ή χαμηλής έντασης. Η ανάλυση του μυϊκού ιστού σε ποδοσφαιριστές μετά από αγώνα έδειξαν τιμές φωσφοκρεατινής άνω του 70% της τιμής ηρεμίας (Krustrup et al., 2006).

Η μέση συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα σε έναν αγώνα είναι 2-10 mmol/L με μέγιστες τιμές πάνω από 12 mmol/L (Bangsbo, 1994, Stolen et al., 2005). Οι τιμές αυτές φανερώνουν υψηλό γλυκολυτικό ρυθμό σε έναν ποδοσφαιρικό αγώνα. Πάντως η εικασία αυτή θα πρέπει να κρίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω: α) η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα δεν είναι ενδεικτική της παραγωγής και αποτελεί το ισοζύγιο παραγωγής-απομάκρυνσης, β) δε φαίνεται να υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ γαλακτικού στο μυ και στο αίμα σε ποδοσφαιριστές (Bangsbo 1994), και γ) η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα εξαρτάται κατά πολύ από τη δραστηριότητα του ποδοσφαιριστή τα τελευταία 5 λεπτά πριν την αμοληψία.

Φυσιολογικό προφίλ ποδοσφαιριστών υψηλού επιπέδου

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Ο σύγχρονος ποδοσφαιριστής είναι σχετικά ψηλός με χαμηλό σωματικό λίπος και υψηλή άλιπη σωματική μάζα (Πίνακας 2). Ο Bloomfield και οι συνεργάτες (2005) μέτρησαν το ανάστημα και το βάρος 2085 επαγγελματιών από την Α εθνική κατηγορία της Αγγλίας (Premier League), της Ισπανίας (La Liga), της Ιταλίας (Serie A) και της Γερμανίας (Bundesliga) την περίοδο 2001-2 (Πίνακας 2). Από τον πίνακα φαίνεται ότι ο μέσος όρος για το ανάστημα κυμαίνεται από 1.80 έως 1.83 m και για το βάρος από 74.3-77.5 kg. Τα χαρακτηριστικά αυτά εξειδικεύονται εν μέρει με τη θέση. Για παράδειγμα, οι αμυντικοί είναι ψηλότεροι και οι επιθετικοί κοντότεροι σε σχέση με τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας (Πίνακας 2).

Φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) κυμαίνεται από 50-75 ml/kg/min σε υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ενώ οι τερματοφύλακες έχουν τιμές από 50-55 ml/kg/min (Stolen et al., 2005). Αν και η ποικιλότητα στις τιμές της VO_{2max} εξηγείται εν μέρει από κληρονομικούς παράγοντες, φαίνεται ότι η αερόβια ικανότητα δεν αλλάζει, μετά την περίοδο προετοιμασίας, στη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου σε υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές (Metaxas et al., 2006). Αντίθετα, εκείνο που φαίνεται να βελτιώνεται στη διάρκεια της αγωνιστικής χρονιάς είναι το αναερόβιο κατώφλι (Edwards et al., 2003). Το αναερόβιο κατώφλι είναι μεταξύ 75 και 90% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας στους υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές (Stolen et al., 2005).

Πίνακας 2. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά ποδοσφαιριστών υψηλού επιπέδου

	Επίπεδο	N	Ηλικία (έτη)	Ανάστημα (m)	Βάρος (kg)	Λίπος (%)	Πηγή
Ανεξάρτητα θέσης	English Premier League	64	26.2	1.82	83.1	10.6	Sutton et al. (2009)
	Premier League	578	26.3	1.81	75.3	-	Bloomfield et al. (2005)
	La Liga	528	26.5	1.80	75	-	
	Serie A	499	26.4	1.81	74.3	-	
	Bundesliga	480	26.6	1.83	77.5	-	
Ανά θέση							
Τερματοφύλακας	English Premier League	8	25	1.90	91.2	12.9	Sutton et al. (2009)
	Premier League	68	28.2	1.88	83.3	-	Bloomfield et al. (2005)
	La Liga	56	27.3	1.85	81.1	-	
	Serie A	60	27.2	1.86	79.1	-	
	Bundesliga	50	26.9	1.89	85.5	-	
Αμυντικός	English Premier League	20	26.7	1.84	86.0	10.6	Sutton et al. (2009)
	Premier League	185	26.7	1.82	76.3	-	Bloomfield et al. (2005)
	La Liga	167	27.0	1.80	75.5	-	
	Serie A	163	26.9	1.81	74.9	-	
	Bundesliga	150	26.5	1.84	78.4	-	
Μέσος	English Premier League	22	26.5	1.78	78.0	10.2	Sutton et al. (2009)
	Premier League	202	25.6	1.79	72.0	-	Bloomfield et al. (2005)
	La Liga	201	26.4	1.79	73.6	-	
	Serie A	180	26.2	1.78	71.7	-	
	Bundesliga	164	26.7	1.79	74.3	-	
Επιθετικός	English Premier League	14	25.6	1.80	82.7	9.9	Sutton et al. (2009)
	Premier League	123	25.6	1.81	74.6	-	Bloomfield et al. (2005)
	La Liga	104	25.6	1.79	73.8	-	
	Serie A	96	25.3	1.81	75.2	-	
	Bundesliga	116	26.6	1.82	77.2	-	

Παράγοντες κόπωσης. Αρκετές έρευνες δείχνουν ότι η ικανότητα για υψηλής έντασης προσπάθειες μειώνεται στο τελευταίο 15λεπτο ενός ποδοσφαιρικού αγώνα (Mohr et al., 2003). Επίσης, φαίνεται ότι τόσο η συνολική διανυόμενη απόσταση, η απόσταση σε υψηλής έντασης τρέξιμο και σε σπριντ είναι λιγότερα στο δεύτερο ημίχρονο σε σχέση με το πρώτο (Mohr et al., 2003). Τα στοιχεία αυτά είναι ενδεικτικά της κόπωσης του ποδοσφαιριστή.

Ο μηχανισμός της κόπωσης στους ποδοσφαιριστές δεν είναι ξεκάθαρος. Η μείωση του μυϊκού γλυκογόνου είναι ένας πιθανός μηχανισμός λόγω της παρατεταμένης διάρκειας του αγώνα. Ο Bangsbo και οι συνεργάτες του (1992a) έδειξαν χαμηλά επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου μετά από έναν

ποδοσφαιρικό αγώνα. Επιπλέον, η προ-αγωνιστική δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση σε παρατεταμένη διαλειμματική άσκηση (Bangbo et al., 1992b) αν και όχι σε όλες τις έρευνες (Nassis et al., 1998). Η έρευνα του Krusturp και των συνεργατών του (2006) έριξε περισσότερο φως ως προς τα αίτια της κόπωσης σε ποδοσφαιριστές κατά τη διάρκεια του αγώνα. Σε αυτή την μελέτη δείχτηκε ότι υπήρχε ακόμη διαθέσιμο μυϊκό γλυκογόνο στον τετρακέφαλο μυ στο τέλος του αγώνα. Παρ'όλα αυτά οι ποδοσφαιριστές παρουσίασαν μείωση της επίδοσης στα σπριντ όσο περνούσε η ώρα του αγώνα και αυτό συσχετίστηκε με εξάντληση του μυϊκού γλυκογόνου στις μισές από τις τύπου I και II μυϊκές ίνες

(Krustrup et al., 2006). Φαίνεται λοιπόν, ότι η εξάντληση του μυϊκού γλυκογόνου στις ταχείας συστολής μυϊκές ίνες εξηγεί τη μειωμένη απόδοση στο τρέξιμο υψηλής έντασης και στα σπριντ προς το τέλος του αγώνα στους ποδοσφαιριστές.

Άλλος πιθανός μηχανισμός κόπωσης στο ποδόσφαιρο είναι η αφυδάτωση και η υπερθερμία όταν ο αγώνας διεξάγεται σε θερμό περιβάλλον (Nassis and Geladas, 2002a και 2002b; Νάσσης 2005, Νάσσης και Γελαδάς, 2005). Οι ποδοσφαιριστές ενδέχεται να εκκρίνουν 4-5 λίτρα ιδρώτα κατά τη διάρκεια αγώνα σε θερμό περιβάλλον και η απώλεια αυτή ισοδυναμεί με 5-6% αφυδάτωση (Bangsbo, 1994). Ένα τέτοιο επίπεδο αφυδάτωσης ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά την καρδιαγγειακή λειτουργία κατά τη διάρκεια της άσκησης και να μειώσει την απόδοση (Nassis and Geladas, 2002a). Ενδεικτικά, αφυδάτωση 1% του σωματικού έχει δείχτει να επηρεάζει αρνητικά την επίδοση στα σπριντ σε ποδοσφαιρικό αγώνα (Krustrup et al., 2006).

Εργομετρικός έλεγχος ποδοσφαιριστών

Εκτίμηση σωματικής σύστασης. Η εκτίμηση της σωματικής σύστασης γίνεται με τον υπολογισμό του σωματικού λίπους και της άλιπης σωματικής μάζας η οποία καταλαμβάνεται κυρίως από μυϊκό ιστό. Το σωματικό λίπος μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους, όπως τη μέτρηση των δερματοπτυχών, τη βιοηλεκτρική εμπέδηση και την απορροφησιμετρία διπλών ακτίνων Χ (DXA). Με την πρώτη μέθοδο μετρώνται οι δερματοπτυχές σε διάφορες περιοχές του σώματος και υπολογίζεται το λίπος με βάση ειδικές εξισώσεις. Μία κλασική προσέγγιση είναι η μέτρηση των πτυχών στις περιοχές του στήθους, της κοιλιάς και του μηρού και ο υπολογισμός της πυκνότητας σώματος με βάση την εξίσωση των Jackson and Pollock (1978). Η βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA) είναι μία σχετικά σύντομη, με λιγότερες τεχνικές απαιτήσεις από τον εξεταστή μέθοδος (Nassis and Sidossis, 2006). Η BIA όμως παρουσιάζει σχετικά χαμηλότερη εγκυρότητα και αξιοπιστία και αυτό γιατί βασίζεται σε συγκεκριμένες υποθέσεις (πχ τα υγρά είναι το 73% περίπου της άλιπης σωματικής μάζας), οι οποίες όταν παραβιάζονται έχουν ως αποτέλεσμα σημαντική απόκλιση στον υπολογισμό του σωματικού λίπους από την τιμή με τη μέθοδο αναφοράς. Τέλος, η DXA είναι μία ακριβής μέθοδος, με κύριο πλεονέκτημα ότι παρέχει πληροφορίες για τη σύσταση του σώματος σε διάφορες περιοχές, πχ κορμός, άνω και κάτω άκρα. Αν και αρκετά ακριβής και αξιόπιστη, η συσκευή DXA έχει υψηλό κόστος, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο δύσχρηστη για μεγάλο αριθμό μετρήσεων (Nassis and Sidossis, 2006).

Αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας. Για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας υπάρχουν διάφορες δοκιμασίες: εργαστηριακές και υπαίθριες. Οι εργαστηριακές μετρήσεις είναι πιο ακριβείς αλλά απαιτούν περισσότερο χρόνο, χρήμα και εξειδίκευση. Οι υπαίθριες δοκιμασίες έχουν το πλεονέκτημα της οικονομίας του χρόνου και αυτό το γεγονός τις καθιστά πρώτης επιλογής ειδικά στο υψηλό επίπεδο όπου οι υποχρεώσεις της ομάδας δεν επιτρέπουν τη διεξαγωγή χρονοβόρων εργαστηριακών μετρήσεων.

Εργαστηριακές μετρήσεις. Στο εργαστήριο, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου αξιολογείται είτε με κυκλοεργομέτρηση είτε, κατά προτίμηση, με δαπεδοεργομέτρηση μέχρι εξάντλησης. Το πρωτόκολλο συνήθως περιλαμβάνει προοδευτικά, κάθε 1-3 λεπτά, αυξανόμενης έντασης άσκησης, ξεκινώντας από πολύ χαμηλή ένταση. Η πρόσληψη οξυγόνου προσδιορίζεται με σύγχρονα συστήματα σπιρομετρίας και η κορυφαία τιμή των τελευταίων 15-30 sec λογίζεται ως μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Ενίοτε το πρωτόκολλο μπορεί να περιλαμβάνει, εκτός από αύξηση της ταχύτητας, προοδευτική αύξηση της κλίσης στο δαπεδοεργόμετρο (Rampinini et al., 2002b).

Υπαίθριες δοκιμασίες

Παλίνδρομο τεστ αντοχής. Είναι μια κλασική δοκιμασία που χρησιμοποιείται από πολλές ομάδες ειδικά στην Αγγλία (Πίνακας 3). Τα πλεονεκτήματα της δοκιμασίας είναι ότι εκτελείται από πολλούς ποδοσφαιριστές ταυτόχρονα, β) διαρκεί σχετικά λίγο χρόνο, γ) υπάρχουν συγκριτικές τιμές, και δ) δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό και μέσα.

Στο παλίνδρομο τεστ, οι ποδοσφαιριστές τρέχουν απόσταση 20 m με ρυθμό που υποδεικνύεται από ηχητικό σήμα. Η ταχύτητα τρεξίματος είναι 8.5 km/h το πρώτο λεπτό και αυξάνεται κατά 0.5 km/h σε κάθε επίπεδο. Οι ποδοσφαιριστές τρέχουν μέχρι εξάντλησης ή μέχρι το σημείο που δεν μπορούν να ακολουθήσουν το ρυθμό για 2 συνεχόμενες διαδρομές, αφού προηγουμένως δεχτούν σχετική προειδοποίηση από τον εξεταστή. Η πρόβλεψη της VO₂max γίνεται με δύο κυρίως τρόπους: α) την εξίσωση του Leger et al. (1988) όπου $Y (VO_{2max} \text{ σε ml/kg/min}) = -24.4 + 6 \times \text{μέγιστη δρομική ταχύτητα (km/h)}$, β) τον πίνακα του Ramsbottom et al. (1988) όπου γίνεται πρόβλεψη της VO₂max (ml/kg/min) με βάση το επίπεδο και τις διαδρομές που έτρεξε ο ποδοσφαιριστής.

Ο συντελεστής μεταβλητότητας σε δύο επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, που είναι δείκτης αξιοπιστίας της μέτρησης, έχει βρεθεί μεταξύ 2.2% και 2.8% σε υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές (Aziz et al., 2005, Hill-Haas et al, 2009). Τέλος, η εγκυρότητα της μέτρησης είναι υψηλή όταν το αποτέλεσμα συγκρίνεται με την άμεση μέθοδο προσδιορισμού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Aziz et al., 2005).

Yo-Yo διαλειμματικό τρέξιμο. Η δοκιμασία αυτή εκτιμά την ικανότητα του ποδοσφαιριστή να εκτελεί διαλειμματικό τρέξιμο για μακρό χρονικό διάστημα και η απόδοση σε αυτή τη δοκιμασία έχει σχετιστεί με τη διανυόμενη απόσταση στον αγώνα σε υψηλή ένταση (Krustrup et al., 2003). Είναι λοιπόν ένας δείκτης της αντοχής του ποδοσφαιριστή. Η δοκιμασία είναι παρόμοια με το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής με τη διαφορά ότι στο Yo-Yo τεστ παρεμβάλεται διάλειμμα 5 ή 10 sec ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες διαδρομές των 20m. Φαίνεται όμως ότι το συγκεκριμένο τεστ ενδέχεται να υποεκτιμά την VO₂max και τούτο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, ο Metaxas και οι συνεργάτες του (2005) μέτρησαν την αερόβια ικανότητα σε

Πίνακας 3. Ικανότητες φυσικής κατάστασης στο ποδόσφαιρο και δοκιμασίες αξιολόγησης αυτών.

Ικανότητα	Δοκιμασία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ευκαμψία κορμού και οπίσθιων μηριαίων μυών	Δίπλωση από εδραία θέση	Εύχρηστη, γρήγορη μέτρηση	Αξιολογεί μια ανατομική περιοχή
Αναερόβια ισχύς	Wingate test	Γρήγορη και αξιόπιστη μέτρηση	Δεν προσομοιάζει το ποδόσφαιρο
	Κατακόρυφο άλμα	Εύχρηστη, γρήγορη μέτρηση	
	Οριζόντιο άλμα χωρίς φόρα	Εύχρηστη, γρήγορη μέτρηση	
Ταχύτητα κάτω άκρων	Δρόμος 5-30 μ	Γρήγορη και αξιόπιστη μέτρηση	
Ταχύτητα και δεξιότητα	Illinois test	Η κίνηση προσομοιάζει το ποδόσφαιρο	
	T-test		Απαιτείται ηλεκτρονική μέτρηση
Επαναλαμβανόμενα sprints	10 x 20 m	Εξειδικευμένη μέτρηση για ποδοσφαιριστές	
	7 x 34.2 m		
Καρδιοαναπνευστική αντοχή	Παλίνδρομο τρέξιμο	Γρήγορη και αξιόπιστη μέτρηση	Δεν προσομοιάζει το άθλημα
	Hoff test	Προσομοιάζει το άθλημα	Σχετικά χρονοβόρα
	Bangsbo test	Προσομοιάζει το άθλημα	Σχετικά χρονοβόρα
	Yo-Yo test	Προσομοιάζει το άθλημα	
Ισορροπία	Stork test	Γρήγορη και εύχρηστη	
	Δοκιμασία Bass	Γρήγορη	Δύσχρηστη

32 18χρονους ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου χρησιμοποιώντας το Yo-Yo διαλειμματικό τρέξιμο και την άμεση μέθοδο με χρήση εργοσπιρομετρίας στο δαπεδοεργόμετρο. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν 10% περίπου χαμηλότερη $VO_2\max$ στο Yo-Yo τρέξιμο σε σχέση με την άμεση μέθοδο.

Δοκιμασία του Hoff. Σύμφωνα με τις οδηγίες (Chamari et al. 2004) οι ποδοσφαιριστές τρέχουν με τη μπάλα σε μία περιοχή 30 X 55 m καλύπτοντας απόσταση 290 m ανά διαδρομή. Στη διαδρομή αυτή εκτελούνται διάφορες κινήσεις όπως τρέξιμο εμπρός με τη μπάλα, ντρίπλα πίσω, και άλματα. Η επίδοση είναι τα συνολικά μέτρα που καλύπτει ο ποδοσφαιριστής σε 10 λεπτά. Το κύριο πλεονέκτημα της δοκιμασίας είναι ότι σχετίζεται άμεσα με την αγωνιστική κίνηση του ποδοσφαιριστή και συνεπώς μπορεί να αξιολογήσει την καρδιοαναπνευστική αντοχή σε συνθήκες που προσομοιάζουν το ποδόσφαιρο. Το τεστ Hoff σχετίζεται τόσο με τη $VO_2\max$ ($r= 0.68$, $P< 0.01$) (8) όσο και με την επίδοση στο παλίνδρομο τεστ αντοχής σε ποδοσφαιριστές (Nassis et al., 2009). Τέλος, ο συντελεστής μεταβλητότητας σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε ποδοσφαιριστές είναι 4.8% (Kemi et al., 2003).

Δοκιμασία του Bangsbo. Πρόκειται για ένα εξειδικευμένο για ποδοσφαιριστές τεστ το οποίο αναπτύχθηκε από τον Jens Bangsbo (Bangsbo, 1994). Στη διάρκεια των 16.5 λεπτών του τεστ, οι ποδοσφαιριστές εκτελούν 40 διαδρομές των 15 sec με τρέξιμο υψηλής έντασης διακοπτόμενες από 10 sec χαμηλής έντασης. Κατά τη διάρκεια των 15 sec υψηλής έντασης ο ποδοσφαιριστής τρέχει σε σχεδιασμένη διαδρομή στην περιοχή του πέναλτι. Στην ανάπαυλα των 10 sec, ο ποδοσφαιριστής επιστρέφει στον τελευταίο κώνο που έφτασε στην προηγούμενη υψηλής έντασης διαδρομή. Η συνολική απόσταση που διανύει ο ποδοσφαιριστής στις 40 διαδρομές υψηλής έντασης είναι η τελική επίδοση στο τεστ. Η επίδοση στη δοκιμασία του Bangsbo έχει υψηλή συσχέτιση με τη $VO_2\max$ σε 17 χρονους ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου ($r= 0.75$, $P< 0.001$, Chamari et al., 2004). Σε ενήλικες ποδοσφαιριστές δεν υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία. Φαίνεται όμως ότι η δοκιμασία δε σχετίζεται με την επίδοση στο παλίνδρομο τεστ αντοχής σε ενήλικους ποδοσφαιριστές (Nassis et al., 2009).

Προσδιορισμός αναερόβιου κατωφλιού. Το αναερόβιο κατώφλι ορίζεται ως η ένταση της άσκησης, καρδια-

κή συχνότητα ή πρόσληψη οξυγόνου στην οποία ο ρυθμός παραγωγής γαλακτικού από τον μυ εξισορροπείται από το ρυθμό απομάκρυνσής του από την αιματική κυκλοφορία. Η αξιολόγηση του αναερόβιου κατωφλιού γίνεται με διάφορες μεθόδους χρησιμοποιώντας αιμοληψία ή και χωρίς αυτή (αναπνευστικό κατώφλι). Το αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι προσδιορίζεται από την απότομη αλλαγή ορισμένων αναπνευστικών παραμέτρων. Το γαλακτικό αναερόβιο κατώφλι ορίζεται ως την απότομη αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Αρκετοί ερευνητές χρησιμοποιούν την ένταση της άσκησης που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού ίση με 4 mmol/l για τον προσδιορισμό του αναερόβιου κατωφλιού (OBLA, Kalapotharakos et al., 2006). Όποια μέθοδος κι αν χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του αναερόβιου κατωφλιού, αυτή θα πρέπει να παραμένει η ίδια σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για τον ίδιο ποδοσφαιριστή (Tokmakidis et al., 1998). Αν και το αναερόβιο κατώφλι σχετίζεται πιο ισχυρά και ανεξάρτητα από τη $\dot{V}O_{2max}$ με την επίδοση σε αγωνίσματα αντοχής δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με τη συσχέτισή του με την απόδοση σε ποδοσφαιρικό αγώνα. Εικάζεται πάντως ότι η ταχύτητα στο αναερόβιο κατώφλι σχετίζεται με την απόδοση στον ποδοσφαιρικό αγώνα αν κι αυτό παραμένει αδιευκρίνιστο (Stolen et al., 2005).

Αξιολόγηση αναερόβιας ικανότητας

Ισχύς. Η αναερόβια ισχύς αξιολογείται με διάφορες δοκιμασίες όπως το τεστ Wingate στο κυκλοεργόμετρο, η δοκιμασία τρεξίματος στο δαπεδοεργόμετρο, το κατακόρυφο και το οριζόντιο άλμα χωρίς φορά. Συγκεκριμένα, η δοκιμασία Wingate είναι ένα αναερόβιο τεστ που χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της μέγιστης και μέσης αναερόβιας ισχύος καθώς και του δείκτη κόπωσης (Bar-Or, 1987, Meckel et al., 2009). Στο Wingate, ο ποδοσφαιριστής ποδηλατεί με μέγιστη ένταση για 30 sec με αντίσταση στον τροχό ίση με 7.5% του σωματικού βάρους. Ο έλεγχος της εγκυρότητας της δοκιμασίας δεν μπορεί να γίνει εφόσον δεν υπάρχει δοκιμασία αναφοράς για την αξιολόγηση της αναερόβιας ισχύος. Η μέγιστη ισχύς στο τεστ αυτό έχει υψηλή συσχέτιση με την επίδοση στα 50m ($r = -0.91$, Jacobs et al., 1983) αν και τα στοιχεία αυτά δεν αναφέρονται σε ποδοσφαιριστές. Η διακύμανση της επίδοσης στη δοκιμασία είναι η φυσιολογική ημερήσια διακύμανση 5-6% (Vandewalle et al., 1987). Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις είναι υψηλός ($r = 0.95-0.98$, Jacobs et al., 1983). Τα κύρια επιχειρήματα για τη μειωμένη χρησιμότητα της δοκιμασίας Wingate σε ποδοσφαιριστές είναι ότι: α) το κινητικό πρότυπο απέχει από την κίνηση στο ποδόσφαιρο, και β) η φύση του τεστ, συνεχόμενη άσκηση για 30 sec, δεν προσομοιάζει το ποδόσφαιρο. Τα στοιχεία αυτά μειώνουν την αξία της συγκεκριμένης δοκιμασίας στην αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης του ποδοσφαιριστή. Ενδεικτικά, 33 υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές εκτέλεσαν το Wingate τεστ και επαναλαμβανόμενα σπριντ (Meckel et al., 2009). Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν καμία συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης ισχύος στο Wingate και της επίδοσης σε ένα

σπριντ ή μεταξύ του δείκτη κόπωσης στο Wingate και αυτού στα επαναλαμβανόμενα σπριντ (Meckel et al., 2009).

Στο οριζόντιο άλμα ο ποδοσφαιριστής στέκεται πίσω από τη γραμμή απογείωσης με τα πόδια μαζί. Λυγίζει τα γόνατα, αιωρεί τα χέρια προς τα πίσω και ωθεί προς τα εμπρός όσο πιο μακριά μπορεί (Κλεισούρας 1991). Το κατακόρυφο άλμα εκτελείται με ή και χωρίς την αιώρηση των χεριών πριν την απογείωση. Για την εξομάλυνση του παράγοντα του σωματικού βάρους, υπολογίζεται η ισχύς με βάση την επίδοση στο κατακόρυφο άλμα και το σωματικό βάρος. Η αξιοπιστία της δοκιμασίας είναι υψηλή με συντελεστή συσχέτιση $r = 0.93-0.97$ σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Adams and Beam, 2008).

Τεστ ισορροπίας. Οι δοκιμασίες αφορούν τη στατική και τη δυναμική ισορροπία. Για την αξιολόγηση της στατικής ισορροπίας, ο ποδοσφαιριστής ισορροπεί στη μύτη του ενός ποδιού ενώ το αιωρούμενο πόδι βρίσκεται σε κάμψη 90 μοιρών στο γόνατος και σε επαφή με το πόδι στήριξης (Stork test, Anderson et al., 2000 in Reiman and Manske, 2009). Μετά την εξοικείωση γίνονται 3 προσπάθειες και καταγράφεται ο χρόνος της μονοποδικής στήριξης. Η αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας γίνεται με τη δοκιμασία Bass, όπου αξιολογείται η ικανότητα του αθλητή να προσγειώνεται και να ισορροπεί με το ένα πόδι πηδώντας από τον ένα προσχεδιασμένο κύκλο στον άλλο μέχρι να συμπληρώσει 20 κύκλους (Reiman and Manske, 2009).

Τεστ ταχύτητας. Τα πιο συνηθισμένα τεστ είναι αυτά των 5-30 m από στατική εκκίνηση. Αρκετές έρευνες δε δείχνουν διαφορά στην επίδοση των 30m σε διαφορετικού επιπέδου ποδοσφαιριστές (Cometti et al., 2001, Rampinini et al., 2009b). Σε μία από αυτές, μετρήθηκε η επίδοση στα 10 και 30m σε επαγγελματίες Α και Β κατηγορίας της Γαλλίας και σε ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές (Cometti et al., 2001). Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν διαφορά στα 30 m ανάμεσα στις 3 ομάδες. Αντίθετα, στα 10m οι ποδοσφαιριστές της Α και Β κατηγορίας είχαν ταχύτερο χρόνο σε σχέση με τους ερασιτέχνες, χωρίς όμως να διαφέρουν μεταξύ τους. Φαίνεται ότι ο δρόμος των 10m από στατική εκκίνηση μπορεί να διακρίνει τους υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές από τους υπόλοιπους (Cometti et al., 2001). Πάντως, πιο ρεαλιστικό σενάριο είναι η αξιολόγηση της ταχύτητας ενώ ο ποδοσφαιριστής ξεκινά από κίνηση (flying start) αφού κάτι τέτοιο προσομοιάζει τον αγώνα και την προπόνηση.

Τεστ ταχύτητας με αλλαγές κατεύθυνσης. Η δρομική ταχύτητα με αλλαγή κατεύθυνσης είναι μία σπουδαία παράμετρος στον ποδοσφαιριστή ο οποίος εκτελεί πολλές αλλαγές κατεύθυνσης με ταχύτητα στην προπόνηση και στον αγώνα. Υπάρχουν αρκετά τεστ για την αξιολόγηση αυτής της ικανότητας. Παρακάτω αναφέρονται δύο από αυτά: το T-test και το τεστ του Illinois.

Το T-test περιλαμβάνει σπριντ σε ευθεία 9.1 m και αλλαγή κατεύθυνσης 90 μοιρών, για 4.6m. Το τεστ γίνεται με αλλαγή κατεύθυνσης προς τα δεξιά και προς τα αριστερά. Η συγκεκριμένη δοκιμασία παρουσιάζει υψηλή αξιοπιστία (intra-class correlation coefficient = 0.94-0.98, Reiman and

Manske, 2009). Στο Illinois test ο ποδοσφαιριστής διανύει μία απόσταση 60 περίπου μέτρων, με αρκετές αλλαγές κατεύθυνσης, σε ένα χώρο 10 X 2,4 m. Οι αλλαγές στην κατεύθυνση προσδιορίζονται από διάφορους κώνους σε συγκεκριμένα σημεία (Reiman and Manske, 2009). Δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με την αξιοπιστία της δοκιμασίας.

Ικανότητα για επαναλαμβανόμενα σπριντ. Η ικανότητα αυτή αξιολογείται με διάφορα τεστ, κυριότερα των οποίων είναι: α) 10-12X20m (Meckel et al., 2009), β) 6X40m (Rampinini et al., 2007), και γ) 7X34.2m (Bangsbo test, Bangsbo 1994). Ο Rampinini και οι συνεργάτες (2007) εξέτασαν τη σχέση ανάμεσα στο τεστ με τα επαναλαμβανόμενα σπριντ και την απόδοση στον αγώνα όπως αξιολογήθηκε με αυτοματοποιημένο σύστημα. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στο μέσο χρόνο στα επαναλαμβανόμενα σπριντ και την απόσταση που κάλυψαν οι ποδοσφαιριστές σε πολύ υψηλή ένταση και σε σπριντ ($r = -0.60$ και -0.65 , αντίστοιχα, Rampinini et al., 2007).

Το τεστ του Bangsbo περιλαμβάνει 7 σπριντ των 34.2 m (30m με αλλαγή κατεύθυνσης πλευρικά για 5m στη διαδρομή μεταξύ 10 και 20 m) με διάλειμμα 25 sec. Η επίδοση εκτιμάται από διάφορους δείκτες, όπως α) τον καλύτερο χρόνο, β) το μέσο όρο των επιδόσεων στα 7 σπριντ, γ) το δείκτη κόπωσης, που υπολογίζεται από τον καλύτερο και τον χειρότερο χρόνο. Η δοκιμασία αυτή εκτιμά την αντοχή στην ταχύτητα, η οποία είναι μια σπουδαία παράμετρος στην απόδοση στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. Η αξιοπιστία της δοκιμασίας ελέγχθηκε από τους Wragg και συνεργάτες (2000). Επτά άνδρες ποδοσφαιριστές εκτέλεσαν το τεστ 6 φορές σε διαφορετικές ημέρες και ο συντελεστής μεταβλητότητας ήταν 1.82%. Η μόνη σημαντική διαφορά ήταν μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης ημέρας, γεγονός που τονίζει την ανάγκη για εξοικείωση των ποδοσφαιριστών με το τεστ (Wragg et al., 2000).

Ευκαμψία του κορμού και των οπίσθιων μηριαίων μυών. Η ευκαμψία του κορμού και των οπίσθιων μηριαίων μυών σχετίζεται πιθανά με τον κίνδυνο τραυματισμού, ειδικά των οπίσθιων μηριαίων μυών χωρίς αυτό να είναι πλήρως τεκμηριωμένο. Η ευκαμψία του κορμού εκτιμάται με τη δοκιμασία δίπλωσης από εδραία θέση. Ο ποδοσφαιριστής κάθεται στην εδραία θέση τοποθετώντας τα πόδια των ποδιών του (χωρίς παπούτσια) στην μία πλευρά ειδικής συσκευής. Κατόπιν, κάνει δίπλωση του κορμού εκτείνοντας ταυτόχρονα τα χέρια χωρίς να λυγίζουν τα γόνατα. Στη θέση της δίπλωσης παραμένει για ελάχιστα δευτερόλεπτα και καταγράφεται η απόσταση από τα δάκτυλα των ποδιών (Κλεισούρας, 1991).

Αξιολόγηση δύναμης. Η αξιολόγηση της δύναμης

των κάτω άκρων γίνεται είτε με ισοκινητική δυναμομέτρηση είτε με την εκτίμηση της μιας μέγιστης επανάληψης σε ασκήσεις όπως ημικάθισμα ή πρέσσα (leg press). Η ισοκινητική δυναμομέτρηση περιλαμβάνει τον υπολογισμό της μέγιστης ροπής κατά την έκταση και την κάμψη του γόνατος σε γωνιακές ταχύτητες από 60 έως 300 μοίρες ανά sec. Οι τιμές για τη μέγιστη ροπή κατά την έκταση του γόνατος είναι 225 Nm στις 60 μοίρες και 120 Nm στις 300 μοίρες ανά sec για ενήλικες ποδοσφαιριστές Α εθνικής κατηγορίας του Βελγίου και της Γαλλίας, αντίστοιχα (Lehance et al., 2009, Cometti et al., 2001). Ο συντελεστής συσχέτισης για τη μέγιστη ροπή σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις κυμαίνεται από 0.80-0.99 και εξαρτάται από τη γωνιακή ταχύτητα και τη συσκευή δυναμομέτρησης (Adams and Beam, 2008).

Στο ημικάθισμα, ποδοσφαιριστές Α εθνικής κατηγορίας σηκώνουν 135-172 κιλά (Wisloff et al., 2004) ή >2.1 φορές το σωματικό τους βάρος (Stolen et al., 2005). Η αναμενόμενη τιμή για τις πιέσεις στήθους στον πάγκο είναι >1.4 φορές το σωματικό βάρος.

Κριτική προσέγγιση των εργομετρήσεων

Ο σκοπός των εργομετρήσεων είναι πολλαπλός: α) να αξιολογήσει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε ποδοσφαιριστή, β) να εντοπίσει την πρόοδο σε κάθε μία από τις εξεταζόμενες παραμέτρους, γ) να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του προπονητικού προγράμματος, και δ) να προβλέψει, πιθανά, την βραχυπρόθεσμη απόδοση του ποδοσφαιριστή στον αγώνα. Αναφορικά με το τελευταίο σημείο υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία στη βιβλιογραφία και τούτο οφείλεται στο ότι είναι πολύ δύσκολο να αξιολογηθεί η απόδοση του ποδοσφαιριστή στον αγώνα. Πάντως από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι η πλειοψηφία των δοκιμασιών είτε γίνεται στο εργαστήριο είτε αφορά κινητικό πρότυπο που απέχει από τις πραγματικές συνθήκες (πχ Wingate test). Το γεγονός αυτό καθιστά τις πληροφορίες από αυτές τις δοκιμασίες επισφαλής. Για παράδειγμα, ενδέχεται ένας ποδοσφαιριστής να επιτυγχάνει υψηλή ισχύ στο εργομετρικό ποδήλατο κατά τη διάρκεια του τεστ Wingate και σχετικά χαμηλή τιμή στη δοκιμασία ταχύτητας με αλλαγές κατεύθυνσης (Illinois test) ή τα επαναλαμβανόμενα σπριντ που αφορούν σημαντικές παραμέτρους στο ποδόσφαιρο αφού ο ποδοσφαιριστής εκτελεί επαναλαμβανόμενες ενέργειες υψηλής έντασης και σπριντ με γρήγορες αλλαγές στην κατεύθυνση. Από το παραπάνω παράδειγμα, που είναι ένα ενδεικτικό, φαίνεται ότι η αξιολόγηση του ποδοσφαιριστή δεν πρέπει να βασίζεται μόνο στις εργαστηριακές μετρήσεις ειδικά όταν το κινητικό πρότυπο αυτών απέχει από τις πραγματικές συνθήκες.

Βιβλιογραφία

ADAMS GM and WC BEAM. *Exercise physiology laboratory manual*. Boston: McGraw Hill, 2008, p. 58, 81.
AZIZ AR, FHY TAN and TK CHUAN. The 20m multistage shuttle run test: reliability, sensitivity and its performance correlates in trained soccer

players. *Asian J Exerc Sports Science* 1: 1-7, 2005.
BANGSBO J, M MOHR and P KRUSTRUP. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football players. *J Sports Sci* 24: 665-674, 2006.

- BANGSBO J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand* 165: 337-345, 1994.
- BANGSBO J, TE GRAHAM, B KIENS and B SALTIN. Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man. *J Physiol* 451: 205-227, 1992a.
- BANGSBO J, L NORREGAARD and F THORSOE. The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *Int J Sports Med* 13: 152-157, 1992b.
- BAR-OR O. The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability, and validity. *Sports Med* 4:381-394, 1987.
- BLOOMFIELD J, R POLMAN, R BUTTERLY and P O'DONOGHUE. Analysis of age, stature, body mass, BMI and quality of elite soccer players from 4 European Leagues. *J Sports Med Phys Fitness* 45:58-67, 2005.
- BRADLEY PS, W SHELDON, B WOOSTER, P OLSEN, P BOANAS and P KRUSTRUP. High-intensity running in English FA premier league soccer matches. *J Sports Sci* 27: 159-168, 2009.
- CARLING C, J BLOOMFIELD, L NELSEN and T REILLY. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med* 38: 839-862, 2008.
- CHAMARI K, Y HACHANA, YB AHMED, O GALY, F SGHAIER, J-C CHATARD, O HUE and U WISLOFF. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Brit J Sports Med* 38:191-196, 2004.
- COMETTI G, NA MAFFIULETTI, M POUSSON, J-C CHATARD and N MAFFULLI. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med* 22:45-51, 2001.
- DISALVO V, W GREGSON, G ATKINSON, P TORDOFF and B DRUST. Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *Int J Sports Med* 29:1-8, 2008.
- DISALVO V, R BARON, H TSCHAN, FJ CALDERON MONTERO, N BACHL and F PIGOZZI. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28:222-227, 2007.
- EDWARDS AM, N CLARK and AM MACFADYEN. Lactate and ventilator thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *J Sports Sci & Med* 2:23-29, 2003.
- HILL-HAAS SV, AJ COUTTS, GJ ROWSELL and BT DAWSON. Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med* 30: 636-642, 2009.
- JACKSON AS and ML POLLOCK. Generalized equations for predicting body density of men. *Brit J Nutr* 40:497-504, 1978.
- JACOBS I, PA TESCH, O BAR-OR, J KARLSSON and R DOTAN. Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. *J Appl Physiol* 55: 365-367, 1983.
- KALAPOTHARAKOS V, N STRIMPAKOS, I VITHOULKA, C KARVOUNIDIS, K DIAMANTOPOULOS and E KAPRELI. Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *J Sports Med Phys Fitness* 46: 515-519, 2006.
- KEMI OJ, J HOFF, LC ENGEN, J HELGERUD and U WISLOFF. Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fitness* 43:139-144, 2003.
- ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ Β. *Εργομετρία*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία, 1991, σελ. 278-280.
- KRUSTRUP P, M MOHR, A STEENSBERG, J BENCKE, M KJAER, and J BANGSBO. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1-10, 2006.
- KRUSTRUP P, M MOHR, T AMSTRUP, T FYSGAARD, J JOHANSEN, A STEENSBERG, PK PEDERSEN and J BANGSBO. The Yo-Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 35:697-705, 2003.
- LEHANCE C, J BINET, T BURY and JL CROISIER. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 19:243-251, 2009.
- LEGER LA, D MERCIER, G GADOURY and J LAMBERT. The multistage 20 meter shuttle run for aerobic fitness. *J Sports Sci* 6:93-10, 1988.
- MECKEL Y, O MACHNAI and A ELIAKIM. Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 163-169, 2009.
- METAXAS T, T SENDELIDES, N KOUTLIANOS and K MANDROUKAS. Seasonal variation of aerobic performance in soccer players according to positional role. *J Sports Med Phys Fitness* 46:520-525, 2006.
- METAXAS TI, NA KOUTLIANOS, EJ KOUIDI and AP DELIGIANNIS. Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *J Strength Cond Res* 19: 79-84, 2005.
- MOHR M, P KRUSTRUP and J BANGSBO. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21: 519-528, 2003.
- NASSIS GP, ND GELADAS, Y SOLDATOS, A SOTIROPOULOS, V BEKRIS and A SOUGLIS. Relationship between the 20-m multistage shuttle run test and two soccer specific field tests for the assessment of aerobic fitness in adult semi-professional soccer players. *J Strength Cond Res Dec* 24[Epub ahead of print], 2009.
- NASSIS GP and LS SIDOSSIS. Methods for assessing body composition, cardiovascular and metabolic function in children and adolescents: implications for exercise studies. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 9: 560-567, 2006.
- NASSIS GP and ND GELADAS. Cardiac output decline in prolonged dynamic exercise is affected by the exercise mode. *Pflugers Arch* 445: 398-404, 2002a.
- NASSIS GP and ND GELADAS. Effect of water ingestion on cardiovascular and thermal responses to prolonged cycling and running in humans: a comparison. *Eur J Appl Physiol* 88: 227-234, 2002b.
- NASSIS GP and C WILLIAMS. The effect of a carbohydrate-electrolyte drink on endurance capacity during prolonged intermittent high intensity running. *Br J Sports Med* 32: 248-252, 1998.
- ΝΑΣΣΗΣ Γ και Ν ΓΕΛΑΔΑΣ. Ασκησιογενής υπερθερμία και αφυδάτωση: παράγοντες κόπωσης και πρακτικές συμβουλές πρόληψης αυτών. *Ιατρική* 87: 115-123, 2005.
- ΝΑΣΣΗΣ Γ. Η διατροφή στις αθλοπαιδιές: κριτική ανάλυση της βιβλιογραφίας. *Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός* 58: 25-39, 2005.
- RAMPININI E, FM IMPELLIZZERI, C CASTAGNA, AJ COUTTS and U WISLOFF. Technical performance during soccer matches of the Italian serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport* 12: 227-233, 2009a
- RAMPININI E, A SASSI, A MORELLI, S MAZZONI, M FANCHINI and AJ COUTTS. Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab* 34: 1-7, 2009b.
- RAMPININI E, D BISHOP, SM MARCORA, D FERRARI BRAVO, R SASSI and FM IMPELLIZZERI. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med* 28: 228-235, 2007.
- RAMPININI E, AJ COUTTS, C CASTAGNA, R SASSI and FM IMPELLIZZERI. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 28:1018-1024, 2007b
- RAMSBOTTOM R, J BREWER and C WILLIAMS. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med* 22:141-144, 1988.
- REILLY T and V THOMAS. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum Mov Stud* 2:87-97, 1976.
- REIMAN MP and RC MANSKE. Functional testing in human performance. Champaign: *Human Kinetics*, 2009, p. 105, 115, 192, 199.
- STOLEN T, K CHAMARI, C CASTAGNA and U WISLOFF. Physiology of soccer: An update. *Sports Med* 35:501-536, 2005.
- SUTTON L, M SCOTT, WALLACE J and T REILLY. Body composition of English premier league soccer players: influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci* 27: 1019-1026, 2009.
- TOKMAKIDIS SP, L LEGER and TC PHLIANIDIS. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur J Appl Physiol* 77:333-342, 1998.
- VANDEWALLE H, G PERES and H MONOD. Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med* 4:268-289, 1987.
- WISLOFF U, C CASTAGNA, J HELGERUD, R JONES and J HOFF. Maximal squat strength is strongly correlated to sprint performance in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38:285-288, 2004.
- WRAGG CB, NS MAXWELL and JH DOUST. Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol* 83: 77-83, 2000.

Φυσιολογικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά των αθλητών στην καλαθοσφαίριση

Νίκος Αποστολίδης

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

Περίληψη

ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ Ν. Φυσιολογικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά των αθλητών στην καλαθοσφαίριση. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 40-49. Η καλαθοσφαίριση χαρακτηρίζεται ως ένα άθλημα υψηλών φυσιολογικών, τεχνικών και τακτικών απαιτήσεων, επομένως η καταγραφή αφ' ενός και η βελτιστοποίηση αυτών των παραμέτρων αφ' εταίρου, αποτελεί κυρίαρχο στόχο της προπονητικής προετοιμασίας των αθλητών. Η ανασκόπηση αυτή έχει σκοπό να καταγράψει (α) τις φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος, (β) τις δοκιμασίες αξιολόγησης των φυσιολογικών παραμέτρων στο εργαστήριο και στο γήπεδο, καθώς και να αναδείξει με βάση τη βιβλιογραφία αυτή, τρόπους προπόνησης και αξιολόγησης αυτών των παραμέτρων με ευκολότερους τρόπους στο γήπεδο. Το άθλημα της καλαθοσφαίρισης χαρακτηρίζεται από προσπάθειες υψηλής έντασης (15%), υπομέγιστης και μέτριας έντασης (60%) και χαμηλής έντασης ή ενεργητική ανάπαυση (25%). Συνολικά κατά τη διάρκεια του αγώνα οι αθλητές καλύπτουν διαλειμματικά 4,5-5 km, ενώ το 75% του καθαρού αγωνιστικού χρόνου καλύπτεται από προσπάθειες έντασης >85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Οι υψηλού επιπέδου αθλητές στην καλαθοσφαίριση παρουσιάζουν σχετικά υψηλή αερόβια ικανότητα ($\approx 55 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), μέτρια αναερόβια ισχύ ($\approx 13 \text{ w} \cdot \text{kg}^{-1}$) και σχετικά υψηλό αναερόβιο κατώφλι ($\approx 75\% \text{ VO}_2\text{max}$). Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από μεγάλο σωματικό ανάστημα ($\approx 2\text{m}$) και σωματικό βάρος ($\approx 98\text{kg}$) και σχετικά μικρό ποσοστό σε λίπος ($\approx 11\%$) συγκριτικά με άλλες αθλοπαιδιές. Τα υψηλού επιπέδου φυσικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά, σε συνάρτηση με τις τεχνικοτακτικές και ψυχοπνευματικές τους ικανότητες, είναι αυτά που επηρεάζουν το αγωνιστικό αποτέλεσμα. Επομένως, η συνολική επίδοση όλων των χαρακτηριστικών τους πρέπει να αξιολογείται κατά περιόδους, ώστε να ελέγχεται η αγωνιστική τους κατάσταση με σκοπό τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.

Λέξεις κλειδιά: ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η καλαθοσφαίριση είναι ένα άθλημα ευρέως διαδεδомένο παγκοσμίως αλλά και στη χώρα μας που, τις τελευταίες δεκαετίες προσελκύει πολλούς νέους αθλητές και έχει δώσει επιτυχίες σε εθνικό και συλλογικό επίπεδο. Είναι ένα δυναμικό άθλημα με υψηλές τεχνικές, τακτικές, ψυχοπνευματικές και φυσιολογικές απαιτήσεις. Κατά τη διάρκεια του 40λεπτου αγώνα οι αθλητές καλύπτουν 4,5-5km απόστασης με διαφορετικές μεταποπίσεις όπως τρέξιμο, τρέξιμο με μπάλα (ντρίπλα), γλίστρημα, όλα σε διαφορετικές ταχύτητες, όπως και άλματα (Crisafulli et al 2002), ενώ υποστηρίζεται ότι, κατά την εκτέλεση αυτών των κινήσεων στη διάρκεια του αγώνα, εμπλέκονται και τα δύο μεταβολικά συστήματα (Ciuti et al 2002). Αναφορικά με τις φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος φαίνεται ότι, οι αθλητές κατά τον αγώνα διατηρούν μεγάλη καρδιακή συχνότητα, αλλά και υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα (Mc Innes et al 1995), δείχνοντας ότι οι εκρηκτικές και μεγάλης ακρίβειας προσπάθειες εκτέλεσης της τεχνικής όπως σουτ, πάσα, ντρίπλα κλπ., οι δυναμικές

όπως διεκδίκηση μπάλας, σκρην κλπ, αλλά και η εφαρμογή της τακτικής όπως η γρήγορη μετάβαση από άμυνα σε επίθεση και αντίστροφα, είναι διαρκείς, επίπονες και ιδιαίτερα εξαντλητικές.

Πολλές ερευνητικές προσπάθειες εστίαστηκαν στις φυσιολογικές και μεταβολικές απαιτήσεις του αθλήματος αλλά διαμέσου διαφορετικών μεθόδων όπως, ερωτηματολόγιο (Latin et al., 1994, Berg & Latin 1995, Ainsworth et al 2000), εργαστηριακά τεστ (Gillam, 1985, Hoffman et al 1991, Hunter et al 1993, Tavino et al 1995, Caterisano et al 1997, La Monte et al 1999, Apostolidis et al 2004) και τεστ στο γήπεδο, τα οποία περιλαμβάνουν κινήσεις προσομοιωμένες με αυτές της τεχνικής του αθλήματος, καθώς και ανάλυση κινήσεων κατά τη διάρκεια του αγώνα (Hoffman et al 1999, Crisafulli et al 2002, Apostolidis et al 2004). Ακόμη, αρκετές μελέτες εστίαστηκαν στη μέτρηση φυσιολογικών χαρακτηριστικών όπως, καρδιακούς παλμούς και συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, σε πραγματικό αγωνιστικό χρόνο (McInnes et al 1995, Taylor 2003, 2004, Abdelkrim et al 2006) και οι οποίες ανέδειξαν τις σχετικά υψηλές φυσιολογικές απαιτήσεις της καλαθοσφαίρισης, όπως αποδεικνύεται και από τις υψηλές τιμές συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στο αίμα, καθώς και από τη διατήρησης μεγάλης καρδιακής συχνότητας σε μεγάλο αγωνιστικό χρόνο, παρά το

Επικοινωνία

Αποστολίδης Ν: napost@phed.uoa.gr

γεγονός ότι, οι προσπάθειες μέγιστης έντασης αντιστοιχούν σε μικρή αναλογία του συνολικού χρόνου του αγώνα (McInnes et al 1995, Rodriguez-Alonso et al 2003, Abdelkrim et al 2006).

Επιπλέον φαίνεται ότι, οι αθλητές υψηλού επιπέδου παρουσιάζουν καλύτερα φυσιολογικά χαρακτηριστικά συγκριτικά με αυτούς που αγωνίζονται σε χαμηλότερο επίπεδο (Apostolidis et al 2004, Mc Innes et al 1995, Par et al 1996), επομένως η βελτίωση των φυσιολογικών παραμέτρων του καλαθοσφαιριστή αποτελεί προϋπόθεση για την ατομική του βελτίωση και ανοδική του πορεία.

Παρά το μεγάλο αριθμό μελετών και ευρημάτων σχετικά με τις φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος, ειδικά σε ότι αφορά τη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού σε αγωνιστικές συνθήκες, η έρευνα είναι περιορισμένη (Ciuti et al 1996, Crisafulli et al 2002, Rodriguez-Alonso et al 2003). Δεν υπάρχει δηλαδή γνώση σχετικά με την άμεση μέτρηση της πρόσληψης οξυγόνου κατά τον αγώνα και παρόλο που η έρευνα για τον υπολογισμό της αερόβιας ικανότητας διαμέσου της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια του αγώνα είναι άφθονη, δεν θεωρείται ως απόλυτα αξιόπιστος δείκτης λόγω των ακραίας έντασης πολλών κινήσεων και της μεγάλης αυξομείωσης της καρδιακής συχνότητας (Paterson 1979, Tumity, 1993). Για να βελτιωθεί λοιπόν η ποιότητα, ενδεχομένως και η ποσότητα της προπόνησης, αλλά και να δοθούν ακριβείς οδηγίες αναφορικά με τις διατροφικές ανάγκες των καλαθοσφαιριστών, θα ήταν πολύ χρήσιμος ο άμεσος τρόπος προσδιορισμού της πρόσληψης οξυγόνου κατά τον αγώνα.

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να καταγράψει τα ευρήματα κυρίως της πρόσφατης βιβλιογραφίας σε ότι αφορά, τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των καλαθοσφαιριστών, πως αυτά αξιολογούνται στο εργαστήριο και στο γήπεδο, καθώς και σε ότι αφορά την αυξομείωση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια των αγώνων.

Ειδικά χαρακτηριστικά της καλαθοσφαίρισης

Σε ένα 40-λεπτο (καθαρού χρόνου) αγώνα καλαθοσφαίρισης, οι αθλητές καλύπτουν συνολική απόσταση 4.500-5.000 μέτρων εκτελώντας πολλών ειδών κινήσεις με ή χωρίς μπάλα όπως, τρέξιμο, γλίστρημα, τρέξιμο με μπάλα (όλα με διαφορετικές ταχύτητες), καθώς και άλματα (Crisafulli et al 2002), ενώ οι κινήσεις αυτές εναλλάσσονται κάθε 2sec (McInnes et al 1995). Το 15-16% περίπου του συνολικού χρόνου καλύπτεται από κινήσεις μέγιστης έντασης, ενώ το 60% από κινήσεις μέτριας και χαμηλής έντασης (McInnes et al 1995). Ο Abdelkrim & συν. (2006) σε παρόμοια έρευνα επιβεβαίωσε αυτά τα αποτελέσματα, ενώ αναλυτικότερα υποστήριξε ότι, από τις κινήσεις μέγιστης έντασης (16.1%), το 8.8% του χρόνου δαπανάται σε δραστηριότητες όπως σουτ, διεκδίκηση μπάλας, μεταβίβαση, ντρίπλα, σκρην και αντιμετώπιση σκρην, αμυντικό γλίστρημα κλπ. το 5.3% σε ταχύτητες και 2.1% σε άλματα. Από τις κινήσεις μέτριας έντασης (28.1%) το 10.4% αφορά τρέξιμο και το 17.7% άλλες κινήσεις μεσαίας έντασης, από τις κινήσεις χαμηλής έντασης (25.8% του συνολικού χρόνου) το 11.6% αφορά

ελαφρύ τρέξιμο και το 14.2% άλλες κινήσεις χαμηλής έντασης, ενώ σχετικά με την περίοδο αποκατάστασης (29.9%) το 14.4% αφορά περπάτημα και το 15.5% στάση. Κατά μέσο όρο στον αγώνα εκτελούνται 55±11 σπριντ, 94±16 κινήσεις υψηλής έντασης, 44±7 άλματα, 97±14 δρομικές και 197±33 κινήσεις μέτριας έντασης, 113±8 δρομικές και 175±10 κινήσεις χαμηλής έντασης, 129±10 φορές περπάτημα και 147±11 φορές στάση (πίνακας 4). Επομένως, η καλαθοσφαίριση μπορεί να χαρακτηριστεί ως εναλλασσόμενο ή διαλειμματικό ή μικτό άθλημα.

Φυσικά χαρακτηριστικά. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των καλαθοσφαιριστών, αποτελούν κρίσιμο προσδιοριστικό παράγοντα της απόδοσης. Οι πιο κρίσιμες φάσεις που αφορούν τεχνική ή και τακτική κατά τη διάρκεια του αγώνα (σουτ, διεκδίκηση μπάλας, κόψιμο ή αλλοιώσεις των σουτ), εξελίσσονται σε μεγάλο ύψος, κυρίως κοντά στο καλάθι και περί το ύψος του καλάθιού ή και πάνω από αυτό ($\geq 3.05m$). Επομένως, χαρακτηριστικά όπως το σωματικό ανάστημα, το άνοιγμα των χεριών και το ύψος των χεριών, αποτελούν σημαντικό πλεονέκτημα και για αυτό το λόγο η καλαθοσφαίριση προσελκύει αθλητές με αυξημένα φυσικά χαρακτηριστικά, τα οποία αρκετοί ερευνητές κατέγραψαν. Πρέπει βεβαίως να σημειωθεί ότι, η παρατηρούμενη μεγάλη διασπορά σχετικά με το σωματικό ανάστημα και το βάρος των αθλητών οφείλεται στη διαφορετικότητα των αγωνιστικών θέσεων, όπου οι περιφερειακοί υπολείπονται σε σωματικό ανάστημα και βάρος των κεντρικών, λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων κάθε θέσης (πίνακας 1). Ειδικά για το σωματικό ανάστημα φαίνεται ότι οι ομάδες υψηλού επιπέδου (κυρίως εθνικές ομάδες) παρουσιάζουν μέση τιμή περί τα δύο μέτρα. Ωστόσο, μια σημαντική παράμετρος των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των καλαθοσφαιριστών που αφορά στο άνοιγμα και το ύψος των άνω άκρων, δεν συνηθίζεται να μετράται από τους ερευνητές. Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι ιδιαίτερης σημασίας για τον καλαθοσφαιριστή διότι, τα μεγάλα άνω άκρα βοηθούν στον καλύτερο χειρισμό και έλεγχο της μπάλας (ντρίπλα, μεταβίβαση), ενώ παίζουν καθοριστικό ρόλο σε δεξιότητες όπως το σουτ, το κόψιμο και αλλοιώσεις των σουτ αντιπάλων, καθώς και στη διεκδίκηση της μπάλας κάτω από τα καλάθια.

Αναφορικά με τη σύσταση του σώματος των καλαθοσφαιριστών, το ποσοστό λίπους κυμαίνεται σε μέτρια επίπεδα ($\approx 11\%$) και παρουσιάζεται σχετικά μικρότερο με αυτό των αθλητών άλλων αθλοπαιδιών.

Αερόβια ικανότητα. Είναι η ικανότητα του οργανισμού να δεσμεύει μεγάλες ποσότητες οξυγόνου και να το μεταφέρει διαμέσου της αιμοσφαιρίνης στους μυϊκούς ιστούς και να το χρησιμοποιεί, ενώ ταυτόχρονα η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου θεωρείται ως η καλύτερη μέθοδος μέτρησης της μέγιστης καρδιαναπνευστικής ικανότητας. Ο μηχανισμός αυτός ενεργοποιείται όταν το άτομο δραστηριοποιείται σε υπομέγιστες και παρατεταμένες προσπάθειες και είναι πολύ σημαντικός δείκτης της βιολογικής ικανότητας του αθλητή (Κλεισούρας, 1989). Επομένως η αερόβια ικανότητα μπορεί να ορίζεται ως η σχετική ένταση

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά καλαθοσφαιριστών.

Συγγραφείς	Ηλικία (έτη)	Φύλο	Ύψους (cm)	Βάρος (kg)	Λίπος (%)	N
Abdelkrim	18.3±0.5	A	189 ±0.05	80.3±6.7	8.2±5.6	38
Mc Innez	23.5±3.2	A	191±10.2	90.8±11.8		8
Narazaki	20.8±1	A	192.4±11.7	91.9±17.4	9.7±5.9	6
		Θ	174.2±9	66.9±5.8	19.8±4.5	6
Ostojic	23.4±3.5	A	199.5±8.2	96.5±11.2	11.5±4.6	60
Castagna	16.8±1.2	A	181.3±5.7	73±10		18
Saket	24.1±4.8	A	196.4±8.9	93.1±13.2	12.6±3.1	58
Apostolidis	18.5±0.14	A	199.5±1.73	95.5±2.44	11.4±0.5	13
Smith	21.6±1.8	Θ	181.8±6			29
Hoffman	19±1.7	A	194.2±6	88.4	12.9±3.1	20
Gocentas	24.73±3.83	A	197.64±9.74	96.17±12.31		33

που μπορεί να διατηρείται σε μεγάλο χρόνο ή ως η ανώτατη ένταση που μπορεί να διατηρείται σε ορισμένο χρόνο (Bosquet et al 2002). Παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με την καρδιαναπνευστική ικανότητα, αλλά και με τη μυϊκή αντοχή, που είναι η ικανότητα διατήρησης ενός ποσοστού της μέγιστης βουλητικής συστολής μιας μυϊκής ομάδας σε παρατεταμένο χρόνο. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η αερόβια ικανότητα ενός αθλητή, τόσο μεγαλύτερο έργο μπορεί να παράγει (Rosell & Saltin 1973). Η αερόβια ικανότητα υπολογίζεται δια της μέγιστης πρόσληψης του οξυγόνου (VO_{2max}) και εκφράζεται σε απόλυτες τιμές με λίτρα ανά λεπτό (L/min) ή σε σχετικές, με χιλιοστόλιτρα ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους, ανά λεπτό ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).

Η αερόβια ικανότητα των καλαθοσφαιριστών έχει μετρηθεί διεξοδικά, κυρίως σε σχετικές τιμές λόγω της μεγάλης διασποράς στη σωματική δομή των αθλητών. Επειδή δηλαδή σε σχετικές τιμές φαίνεται ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις οι μεγαλόσωμοι καλαθοσφαιριστές, παρουσιάζουν μεγαλύτερη αερόβια ικανότητα από τους μικρόσωμους, οι μετρήσεις γίνονται σε τιμές σχετικές με το σωματικό βάρος.

Στις περισσότερες έρευνες η μέση τιμή για τους καλαθοσφαιριστές κυμαίνεται από $50-60 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (πίνακας 2) και είναι περίπου στα ίδια επίπεδα με την αερόβια ικανότητα αθλητών άλλων ομαδικών αθλημάτων, όπως της πετοσφαίρισης, ποδοσφαίρισης, χειροσφαίρισης και αντισφαίρισης (Tokmakidis et al 1986), ενώ κάποιες έρευνες

Πίνακας 2. Αερόβια ικανότητα καλαθοσφαιριστών υψηλού επιπέδου της πρόσφατης βιβλιογραφίας.

Συγγραφείς	Μέθοδος	Πλήθος	Ηλικία (έτη)	Επίπεδο	VO_{2max} $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
Noffman et al (1999)	Treadmill	20	19±1.7	Εθν. Ομάδα νέων Ισραήλ	50.2±3.8
Ostojic (2006)	Estimated	60	23.4±3.5	Σέρβοι ελίτ	49.8±4.9
Nazaraki (2008)	Treadmill	12 (6+6)	20.4±1.1	NCAA devII	50.3±5.9
Sallet (2005)	Treadmill	58 (33+25)	24.1	Γάλλοι I+II κατηγ.	54.9±7.2
Castagna (2007)	Estimated 15 m Shuttle sprint	18	16.8±1.2	Ιταλική λίγκα	59.6±6.9
Apostolidis (2004)	Treadmill	13	18.5 ±0.14	Έφηβοι διεθνείς	51.7±1.3
Abdelkrim (2007)	Shuttle run 20 m	38	18.3±0.5	Νέοι ελίτ	52.8±2.4
Crisafulli (2002)	K4	8	22±3.99	A2 Ιταλίας	45.32±8.09
Balavanis (2003)	Cooper	21	22.4	Έλληνες	54-57
Cocentas (2005)	Treadmill	33	24.73	Ευρωπαϊοί ελίτ	50.25±7.83
Castagna (2008)		16	16.8		59.5±7.9

Πίνακας 3. Αναερόβια ικανότητα καλαθοσφαιριστών υψηλού επιπέδου σε μέγιστη μηχανική ισχύ και συγκέντρωση γαλακτικού οξέος.

Συγγραφείς	Μέγιστη ισχύς (w·kg ⁻¹)	Μέση ισχύς (w·kg ⁻¹)	Ηλικία (έτη)	N	Δείκτης Κόπωσης	Συγκέντρωση Γαλακτικού (mmol·L ⁻¹)
Apostolidis (2004)	10.7±0.4	8±0.2	18.5	13	49.5±20.4	11.1±1.6
Sallet (2005)	12.2±2.7		24.1	58	58.9	
Ostojic (2006)	16.4		23.4	60		
Balavanis (2003)	13.04		22.4	21		
Hoffman (1999)	14.4±1.7	9.1±1.2	19±1.7	20	59.5	>8
Delextrat (2008)	10	8	23.6±2.8	16 (8+8)	57.4±14.9(A) 47.2±15.1(Θ)	
Mc Innes (1995)						8.5±3.1
Adbelkrim (2007)						6.5±1.27
Nazaraki (2008)						4.2±1.3
Αναστασιάδης (1989)						9.41±1.83
Castagna (2008)						14.1±3.5 (παθ. ανάπαυση)
						13.2±2.9 (ενερ. ανάπαυση)
Castagna (2007)						14.2±3.1 (παθ. ανάπαυση)
						13.6±3.1 (ενερ. ανάπαυση)

παρουσιάζουν τιμές μεγαλύτερες και από 60 ml·kg⁻¹·min⁻¹, πλησιάζοντας τα επίπεδα αθλητών αερόβιων αθλημάτων (Soares et al 1986). Ωστόσο, οι τιμές αυτές μπορεί να προκύπτουν λόγω της διαφορετικής μεθόδου υπολογισμού της αερόβιας ικανότητας. Οι Coleman και συν. ανακοίνωσαν μέση τιμή 50.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Cabrera και συν. 50.4±5.6, ο Tokmakidis και συν. σε επίλεκτους Έλληνες καλαθοσφαιριστές 50.05±6.5 και ο Αναστασιάδης (1989) επίσης με δείγμα 31 επίλεκτους καλαθοσφαιριστές 51.67±3.95, ενώ ο Hoffman και συν. (1999), με Καναδούς καλαθοσφαιριστές υψηλού επιπέδου, ανέφερε παραπλήσιες τιμές (50.2±3.8 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Χαμηλότερες σχετικά τιμές παρατήρησαν ο Parr και συν. (1978), που βρήκαν τις προηγούμενες τιμές (50 ml·kg⁻¹·min⁻¹) στους συντονιστές, ενώ στους προωθημένους και κεντρικούς βρήκαν 45.9 και 41.9 ml·kg⁻¹·min⁻¹ αντίστοιχα. Αντίθετα, οι Parnat και συν. (1975), Withers και συνεργάτες (1977), Vaccaro και συν. (1979) και Soares και συν. (1986), ανακοίνωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές. Συγκεκριμένα, ο Parnat και συν. μέτρησαν Ρώσους καλαθοσφαιριστές και ανακοίνωσαν 55.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Withers και συν. Αυστραλιανούς καλαθοσφαιριστές και ανακοίνωσαν 58.5 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Vaccaro και συν. Αμερικανούς καλαθοσφαιριστές και ανακοίνωσαν 59.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ενώ ο Soares και συν. σε διεθνείς Βραζιλιάνους καλαθοσφαιριστές και ανακοίνωσαν 64.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Στην πιο πρόσφατη βιβλιογραφία οι τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα και συγκεκριμένα ο Sallet και συν. (2005) με 58 επίλεκτους 54,9±7,2 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Balavanis και συν. (2003) με 21 επίλεκτους 54-57 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Crisafulli και συν. (2002) με 8 Ιταλούς Α2 κατηγορίας και μετρήσεις με K4 ανέφερε 4532±8,19 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Gocentas

και συν. (2005) με 33 υψηλού επιπέδου Ευρωπαίους μέσης ηλικίας 24,73 ανέφεραν τιμές 50,25±7,83 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Apostolidis και συν. (2004) σε επίλεκτους έφηβους καλαθοσφαιριστές, ανέδειξε παραπλήσιες τιμές (51.7±1.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹), ο Ostojic και συν. (2006) με μεγάλο δείγμα (60 επίλεκτους) και μέθοδο υπολογισμού μέσω της καρδιακής συχνότητας ανέφερε 49,8±4,9 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Abdelkrim και συν. (2007) με 38 νεαρούς επίλεκτους 52,8±2,4 ml·kg⁻¹·min⁻¹, ο Castagna και συν. σε δύο διαδοχικές μελέτες (2007 & 2008) με δείγμα 17 και 16 επίλεκτους και μέθοδο παλίνδρομο τρέξιμο ανέφερε 59,6±6,9 και 59,5±7,9 ml·kg⁻¹·min⁻¹ αντίστοιχα και τέλος ο Nazaraki και συν. (2008) με 6 κολεγιακού επιπέδου αθλητές ανακοίνωσαν 50,3±5,9 ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Γενικά, η αερόβια ικανότητα των καλαθοσφαιριστών υψηλού επιπέδου κυμαίνεται από 50-60 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (πίνακας 2), ενώ κάποιες έρευνες παρουσιάζουν τιμές μεγαλύτερες και από 60 ml·kg⁻¹·min⁻¹, πλησιάζοντας τα επίπεδα αθλητών αερόβιων αθλημάτων. Ωστόσο, οι τιμές αυτές μπορεί να προκύπτουν λόγω της διαφορετικής μεθόδου μέτρησης της αερόβιας ικανότητας.

Μέτρηση αερόβιας ικανότητας

A. Εργαστηριακές μετρήσεις (laboratory test). Το δαπέδοεργόμετρο (treadmill) (ACSM, 1975) είναι η πλέον διαδεδομένη, έγκυρη και αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού της αερόβιας ικανότητας και όλων των συναφών παραμέτρων (μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, μέγιστη καρδιακή συχνότητα, αναπνευστικό κατώφλι κλπ.). Σύμφωνα με το πρώτο-

Πίνακας 4. Συχνότητα και διάρκεια κινήσεων κατά τον αγώνα (Abdelkrim et al 2006).

Μεταβλητές	Συχνότητα	Μέσος χρόνος (sec)	% πραγματικού χρόνου
Γρήγορες ταχύτητες	55 (11)	2,1(0,2)	5.3 (0.8)
Υψηλής δυσκολίας	94 (16)	2.0 (0.2)	8.8 (1)
Άλματα	44 (7)	1.0 (0.1)	2.1 (0.3)
Σύνολο υψηλ. έντασ.	193 (24)	1.8 (0.1)	16.1 (1.4)
Τρέξιμο	97 (14)	2.3 (0.3)	10.4 (0.8)
Μέτριας δυσκολίας	197 (33)	1.9 (0.2)	17.7 (2.5)
Σύνολο μέτριας	294 (40)	2.1 (0.2)	28.1 (2.3)
Χαλαρό τρέξιμο	113 (8)	2.2 (0.2)	11.6 (0.8)
Χαμηλής δυσκολίας	175 (10)	1.7 (0.1)	14.2 (1.0)
Σύνολο χαμ. έντασ.	288 (11)	1.9 (0.1)	25.8 (1.5)
Περπάτημα	129 (10)	2.4 (0.3)	14.4 (1.1)
Στάση	147 (11)	2.3 (0.2)	15.5 (1.2)
Σύνολο αποκατάστασης	275 (16)	2.3 (0.2)	29.9 (2)
Σύνολο των κινήσεων	1050 (51)		

κολλο, οι δοκιμαζόμενοι εκτελούν άσκηση με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση κάθε ένα λεπτό και μέχρι εξάντλησης. Πιο συγκεκριμένα, η αρχική ταχύτητα και κλίση του δαπεδοεργόμετρου είναι 12 km/h και 0% αντίστοιχα, ενώ η κλιμάκωση της κλίσης είναι 2.5% κάθε λεπτό. Η καρδιακή συχνότητα καταγράφεται στα τελευταία 20 sec κάθε λεπτού με τηλεμετρία (Sport Tester PE 3000, Finland). Η πρόσληψη οξυγόνου προσδιορίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας με το σύστημα εργοσπιρομετρίας CPX/D (Med Graphics, U.S.A.), το οποίο βαθμονομείται πριν από κάθε μέτρηση. Ως μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) ορίζεται η μέγιστη μέση τιμή των 30 sec στο τελευταίο στάδιο εργομέτρησης, εφ' όσον πληρούνται τα περισσότερα από τα παρακάτω κριτήρια: (α) σταθεροποίηση ή αύξηση μικρότερη από 150 ml/min στην πρόσληψη οξυγόνου με την αύξηση της επιβάρυνσης, (β) αναπνευστικό ηλικίο τουλάχιστον 1.10, (γ) καρδιακή συχνότητα μικρότερη από 10 beats/min από τη μέγιστη προβλεπόμενη για τη συγκεκριμένη ηλικία.

Β. Μετρήσεις γηπέδου (field test). Η δυσκολία δημιουργίας και χρήσης εργαστηριακών συνθηκών, οδήγησε στην αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας με προσομοιωμένες δοκιμασίες σε συνθήκες γηπέδου. Οι δύο πιο κύριες δοκιμασίες είναι αυτές του Cooper, (α) 12-λεπτο συνεχές τρέξιμο και μέτρηση της απόστασης που καλύπτει ο δοκιμαζόμενος και (β) δρόμος 2.400m. και χρονομέτρηση του δοκιμαζόμενου. Τελικά, ανατρέχοντας σε σχετικούς πίνακες, υπολογίζεται η αερόβια ικανότητα του δοκιμαζόμενου. Επειδή ωστόσο είναι σημαντικό η δοκιμασία να σχετίζεται με τη φύση του αθλήματος (διακοπτόμενο ή συνεχές), για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης, η πλέον δόκιμη αξιολόγηση της αερόβιας

ικανότητας θεωρείται το παλίνδρομο τρέξιμο. Συγκεκριμένα, το παλίνδρομο τρέξιμο 20m (Krustrup et al., 2003, Thomas et al 2006) είναι μια δοκιμασία αυξανόμενης έντασης, όπου οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να φθάνουν στο σημείο αλλαγής ταυτόχρονα με το ηχητικό σήμα. Η ένταση της άσκησης αυξάνει προοδευτικά κάθε δέκα διαδρομές και τελικά, ανάλογα με τα επίπεδα και τις διαδρομές που καλύπτει ο αθλητής και ανατρέχοντας σε αντίστοιχους πίνακες υπολογίζεται η αερόβια ικανότητα του αθλητή. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται και σε άλλες αθλοπαιδιές (ποδοσφαίριση, χειροσφαίριση), όπως στην αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης διαιτητών ομαδικών αθλημάτων.

Αναερόβιο κατώφλι. Το αναερόβιο κατώφλι αποτελεί βασική παράμετρο των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των καλαθοσφαιριστών είναι η ανώτατη ποσότητα οξυγόνου που μπορεί να καταναλώνει ο οργανισμός κατά την άσκηση, πριν αρχίσει η συστηματική συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα (Κλεισούρας 1979) και ορίζεται ως η απόκλιση της συγκέντρωσης CO_2 στον εκπνεόμενο αέρα, σε σχέση με την πρόσληψη οξυγόνου (Yoshida et al 1981). Το αναερόβιο κατώφλι προσδιορίζεται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας για τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου στο δαπεδοεργόμετρο, από τις αναπνευστικές παραμέτρους, ή από την συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα. Στην καλαθοσφαίριση ως διακοπτόμενο άθλημα (μικτό), είναι πολύ σημαντικό να μπορούν οι αθλητές να παράγουν το μεγαλύτερο δυνατό έργο, μόνο με τη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού, χωρίς δηλαδή την παραγωγή καματογόνων ουσιών. Για το σκοπό αυτό, ο σχεδιασμός της προπόνησης πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε

Πίνακας 4. Συχνότητα και διάρκεια κινήσεων κατά τον αγώνα (McInnes et al 1995).

Μεταβλητές	Συχνότητα	Μέσος χρόνος (sec)
Περπάτημα - στάση	295 (54)	2,5 (0.5)
Τζόκινγκ	99 (36)	2.5 (0.4)
Γρήγορο τρέξιμο	107 (27)	2.3 (0.4)
Σπριντ	105 (52)	1.7 (0.2)
Γλίστρημα	345 (110)	5.7 (0.3)
Άλματα	46 (12)	0.9 (0.1)
Σύνολο των κινήσεων	997 (183)	

οι εντάσεις (καρδιακή συχνότητα) να κυμαίνονται περί το αναερόβιο κατώφλι. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται αντίστοιχες προσαρμογές και έτσι, αν για παράδειγμα το κατώφλι του αθλητή ήταν στο 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, με την προπόνηση να ανέβει στο 85%. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι, σε κάποιον αθλητή που έχει 200 b/min ΜΚΣ, άρα κατώφλι στους 160 b/min, με τη βελτίωση θα ανεβάσει το κατώφλι στους 170 b/min, δηλαδή θα μπορεί να παράγει έργο μέχρι αυτή την καρδιακή συχνότητα, χωρίς να κουράζεται. Ο Apostolidis και συν. (2004), σε επίλεκτους έφηβους καλαθοσφαιριστές ανέφεραν αναερόβιο κατώφλι 77,6 % της VO_{2max} , ενώ οι Gocentas και συν. (2005), με δείγμα ευρωπαίους καλαθοσφαιριστές υψηλού επιπέδου μέσης ηλικίας 24,73 ετών, ανέφεραν κατώφλι στο 72% της VO_{2max} . Ομοίως οι Hoffman και συν. (1999), με δείγμα 20 καλαθοσφαιριστές μέσης ηλικίας 19 ετών, μέλη της εθνικής ομάδας νέων, ανέφεραν αναερόβιο κατώφλι στο 77% της VO_{2max} .

Αναερόβια ισχύς. Η αναερόβια ισχύς των καλαθοσφαιριστών αποτελεί βασική παράμετρο των φυσιολογικών τους χαρακτηριστικών και αυτό διότι οι περισσότερες από τις τεχνικές δεξιότητες, συνεργασίες, αλλά και δραστηριότητες της ομαδικής τακτικής, είναι σύντομες και ιδιαίτερα έντονες. Η ένταση αυτών των ενεργειών φτάνει σε τέτοιο βαθμό ώστε πολλοί ερευνητές να κατατάσσουν την καλαθοσφαίριση στα κατ' εξοχήν αναερόβια αθλήματα (Fox et al., 1974). Ωστόσο οι μέχρι τώρα έρευνες δεν καταδεικνύουν τη σημαντικότητα του αναερόβιου μεταβολισμού στην καλαθοσφαίριση, όπως αυτή εκφράζεται με τη μέγιστη ή μέση μυϊκή ισχύ και τον δείκτη κόπωσης. Ο Hoffman (1999), μέτρησε 20 έφηβους καλαθοσφαιριστές μέλη της εθνικής ομάδας των νέων του Ισραήλ, μέσης ηλικίας $19 \pm 1,7$ ετών στο κυκλοεργόμετρο και ανέφερε μέγιστη και μέση ισχύ $14,4 \pm 1,7$ w·kg⁻¹ και $9,1 \pm 1,2$ w·kg⁻¹ αντίστοιχα, ενώ ο δείκτης κόπωσης υπολογίστηκε στο 59,5%. Σε ανάλογη μελέτη ο Apostolidis και συν. (2004), με 13 έφηβους καλαθοσφαιριστές μέλη της Ελληνικής εθνικής ομάδας των νέων, μέσης ηλικίας 18,5 ετών, ανέφερε μέγιστη και μέση ισχύ $10,7 \pm 0,4$ w·kg⁻¹ και $8 \pm 0,2$ w·kg⁻¹ αντίστοιχα, ενώ

ο δείκτης κόπωσης υπολογίστηκε στο 49,5%. Ο Sallet και οι συν. (2005) με 58 ενήλικους (24,1 ετών) καλαθοσφαιριστές μέσου και υψηλού επιπέδου, ανέφεραν μέγιστη ισχύ $12,2 \pm 2,7$ w·kg⁻¹ και δείκτη κόπωσης 58,9%, ο Ostojic και συν. (2006) σε 60 υψηλού επιπέδου Σέρβους καλαθοσφαιριστές (23,4 ετών), ανέφεραν τη μεγαλύτερη τιμή μέγιστης ισχύος $P_{max} = 16,4$ w·kg⁻¹, ο Balavanis και συν. (2003) σε 21 επίσης υψηλού επιπέδου καλαθοσφαιριστές (22,4 ετών) ανέφεραν μέγιστη μηχανική ισχύ $13,04$ w·kg⁻¹ (πίνακας 3). Οι Deletrat & Cohen (2008), αφού χώρισαν 16 καλαθοσφαιριστές (23,6 ετών) σε δύο ομάδες (8+8) τις οποίες προετοίμασαν με διαφορετικές προπονητικές μεθόδους, αξιολόγησαν την αναερόβια ισχύ με το κυκλοεργόμετρο (wingate test) και ανέφεραν μέγιστη και μέση ισχύ παραπλήσια και για τις δύο ομάδες ($P_{max} \approx 10$ w·kg⁻¹ και $P_{mean} \approx 8$ w·kg⁻¹), αλλά διέφεραν ως προς τον δείκτη κόπωσης ($57,4 \pm 14,9\%$ και $47,2 \pm 15,1\%$) και πρότειναν τελικά μεθόδους προπόνησης που, οι ασκήσεις υψηλής έντασης δεν ξεπερνούν τα 30». Σε γενικές γραμμές, η αναερόβια ικανότητα των καλαθοσφαιριστών παρουσιάζεται μέτρια και γενικώς αναντίστοιχη με τις ενεργειακές απαιτήσεις του αθλήματος.

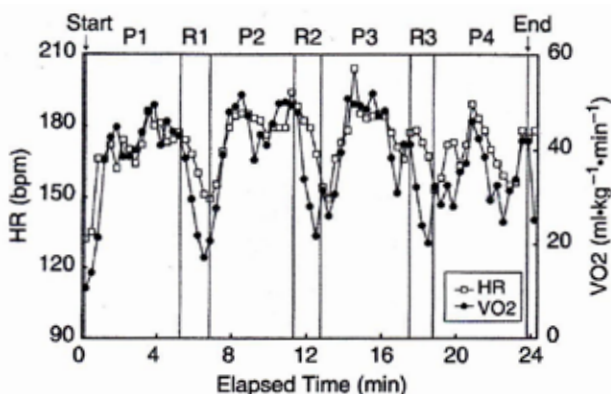
Όσον αφορά τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος κατά τη μέγιστη προσπάθεια, ο Apostolidis και συν. (2004) ανακοίνωσαν $11,1 \pm 1,6$ mmol·L⁻¹, ο Castagna και συν., σε δύο χρονικά κοντινές μελέτες (2007, 2008) ανέφεραν τιμές περί τα 14 mmol·L⁻¹, ο Hoffman και συν. (1999) τιμές μεγαλύτερες από 8 mmol·L⁻¹, ο Αναστασιάδης (1989) $9,41 \pm 1,83$ mmol·L⁻¹, ενώ ο McInnes και συν. (1995), Abdelkrim και συν. (2006), και Nazaraki και συν. (2008), ανακοίνωσαν τιμές $8,5 \pm 3,1$ mmol·L⁻¹, $6,5 \pm 1,27$ mmol·L⁻¹ και $4,2 \pm 1,3$ mmol·L⁻¹ αντίστοιχα, μετά από αγώνα (πίνακας 3).

Μετρήσεις αναερόβιας ισχύος

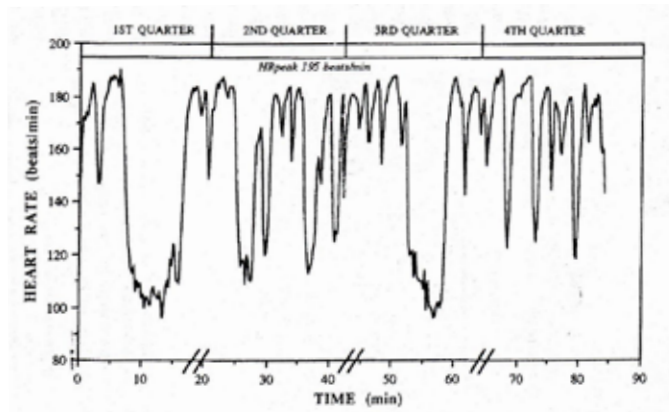
A. Εργαστηριακές μετρήσεις. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος μέτρησης της αναερόβιας μηχανικής ισχύος, είναι αυτή της ποδηλάτησης σε κυκλοεργόμετρο, γνωστή ως wingate test (Inbar O et al 1996). Η δοκιμασία αυτή περιλαμβάνει 30" ποδηλάτησης με μέγιστη προσπάθεια και με αντίσταση που προσδιορίζεται σε 0,075 kp ανά kg σωματικού βάρους. Η μέγιστη μηχανική ισχύς (P_{max}) καταγράφεται σε οποιοδήποτε δευτερόλεπτο, ενώ η μέση ισχύς (P_{mean}) υπολογίζεται ως μέση τιμή έξι καταγραφών που γίνεται στο τέλος κάθε 5" ποδηλάτησης.

Άλλη, επίσης διαδεδομένη εργαστηριακή μέθοδος είναι αυτή της μέτρησης του κατακόρυφου άλματος σε δυναμοδάπεδο, το οποίο συνδέεται με Η/Υ εφοδιασμένο με λογισμικό μετατροπής της δύναμης που ασκείται από τον δοκιμαζόμενο, σε μηχανική ισχύ.

B. Μετρήσεις γηπέδου. Επειδή και όσον αφορά τη μέτρηση της αναερόβιας ισχύος, υπάρχει δυσκολία δημιουργίας και χρήσης εργαστηριακών συνθηκών, αρκετοί ερευνητές πρότειναν δοκιμασίες προσομοιωμένες σε συνθήκες γηπέδου και σχετικές κατά το πλείστον με δεξιότητες του αθλήματος, οι οποίες παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση με την εργαστηριακή δοκιμασία του κυκλοεργόμετρου



Διάγραμμα 1. Αντιπροσωπευτική παρουσίαση καρδιακών παλμών και πρόσληψης οξυγόνου αθλητή, σε αγώνα εξάσκησης (P1,2,3,4 περιόδοι, R1,2,3,4 ανάπαυλες) (Narazaki et al 2008).



Διάγραμμα 2. Παράδειγμα καρδιακών παλμών ενός αθλητή σε αγώνα 4 δεκαλέπτων χωρίς τις ανάπαυλες (McInnes et al 1995).

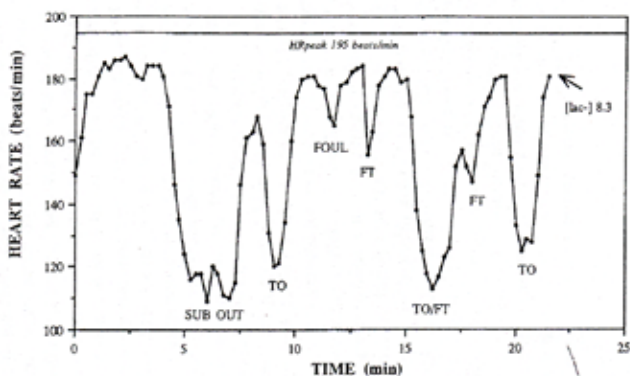
(wingate test).

Υψηλή συσχέτιση με το wingate test ($r=-0.58, p<.05$) παρουσίασε η δοκιμασία της AAHPER (1984) που αφορά τον γρήγορο ελιγμό με μπάλα, η ντρίπλα ταχύτητας ($r=-0.62, p<.05$), η δοκιμασία της παλίνδρομης ταχύτητας 140m ($r=-0.56, p<.05$) και το παλίνδρομο τρέξιμο 140m με ντρίπλα ($r=-0.73, p<.05$) (Apostolidis et al 2004). Ευρέως διαδεδομένη δοκιμασία αναφορικά με τη μέτρηση της εκρηκτικής δύναμης των κάτω άκρων που ωστόσο σχετίζεται άμεσα με την αναερόβια ικανότητα, είναι αυτή του κατακόρυφου άλματος σε βαθμονομημένο τοίχο, όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτελούν κατακόρυφο άλμα, καταγράφεται η επίδοσή τους και τελικά υπολογίζεται η μέγιστη μηχανική ισχύς.

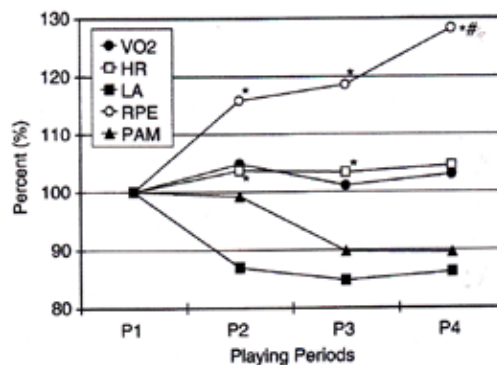
Ανάλυση χρόνου αγώνα

Αρκετοί ερευνητές και σε διάφορα μικτά ή διακοπτόμενα αθλήματα όπως ποδοσφαίριση, χειροσφαίριση, ράγκμπυ,

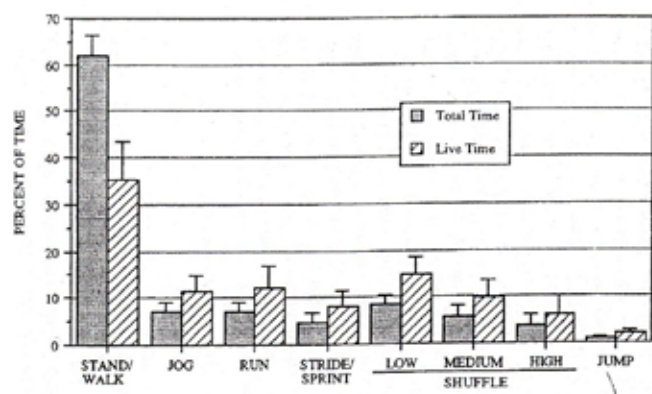
αντισφαίριση, καλαθοσφαίριση και άλλα, ανέφεραν κινητικά πρότυπα και φυσιολογικές αποκρίσεις. Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για να περιγράψουν τις φυσιολογικές απαιτήσεις αυτών των αθλημάτων, περιλαμβάνουν ανάλυση κινητικών δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια αγώνων (Αναστασιάδης, 1989, McInnes et al 1995, Abdelkrim et al 2006, Nazaraki et al 2008). Επίσης, καθόρισαν τις φυσιολογικές απαιτήσεις διαμέσου του υπολογισμού της καρδιακής συχνότητας και της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος. Πάντως οι μελέτες που αφορούν ανάλυση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών και απαιτήσεων κατά τον αγώνα, είναι σχετικά περιορισμένες. Ο Blace (1941) ανέφερε ότι, καλαθοσφαιριστές κολεγιακού επιπέδου, κάλυψαν απόσταση περίπου 2 km μόνο σε αμυντικές κινήσεις. Πιο πρόσφατα, ο McInnes και συν. (1995) κατέγραψαν μέσω συστήματος κινηματογράφησης τις κινητικές δραστηριότητες 8 Αυστραλών καλαθοσφαιριστών υψηλού επιπέδου, την καρδιακή τους συχνότητα, καθώς και την συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, κατά τη διάρκεια αγώνα (πίνακας 5). Τα αποτελέ-



Διάγραμμα 3. Παράδειγμα καρδιακών παλμών ενός αθλητή σε ένα δεκάλεπτο με τις ανάπαυλες (TO) και όλες τις άλλες διακοπές (SUB OUT, FOUL, FT) (McInnes et al 1995).

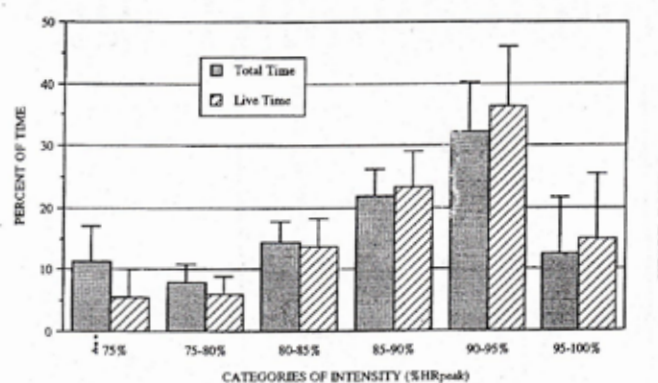


Διάγραμμα 4. Σχετικές μεταβολές πρόσληψης οξυγόνου (VO2), καρδιακών παλμών (HR), γαλακτικού οξέος (LA), αντιλαμβανόμενη προσπάθεια, (RPE) και διάρκειας προσπάθειών υψηλής έντασης (PAM) (Narazaki et al 2008).



Σχήμα 1. Ποσοστό διαφόρων κινήσεων επί του συνολικού και πραγματικού χρόνου αγώνα (McInnes et al 1995).

σματα παρουσιάστηκαν σύμφωνα με τον αγωνιστικό χρόνο, ο οποίος είναι καθαρός αγωνιστικός χρόνος, αλλά και συνολικός χρόνος που περιλαμβάνει και τις διακοπές του αγώνα (Σχήμα 1). Η συχνότητα όλων των δραστηριοτήτων οι οποίες καταγράφηκαν ήταν 997 ± 183 , με αλλαγή δραστηριότητας κάθε 2". Αναλυτικότερα καταγράφηκαν 105 ± 52 υψηλής έντασης ταχύτητας διάρκειας 1,7", κάθε 21" καθαρού χρόνου. Το 60% του καθαρού χρόνου σε δραστηριότητες χαμηλής και μέτριας έντασης, ενώ το 15% σε δραστηριότητες υψηλής έντασης (σχήμα 2). Η μέση καρδιακή συχνότητα κατά τον αγώνα ήταν 169 ± 9 b.min⁻¹, τιμή που αντιστοιχεί στο 89±2% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, όπως αυτή αξιολογήθηκε στο δαπεδοεργόμετρο, ενώ στο 75% του καθαρού αγωνιστικού χρόνου οι αθλητές ανέφεραν καρδιακή συχνότητα μεγαλύτερη από το 85% της μέγιστης. Η μέση τιμή συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος ήταν $6,8 \pm 2,8$ mmol, ισχυρή ένδειξη της συμμετοχής της αναερόβιας γλυκόλυσης στις ενεργειακές απαιτήσεις της καλαθοσφαίρισης. Συμπερασματικά η συγκεκριμένη μελέτη οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος είναι μεγάλες και θέτουν σημαντικές αξιώσεις αναφορικά με τις καρδιαναπνευστικές και μεταβολικές ικανότητες των καλαθοσφαιριστών. Σε ανάλογη μελέτη ο Abdelkrim και συν. (2006), με δείγμα 18 υψηλού επιπέδου εφήβους καλαθοσφαιριστές (κάτω των 19 ετών), κατέγραψαν κινητικές δραστηριότητες, καρδιακή συχνότητα και συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, κατά τη διάρκεια αγώνα (πίνακας 4). Οι αθλητές δαπάνησαν 16,2% του καθαρού αγωνιστικού χρόνου σε δραστηριότητες υψηλής έντασης όπως ειδικές τεχνικοτακτικές κινήσεις, ταχύτητες και άλματα. Η μέση καρδιακή συχνότητα αναφέρθηκε στους 171 ± 9 b.min⁻¹, ενώ η μέση συγκέντρωση γαλακτικού οξέος αναφέρθηκε $6,05 \pm 1,27$ mmol·L⁻¹ στο ημίχρονο και $4,94 \pm 1,46$ mmol·L⁻¹ στο τέλος του αγώνα. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι, τα επίπεδα της έντασης του αγώνα είναι υψηλότερα για τους περιφερειακούς παίκτες. Ο Narazaki και συν. (2008), στην πλέον πρόσφατη μελέτη, προσπάθησαν να προσδιορίσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις της αγωνιστικής καλαθοσφαίρισης σε προπονητικούς αγώνες 20-λεπτης



Σχήμα 2. Ποσοστό του συνολικού και πραγματικού χρόνου αγώνα που δαπανήθηκε σε διάφορες κατηγορίες καρδιακής συχνότητας (McInnes et al 1995).

διάρκειας (με κανονισμούς και διαιτητές), στους οποίους συμμετείχαν 6 αθλητές και 6 αθλήτριες κολεγιακής ομάδας β' κατηγορίας μέσης ηλικίας 20,4 ετών, ενώ όπως και στις προηγούμενες μελέτες αξιολογήθηκαν κινητικές δραστηριότητες, καρδιακή συχνότητα και συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. Συνολικά, το 34,1% του καθαρού αγωνιστικού χρόνου δαπανήθηκε σε τρέξιμο και άλματα, το 56,8% σε περπάτημα και το 9% του χρόνου οι αθλητές ήταν σε στάση. Αναφορικά με την πρόσληψη οξυγόνου οι άντρες ανέφεραν μέση πρόσληψη $36,9 \pm 2,6$ ml·kg⁻¹·min⁻¹, και οι θήλειες $33,4 \pm 4,0$ ml·kg⁻¹·min⁻¹, ενώ αναφορικά με τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, οι άντρες ανέφεραν $4,2 \pm 1,3$ mmol·L⁻¹ και οι γυναίκες $3,2 \pm 0,9$ mmol·L⁻¹.

Σχετικά με την αγωνιστική ένταση, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα (1,2,3) του καθαρού αγωνιστικού χρόνου, η καρδιακή συχνότητα των αθλητών, παράλληλα με τη μέγιστη πρόσληψη του οξυγόνου κορυφώνεται στο πρώτο και τρίτο δεκάλεπτο του αγώνα και μπορεί να ξεπερνά και τους 200 b/m. Η αποκατάσταση στις διακοπές για επαναφορά της μπάλας και εκτέλεσης ελεύθερων βολών είναι μικρή, αλλά άμεση, όμως μεγάλη (σχεδόν πλήρης), είναι η αποκατάσταση κατά τη διάρκεια των διακοπών των δεκαλέπτων αφού η καρδιακή συχνότητα πέφτει σε ≤ 120 b/m. Σημαντική παρουσιάζεται η μείωση των δραστηριοτήτων υψηλής έντασης όπως είναι οι ταχύτητες και τα άλματα, με την πάροδο του αγωνιστικού χρόνου (διάγραμμα 4), δηλαδή μειώνεται η αναερόβια ικανότητα των παικτών, ενώ αντίθετα αυξάνεται ραγδαία η αντιλαμβανόμενη προσπάθεια ($\approx 130\%$). Θα ήταν σημαντικό οι μελλοντικές έρευνες να κατευθύνονται προς μεθόδους σχετικές με τον υπολογισμό του ποσοστού μείωσης του αναερόβιου μεταβολισμού στο πέρασμα του αγωνιστικού χρόνου, αλλά και στις αιτίες που μπορεί να προκαλούν τη μείωση αυτή

Συμπεράσματα

Οι καλαθοσφαίριση είναι πολυσύνθετο και ιδιαίτερα απαιτητικό άθλημα. Όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά

των αθλητών, αυτοί πρέπει να διαθέτουν μεγάλο σωματικό ανάστημα, ενώ όσον αφορά τα φυσιολογικά τους χαρακτηριστικά, αυτοί πρέπει να βελτιώνουν διαρκώς την αερόβια ικανότητα και αναερόβια ισχύ. Ο προπονητικός σχεδιασμός πρέπει να προβλέπει ώστε η εξειδικευμένη προπόνηση να προκαλεί εκτός από τις τεχνικές και τακτικές προσαρμογές, ανάλογες φυσιολογικές (διάγραμμα 4). Προτείνεται λοιπόν η εξειδικευμένη προπόνηση να γίνεται σε εντάσεις περί το αναερόβιο κατώφλι και συχνά μάλιστα να το υπερβαίνει (ανοχή στο γαλακτικό οξύ), έτσι ώστε οι προκαλούμενες προσαρμογές αναφορικά με τους δύο με-

ταβολισμούς (αερόβιο, αναερόβιο), αλλά και το αναερόβιο κατώφλι, να είναι έντονες. Επίσης, η προπόνηση σε ακραίες εντάσεις, βοηθά και στην τελειοποίηση της κινητικής συμπεριφοράς (ατομικής τεχνικής και εφαρμογής της ομαδικής τακτικής) των καλαθοσφαιριστών, προσομοιάζοντας τις πραγματικές συνθήκες αγώνα. Αναφορικά με τις μετρήσεις των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των αθλητών, αυτές πρέπει να είναι διαρκείς και σε συνθήκες γηπέδου ώστε, να ελέγχεται η απόδοση τους ευκολότερα, αλλά και να λειτουργεί και ως στοχοθέτηση για βελτίωση στους επόμενους ελέγχους.

Βιβλιογραφία

- ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Μ. Μεγιστοποίηση της απόδοσης καλαθοσφαιριστών. Μεθοδολογική προσέγγιση. Διδακτορική διατριβή 1989.
- ABDELKRIM NB, EL FAZAA S and EL ATI J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine* 41: 69-75, 2006.
- AINSWORTH BE, HASKEL WL, WHITT MC, IRWIN ML, SWARTZ AM, STRATH SJ, O'BRIEN WL, BASSET DRJR, SCHMITZ KH, EMPLAIN-COURT PO, JACOBS DR JR and LEON AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32: 498-504, 2000.
- AMERICAN ALLIANCE FOR HEALTH, PHYSICAL EDUCATION, RECREATION AND DANCE (AAHPERD). *Basketball for boys and girls: skill test manual*. VA, Reston, 1984.
- APOSTOLIDIS N, NASSIS GP, BOLATOGLU ND and GELADAS ND. Physiological and technical characteristics of elite young basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 44: 157-163, 2004.
- BALAVANIS CP, PSARAKIS CH, MOUKAS M, VASSILIOU MP and BEHRAKIS PK. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17: 393-401, 2003.
- BASQUET SBG, DUPONT G, BLONDEL N, FABRE C and PRAAGH EV. Effects of high intensity intermittent training on peak $\dot{V}O_2$ in prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine* 23: 439-444, 2002.
- BERG K and LATIN RW. Comparisons of physical and performance characteristics of NCAA division I basketball and football players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9: 22-26, 1995.
- BLAKE R. Distance traversed by basketball players in different types of defense. *The Athletic Journal* 21: 38-40, 1941.
- BROWN CH and WILMORE JH. *The effects of maximal resistance training on the strength and body composition of women athletes*, 1974.
- CATERISANO A, PATRICK BT, EDENFIELD WL and BATSON MJ. The effects of a basketball season on aerobic and strength parameters among college: starters vs. reserves. *Journal of Strength and Conditioning Research* 11: 21-24, 1997.
- CASTAGNA C, MANZI V, D'OTTAVIO S, ANNINO G, PADUA E and BISHOP D. Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21: 1172-1176, 2007.
- CASTAGNA C, ABT G, MANZI V, ANNINO G, PADUA E and D'OTTAAVIO S. Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22: 923-929, 2008.
- CIUTI C, MARCELLO C, MACIS A, ONNIS E, SOLINAS R, LAI C et al. Improved aerobic power by detraining in basketball players mainly trained for strength. *Sports Medicine and Training Rehab* 22: 299-305, 1996.
- CRISAFULLI A, MELIS F, TOCCO F, LACONI P, LAI C and CONCU A. External mechanical work versus oxidative energy consumption ratio during a basketball field test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42: 409-417, 2002.
- COCENTAS A, JUOZULYNAS A, OBELENIS V, ANDZIULIS A and LANDOR A. Patterns of cardiovascular and ventilatory response to maximal cardiopulmonary test in elite basketball players. *Medicina* 41: 698-704, 2005.
- DELETRAT A and COHEN D. Physiological testing of basketball players: toward a standard evaluation of anaerobic fitness. *Journal of Strength and Conditioning Association* 22: 1066-1072, 2008.
- FOX EL. *Sports Physiology* (2nd ed). Philadelphia: WB Saunders, 1984.
- GILLAM GM. Identification of anthropometric and physiological characteristics relative to participation in college basketball. *NSCA Journal* 7: 34-36, 1985.
- HOFFMAN JR, EPSTEIN S, EINBINDER M and WEINSTEIN Y. The influence of aerobic capacity on anaerobic performance and recovery indices in basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13: 407-411, 1999.
- HOFFMAN JR, FRY AC, MARESH CM and KRAEMER WJ. Strength, speed, and endurance changes during the course of a division I basketball season. *Journal of Applied Sports Science Research* 5: 144-149, 1991.
- HUNTER GM, DEMMENT R and MILLER D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 27: 269-275, 1987.
- INBAR O, BAR-OR O and SKINNER JS. *The Wingate anaerobic test*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
- KRUSTRUP P, MOHR M, AMSTRUP T et al. The Yo-yo intermittent recovery test. Physiological response, reliability and Validity. *Medicine Science and Sport Exercise* 23: 695-705, 2003.
- LAMONTE MJ, MCKINNEY JT, QUINN SM, BAINBRIDGE CN and EISENMAN PA. Comparisons of physical and physiological variables for female college basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13: 264-270, 1999.
- LATIN RW, BERK K and BAECHLE T. Physical and performance characteristics of NCAA division I male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 8: 214-218, 1994.
- MCINNES SE, CARLSON JS, JONES CJ and MCKENNA MJ. The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences* 13: 387-397, 1995.
- NARAZAKI K, BERG K, STERGIOU N and CHEN B. Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 1-8, 2008.
- OSTOJIC SM, MAZIC S and DIKIC N. Profiling in basketball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20: 740-744, 2006.
- PARNAT J, VIRU A, SAVI T and NURMENKIVI A. Indices of aerobic work capacity and cardiovascular responses during exercise in athletes specialized in different events. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 20: 103-108, 1975.
- PATERSON DH. Respiratory and cardiovascular aspects of intermittent exercise with regard to ice hockey. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences* 4: 22-28, 1979.
- RODRIGUEZ-ALONSO M, FERNANDEZ-GARCIA B, PEREZ-LANDALUCE J et al. Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. *Journal of sports Medicine and Physical Fitness*, 43: 432-436, 2003.
- ROSELL S and SALTIN B. *Energy need, delivery and utilization in muscular exercise in the structure and function of muscle*. Vol. III Physiology Biochemistry (GH Bourne ed), Academic Press, Inc. New York, 1973.
- SALLET P, PERRIER D, FERRET JM, VITELLI V and BAVEREL G. Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 45: 291-294, 2005.
- SOARES J, MENDES OC, NETO CB and MATSUDO VKR. Physical fitness

- characteristics of Brazilian national basketball team as related to game functions. In: *Perspectives in Kinanthropometry*. JAP Day, ed. Champaign, IL: Human Kinetics 127-133, 1986.
- SMITH HK and THOMAS SG. Physiological characteristics of elite female basketball players. *Canadian Journal of Sport Science* 16:4, 289-295, 1991.
- TAVINO LP, BOWERS CJ and ARCHER CB. Effects of basketball in aerobic capacity, anaerobic capacity, and body composition of male college players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9: 75-77.
- TAYLOR J. Basketball: applying time motion data to conditioning. *Strength Conditioning* 25: 57-64, 2003.
- TAYLOR J. A tactical metabolic training model for collegiate basketball. *Strength Conditioning* 24: 22-29, 2004.
- THOMAS C, SIRVENT P, PERREY S, RAYNAND E and MERVIER J. Relationship between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *Journal of Applied Physiology* 97: 2132-2138, 2004.
- TOKMAKIDIS S, TSOPANAKIS A, TSAROUCHAS B and KLISSOURAS, V. Physiological profile of elite athletes to maximal effort. In: Canders D, editor. *Sport and elite performers*. Champaign IL: Human Kinetics, p. 177-84, 1984.
- TUMILTY D. Physiological Characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine* 16: 80-96, 1993.
- VACCARO P, CLARKE DH and WRENN JP. Physiological profiles of elite women basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 19: 45-54, 1979.
- WITHERS RT, MARICIC Z, WASILEWSKI S and KELLY L. Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies* 8: 159-176, 1982.
- YOSHIDA T, NAGATA A, MURO M, TAKEUCHI N and SUDA Y. The validity of anaerobic threshold determination by a Douglas bag method compared with arterial blood lactate concentration. *European Journal of Applied Physiology* 46: 423-430, 1981.

Εμμηνορυσιακές διαταραχές και άσκηση

Ιφιγένεια Παννοπούλου

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

Περίληψη

ΠΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ Ι. Εμμηνορυσιακές διαταραχές και άσκηση. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 50-59. Παράλληλα με την αυξημένη συμμετοχή των γυναικών στον αθλητισμό κυρίως από το 1912 και μετά, παρατηρούνται και σημαντικές δυσχερείς επιδράσεις στην υγεία των αθλητριών ως αποτέλεσμα της άσκησης. Συγκεκριμένα, ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει υποδείξει αρνητικές επιδράσεις της υπερβολικής άσκησης στο αναπαραγωγικό σύστημα των γυναικών αθλητριών. Τα πιο συχνά προβλήματα που παρουσιάζονται σε αθλήτριες είναι τα χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων, η απουσία ωορρηξίας, η μείωση και η απώλεια έμμηνου ρύσης. Αυτή η δυσλειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος αποτελεί μέρος του συνδρόμου της «γυναικείας αθλητικής τριάδας», που αποτελείται από το τρίπτυχο «διατροφικές διαταραχές-αμηνόρροια-οστεοπόρωση». Το εντασιογόνο ερέθισμα της άσκησης στο σώμα αποτελεί ένα από τους βασικούς μηχανισμούς πρόκλησης της αθλητικής αμηνόρροιας. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι το εντασιογόνο ερέθισμα της άσκησης προκαλεί δυσλειτουργίες του εκκριτικού άξονα υποθάλαμος-υπόφυση και εν συνεχεία επιδρά στη λειτουργία των ωοθηκών. Ακόμα δεν είναι ξεκάθαρο ποιοι ακριβώς είναι οι «στρεσογόνοι» παράγοντες που προκαλούν εμμηνορυσιακές διαταραχές στις αθλήτριες. Η χαμηλή διαθεσιμότητα ενέργειας για το σώμα, λόγω αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας μέσω της άσκησης ή χαμηλής ενεργειακής πρόσληψης (δίαιτα) σε συνδυασμό με την έντονη άσκηση, έχει δείξει ότι είναι ο σημαντικότερος παράγοντας πρόκλησης διαταραχών στο αναπαραγωγικό σύστημα των αθλητριών. Η εμφάνισή των εμμηνορυσιακών διαταραχών για παρατεταμένες χρονικά περιόδους, μπορεί να επιφέρει σοβαρές επιπλοκές στην υγεία, όπως είναι η οστεοπόρωση, η στειρότητα, πιθανώς ακόμα και η καρδιαγγειακή νόσος.

Λέξεις κλειδιά: ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΜΗΝΟΡΡΟΙΑ, ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΤΡΙΑΔΑ, ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗ, ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ

Κάνοντας μια αναδρομή 20–40 έτη στο παρελθόν, παρατηρούμε ότι η συμμετοχή των γυναικών στον αθλητισμό κατά τη διάρκεια όλων αυτών των ετών, έχει αυξηθεί σημαντικά. Εκατομμύρια γυναίκες στις ΗΠΑ και στον υπόλοιπο κόσμο ασχολούνται με κάποιο άθλημα, είτε σε ψυχαγωγικό είτε σε αγωνιστικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, από τότε που έγινε δεκτή η συμμετοχή γυναικών στους Ολυμπιακούς αγώνες του 1912, η γενικότερη ενασχόλησή τους με τον αθλητισμό έχει αυξηθεί ουσιαστικά (Orley et al. 1997). Τα οφέλη που έχουν αποκομίσει από την αθλητική δραστηριότητα δεν εντοπίζονται μόνο στη σωματική υγεία, αλλά και στην ψυχολογική υγεία και στην κοινωνική τους ανάπτυξη. Παρ' όλα αυτά όμως, η υπερβολική άθληση και η υπερπροπόνηση έχει συχνά αρνητική επίδραση στο αναπαραγωγικό σύστημα των αθλούμενων γυναικών. Τα πιο κοινά προβλήματα αυτού του είδους είναι η αμηνόρροια, η απουσία ωορρηξίας, και η καθυστέρηση της έναρξης της εμμήνου ρύσεως κατά την εφηβική ηλικία (εμμηναρχή) (Prior 1982, Shangold 1982, Patterson et al. 1995). Επιπρόσθετα, με την πάροδο των χρόνων και όσο

η ενασχόληση των γυναικών με τον αθλητισμό αυξάνεται, τόσο πληθαίνουν και οι περιπτώσεις των αθλούμενων γυναικών που αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα στο αναπαραγωγικό τους σύστημα (Web et al. 1979, Glass et al. 1987). Σήμερα, αναφέρεται ότι ένα ποσοστό της τάξης του 5-20 % του γενικότερου γυναικείου πληθυσμού και 40-50% των κορυφαίων αθλητριών, εμφανίζουν κάποια δυσλειτουργία στο αναπαραγωγικό τους σύστημα (Birch 2005, Chen et al. 1999, De Cree et al. 1998, De Souza et al. 1991, Marshall et al. 1994, Nattiv et al, 2007.).

Οι πιο κοινές αναπαραγωγικές διαταραχές περιλαμβάνουν καθυστέρηση εμμηναρχής, ανεπαρκή ωχρινική φάση (ή «εκκριτική φάση»), έλλειψη ωορρηξίας, ολιγομηνόρροια και αμηνόρροια (Chrousos et al. 1998). Ο μηχανισμός που προκαλεί αυτού του είδους τις διαταραχές, θεωρείται ότι εστιάζεται στη δυσλειτουργία του εκκριτικού άξονα υποθάλαμος-υπόφυση και στην εν συνεχεία επίδρασή του στη λειτουργία των ωοθηκών. Πρόκειται όμως για ένα τόσο σύνθετο και πολύπλοκο μηχανισμό, ο οποίος δεν έχει καθοριστεί ακόμα πλήρως και με ακρίβεια. Επιπλέον, από τότε που ξεκίνησαν ουσιαστικά τα προβλήματα αναπαραγωγικής φύσεως σε γυναίκες αθλήτριες, κατά τη δεκαετία του 1970, έχουν προταθεί πολλοί και διαφορετικοί αιτιολογικοί μηχανισμοί, οι περισσότεροι από τους οποίους όμως έχουν απορριφθεί. Κάποιοι άλλοι θεωρούνται ακόμα

πιθανοί και βρίσκονται υπό εξέταση, όπως η πιο πρόσφατη υπόθεση της «εξάντλησης διαθέσιμης ενέργειας» στον εγκέφαλο λόγω υπερβολικά αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας μέσω της άσκησης ή χαμηλής ενεργειακής πρόσληψης (δίαιτα) που οδηγεί σε αναπαραγωγικά προβλήματα (Nattiv et al. 2007, Baker 1981, Carlberg et al. 1983, Frisch et al. 1980, Jurkowski et al. 1978, Prior et al. 1982, Shangold 1980). Ακόμη, δεν είναι γνωστό για το αν οι αναπαραγωγικές δυσλειτουργίες αποτελούν αρνητική επίδραση της έντονης προπόνησης ή αν πρόκειται για προσαρμογή του γυναικείου οργανισμού στην έντονη άσκηση προκειμένου να επιτύχει και να διατηρήσει υψηλές επιδόσεις.

Οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις της αθλητικής αμηνόρροιας στην υγεία δεν είναι πλήρως γνωστές. Πρόκειται όμως για μια δυσλειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος που αποτελεί μέρος της «γυναικείας αθλητικής τριάδας», ένα σύνδρομο που αποτελείται από το τρίπτυχο «διατροφικές διαταραχές- αμηνόρροια- οστεοπόρωση» (Σχήμα 1). Η έλλειψη γονιμότητας αποτελεί βραχυπρόθεσμη παρενέργεια (De Cree 1998), ενώ η οστεοπόρωση αναγνωρίζεται ως μακροπρόθεσμη επιπτώση της δυσλειτουργίας αυτής (Harber et al. 1991, Heinrich et al. 1990). Παρ' όλα αυτά όμως, οι ακριβείς επιδράσεις της αμηνόρροιας στον οργανισμό δεν είναι ακόμα γνωστές. Έχουν προταθεί πολλές μέθοδοι αντιμετώπισης του φαινομένου, ενώ υπάρχουν άλλες οι οποίες βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο.

Ο στόχος της ερευνητικής αυτής ανασκόπησης είναι να ορίσει την έννοια της αθλητικής αμηνόρροιας, να παρουσιάσει τους πιθανούς μηχανισμούς που οδηγούν στη δυσλειτουργία αυτή καθώς και τις επιπτώσεις της στην αθλητική απόδοση και στην υγεία των αθλητριών.

Αθλητική αμηνόρροια: ορισμός

Εδώ και αρκετά χρόνια έχουν δοθεί πολλοί και διαφορετικοί ορισμοί για τον όρο «αθλητική αμηνόρροια», οι οποίοι όμως ευθύνονται για τη δυσκολία ανεύρεσης των μηχανισμών εκείνων που οδηγούν στη δυσλειτουργία αυτή, καθώς και για αντιφατικά αποτελέσματα σε μεγάλο αριθμό ερευνητικών μελετών. Μερικοί από τους ορισμούς που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν είναι: «η απουσία εμμήνου ρύσεως για 3, 4, και 6 μήνες μέσα σε 1 χρόνο», «λιγότερες από 3 εμμηνόρροιας το χρόνο», «όχι περισσότερες από 1 εμμηνόρροια μέσα στους τελευταίους 10 μήνες» (De Cree 1998, Loucks et al. 1985). Σήμερα, η Διεθνής Ολυμπιακή Επιτροπή έχει συμφωνήσει για τον εξής ορισμό: «μία ή λιγότερες περιόδους το χρόνο», προκειμένου να μειωθεί ο βαθμός αντιφατικότητας και ασυμφωνίας μεταξύ των ερευνητικών μελετών και των αποτελεσμάτων τους (Marshall 1994, Fagan 1998).

Η αθλητική αμηνόρροια εμπίπτει στην κατηγορία της δευτεροπαθούς αμηνόρροιας. Η πρωτοπαθής αμηνόρροια αναφέρεται στην περίπτωση μη- εμφάνισης εμμήνου ρύσεως μέχρι την ηλικία των 16 ετών, ή στην απουσία ανάπτυξης των σεξουαλικών χαρακτηριστικών μέχρι την ηλικία των 14 ετών. Από την άλλη, η δευτεροπαθής αμηνόρροια αναφέρεται στην απουσία 3 με 6 κατά σειρά περιόδων σε

γυναίκα η οποία προηγουμένως είχε έμμηνο ρύση (Fagan 1998). Παρ' όλα αυτά όμως, και λόγω της ύπαρξης πολλών παραγόντων που μπορούν να προκαλέσουν αμηνόρροια, η εμφάνιση δευτεροπαθούς αμηνόρροιας σε γυναίκες αθλήτριες δε χαρακτηρίζεται πάντα ως «αθλητική αμηνόρροια» (Fagan 1998). Πριν αξιολογηθούν τα αίτια και η καθ' εαυτή δυσλειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος, απαιτείται να ληφθούν υπόψη το ιατρικό ιστορικό και η κατάσταση θρέψης της αθλούμενης, καθώς και στοιχεία σχετικά με την άσκηση που ακολουθεί (το είδος, τη συχνότητα και την ένταση της άσκησης).

Προπόνηση και αθλητική αμηνόρροια

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1930, πολλοί ερευνητές είχαν παρατηρήσει την απουσία εμμήνου ρύσεως σε αθλήτριες υψηλών επιδόσεων (DeCree 1998, Scott et al. 1932). Αρχικά, οι περισσότερες περιπτώσεις αμηνόρροιας παρατηρήθηκαν σε γυναίκες που λάμβαναν μέρος σε αθλήματα αντοχής, και ιδιαίτερα σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων (Prior et al. 1982, Prior 1982, Shangold 1980, Baker et al. 1981), ή σε αθλήτριες με πολύ χαμηλό ποσοστό σωματικού λίπους, όπως ήταν οι χορεύτριες μπαλέτου και οι αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής (Frisch et al. 1973, Warren et al. 1975). Σήμερα όμως, οι αθλήτριες οι οποίες εμφανίζουν δυσλειτουργίες του αναπαραγωγικού συστήματος εντοπίζονται σε ένα πολύ ευρύτερο φάσμα αθλημάτων, όπως είναι οι πολεμικές τέχνες, η κολύμβηση, η άρση βαρών, τα αθλήματα στίβου, η καλαθοσφαίριση, η χειροσφαίριση, η ρήψη ακόντιου, η αντισφαίριση, κτλ. (De Cree 1998).

Προπόνηση και Καθυστέρηση Εμμηναρχής. Σειρά μελετών που έχουν διεξαχθεί σε νέες αθλήτριες έχουν διαπιστώσει καθυστέρηση στην έναρξη της εμμήνου ρύσεως (Frisch et al. 1980, 81, Brisson et al. 1982, Mesaki et al. 1984). Οι μελέτες αυτές έχουν δείξει ότι νεαρές αθλήτριες, οι οποίες ξεκινούν έντονη και εντατική προπόνηση πριν την έναρξη της περιόδου τους, εμφανίζουν συνήθως καθυστέρηση στην έναρξη της εμμηνόρροιας. Πιο συγκεκριμένα, καθυστέρηση εμμηναρχής παρατηρείται κυρίως σε νεαρές αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής, χορεύτριες μπαλέτου, δρομείς, κτλ., για τις οποίες το χαμηλό ποσοστό σωματικού λίπους και η αυξημένη μυϊκή μάζα αποτελούν πλεονέκτημα για μεγαλύτερες επιδόσεις. Σε αυτά τα αθλήματα, οι νεαρές αθλήτριες ενθαρρύνονται να περιορίζουν ουσιαστικά την πρόσληψη τροφής, ενώ ταυτόχρονα προπονούνται σε υπερβολικά υψηλή ένταση και για πολλές ώρες, καθημερινά. Ως αποτέλεσμα της τακτικής αυτής, οι νεαρές αυτές αθλήτριες εμφανίζουν πολύ συχνά καθυστέρηση στην έναρξη της εμμήνου ρύσεως. Παρ' όλο ότι η καθυστέρηση εμμηναρχής σχετίζεται με την προπόνηση, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να υποστηρίξουν τον ισχυρισμό ότι υπάρχει αιτιολογική σχέση μεταξύ της καθυστέρησης στην έναρξη της εμμήνου ρύσεως και της προπόνησης. Αυτό οφείλεται κυρίως στη δειγματοληπτική φύση των μελετών, η οποία καθιστά πολύ δύσκολο τον ανεξάρτητο διαχωρισμό των χαρακτηριστικών της άσκησης από άλλα εμπλε-

κόμμενα στοιχεία, όπως είναι η διατροφή, γενετικοί παράγοντες, το ποσοστό σωματικού λίπους, η βιολογική ηλικία της αθλήτριας, κτλ. (Stager et al. 1990).

Προπόνηση μικρής διάρκειας, ωχρινική φάση και απουσία ωορρηξίας. Μελέτες οι οποίες έχουν διεξαχθεί σε γυναίκες που ασχολούνται με τον αθλητισμό, ερασιτεχνικά ή σε αγωνιστικό επίπεδο, έχουν επισημάνει διαταραχές στο αναπαραγωγικό σύστημα με τη μορφή βραχύτερης ωχρινικής φάσης, απουσίας ωορρηξίας, αμηνόρροιας ή ολιγομηνόρροιας (Bonen 1981, Ellison et al. 1986, Loucks et al. 1989, Prior 1982, Prior et al. 1982, Prior et al. 1990, Shangold 1980, Shangold 1982, , Warren et al, 2000). Η έντονη προπόνηση θεωρείται ότι ευθύνεται για τη μείωση της διάρκειας της ωχρινικής φάσης σε λιγότερο από 7 ημέρες και την ταυτόχρονη μείωση των επιπέδων των ορμονών LH (ωχρινοποιητική ορμόνη), FSH (θυλακιοτρόπος ορμόνη), καθώς και των οιστρογόνων στο πλάσμα του αίματος. Όμως, δεν μπορεί να καθοριστεί με βεβαιότητα το αν αυτοί οι έμμηνοι κύκλοι χαρακτηρίζονται από απουσία ή όχι ωορρηξίας. Σύμφωνα με έναν αριθμό ερευνών, παρατηρήθηκε απουσία ωορρηξίας σε αθλήτριες που έπαιρναν μέρος σε αθλήματα αντοχής (Prior 1982, Cameron et al. 1982). Παρ' όλα αυτά όμως υπάρχει ασυμφωνία στην ύπαρξη απουσίας ωορρηξίας ή όχι στα αποτελέσματα των ερευνών αυτών. Θεωρείται ότι ένας από τους κύριους παράγοντες στον οποίο οφείλεται αυτή η ασυμφωνία είναι η χρήση της μεθόδου «Βασική Θερμοκρασία Σώματος» (BBT) ως δείκτη ωορρηξίας. Η μέθοδος αυτή έχει πλέον χαρακτηριστεί ως ανακριβής για την εκτίμηση της ωορρηξίας (Bonen et al. 1981, Wetzel et al. 1982, DeCree 1998). Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό, όπως είναι η μέτρηση της συγκέντρωσης προγεστερόνης ή LH στο πλάσμα, στα ούρα και στο σάλιο ή ακόμα η ανίχνευση ωορρηξίας μέσω υπέρηχου, θεωρούνται πιο έγκυρες (DeCree et al. 1991, Loucks et al. 1989). Παρ' όλα αυτά, λόγω ιδιαιτερότητας ως προς τη διάρκεια του κύκλου και κατ' επέκταση της ωχρινικής φάσης, από γυναίκα σε γυναίκα, συστήνεται εξατομικευμένη προσέγγιση σε κάθε περιστατικό προκειμένου να καθοριστεί η απουσία ή παρουσία ωορρηξίας (De Cree 1998). Άλλος ένας παράγοντας που θεωρείται ότι ευθύνεται για την ασυνέπεια των αποτελεσμάτων σε διαφορετικές έρευνες είναι ο μεγάλος αριθμός των αθλητριών που ενώ δεν έχουν ωορρηξία, παραμένουν χωρίς διάγνωση της κατάστασής τους μέχρι τη στιγμή που θα ξεκινήσουν προσπάθειες για τεκνοποίηση.

Άσκηση και Αμηνόρροια. Η αμηνόρροια αποτελεί μία από τις συνηθέστερες μορφές δυσλειτουργίας του αναπαραγωγικού συστήματος σε γυναίκες αθλήτριες (Chen et al. 1999). Πληθώρα ερευνών έχουν δείξει ότι τα υψηλά επίπεδα άσκησης προκαλούν αμηνόρροια σε μεγάλο ποσοστό αθλητριών. Συγκριτικά με γυναίκες που ακολουθούν καθιστική ζωή, το ποσοστό των αθλητριών που εκδηλώνουν αμηνόρροια είναι μεγάλο. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό αμηνόρροιας κυμαίνεται στο 5-20% στο γενικό πληθυσμό, ενώ στο 1-50% για τις γυναίκες αθλήτριες (Frisch et al. 1980, Decree et al. 1998, Bonen 1994, Glass et al. 1987, Lutter et

al. 1982, Mann et al. 1981, Schwartz et al. 1981, Speroff et al. 1980, Wakat et al. 1982). Αυτή η μεγάλη απόκλιση οφείλεται σε σφάλματα στη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στις διάφορες μελέτες, με κυριότερο αυτό του ορισμού της αμηνόρροιας, όπως δόθηκε στην αρχή του άρθρου (DeCree 1998).

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί από το 1932 σε ένα εύρος αθλημάτων, έχουν δείξει ότι η έντονη ή η μακράς διάρκειας προπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της εμμήνου ρύσεως ή αμηνόρροια. Λίγο μετά την έναρξη των προπονήσεων, έχει παρατηρηθεί ότι οι γυναίκες αθλήτριες εκδηλώνουν συμπτώματα δυσλειτουργίας στο αναπαραγωγικό τους σύστημα τα οποία μακροπρόθεσμα οδηγούν σε ανωμαλίες της εμμήνου ρύσεως και τελικά σε αμηνόρροια (Speroff et al 1980, Baker 1981). Αυτές οι διαταραχές σχετίζονται με την ένταση καθώς και με τον όγκο της προπόνησης (Bullen et al 1984, Keizer et al. 1981, Prior et al. 1982, De Cree et al. 1998).

Αθλητική αμηνόρροια: μηχανισμοί

Οι γυναίκες με αμηνόρροια εκδηλώνουν διάφορα προβλήματα ως προς τη λειτουργία του αναπαραγωγικού τους συστήματος, συγκριτικά με εκείνες που έχουν φυσιολογική έμμηνο ρύση. Συνηθέστερα, εμφανίζουν καταστολή στην παραγωγή της LH και χαμηλά επίπεδα αυτής, τα οποία έχουν θεωρηθεί υπεύθυνα για την κακή λειτουργία του ωχρού σωματίου. Επιπρόσθετα, οι αμηνόρροιακές γυναίκες εμφανίζουν χαμηλά επίπεδα προγεστερόνης και μικρής διάρκειας ωχρινική φάση. Τέλος, έχει βρεθεί ότι σε αυτές τις γυναίκες, καταστέλλεται η έκκριση γοναδοτροπίνης (GnRH) από τον υποθάλαμο, γεγονός το οποίο πιθανώς ευθύνεται για τις μεταβολές στη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος, οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως. Παρά την εκτενή γνώση που έχουμε σχετικά με τα προβλήματα γονιμότητας που αντιμετωπίζουν γυναίκες με αμηνόρροια, δεν γνωρίζουμε ακόμα τον ακριβή μηχανισμό που ευθύνεται για τις δυσλειτουργίες αυτές.

Στη διάρκεια πολλών ετών, έχουν προταθεί αρκετοί φυσιολογικοί μηχανισμοί που πιθανώς ευθύνονται για την πρόκληση αθλητικής αμηνόρροιας. Μηχανισμοί όπως είναι η υπερπρολακτιναιμία, υπερκορτιζολαιμία ή τα χαμηλά επίπεδα σιδήρου ορού, έχουν προταθεί και τελικά αποκλειστεί εξαιτίας ανεπαρκών στοιχείων για την τεκμηρίωσή τους (De Souza et al. 2004, Prior 1982, De Cree 1998, Dale et al. 1982, Chang et al 1986, Warren et al. 2000). Υπάρχει επίσης μία σειρά από άλλες θεωρίες οι οποίες στηρίζονται στο «σύνδρομο του στρες» (Chrousos et al. 1998). Η βάση πάνω στην οποία στηρίζεται το σύνδρομο αυτό περιλαμβάνει τον ενδοκρινή άξονα υποθάλαμος-υπόφυση, στο σημείο που συνδέεται με τη διέγερση του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Στον ενδοκρινή άξονα υποθάλαμος-υπόφυση, οι κύριοι ρυθμιστές είναι η πρωτεϊνική φύσεως ορμόνη κορτικοτροπίνη (CRH), η οποία εκκρίνεται από τον υποθάλαμο, και που μαζί με τις αργινίνη-βασοπρεσίνη (ADH) προκαλούν την έκκριση της φλοιοεπινεφριδιοτρόπου ορμόνης (ACTH) από την υπόφυση. Εκείνη με τη σειρά της προκαλεί

την έκκριση γλυκοκορτικοειδών (κορτιζόλης) από το φλοιό των επινεφριδίων. Σε κατάσταση στρες, το σύστημα υπομέλανας τόπος (corpus ceruleus)-νοραδρεναλίνη (δράση στο κεντρικό νευρικό σύστημα) διεγείρει επίσης την έκκριση της υποθαλαμικής CRH και των αργινίνη-βασοπρεσίνη και οδηγούν στη στρεσογόνο αντίδραση που αναφέρθηκε προηγουμένως. Από την άλλη πλευρά, οι λειτουργίες του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος ρυθμίζονται από τον άξονα υποθάλαμος- υπόφυση- ωθήκη. Εδώ η ορμόνη γοναδοτροπίνη (GnRH) η οποία εκκρίνεται από τον υποθάλαμο και ρυθμίζει τη λειτουργία του άξονα αυτού, διεγείρει την έκκριση των FSH και LH από την υπόφυση. Οι ορμόνες αυτές με τη σειρά τους διεγείρουν την έκκριση εστραδιόλης και προγεστερόνης από τα ωάρια. Τα επίπεδα εστραδιόλης, προγεστερόνης και ανασταλτίνης ευθύνονται για την αναστολή της έκκρισης των LH και FSH (Chrousos et al. 1998).

Οι γυναίκες με αμηνόρροια παρουσιάζουν διαταραχή στη φυσιολογική έκκριση της LH από την υπόφυση. Υπάρχει η υπόθεση ότι η διαταραχή στην παραγωγή της LH μπορεί να είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ του άξονα υποθάλαμος- υπόφυση-ωθήκη και του ενδοκρινή άξονα υποθάλαμος- υπόφυση- επινεφρίδια, κάτω από καταστάσεις χρόνιου στρες (DeSouza et al. 2004). Πιο συγκεκριμένα, έχει υποστηριχτεί ότι τα αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης, τα οποία συνήθως παρατηρούνται σε αθλήτριες που προπονούνται σε υψηλή ένταση, εμποδίζουν την έκκριση της ορμόνης γοναδοτροπίνη (GnRH) από τον υποθάλαμο, η οποία με τη σειρά της αναστέλλει την έκκριση των LH και FSH. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστολή των ορμονών εστραδιόλη και προγεστερόνη. Επιπλέον, σε καθαρά υποθαλαμικό επίπεδο, έχει φανεί ότι αυξημένα επίπεδα των CRH και b-ενδορφίνης (παρακινούμενη από την CRH) αναστέλλουν την GnRH, προκαλώντας την καταστολή της φυσιολογικής λειτουργίας του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση- ωθήκη (DeSouza et al. 2004). Από την άλλη πλευρά, η εστραδιόλη έχει βρεθεί ότι έχει θετική επίδραση στον ενδοκρινή άξονα υποθάλαμος- υπόφυση, προωθώντας την έκκριση της CRH, και ταυτόχρονα αναστέλλοντας την επαναχρήση και τον καταβολισμό των κατεχολαμινών από το κεντρικό νευρικό σύστημα (DeSouza et al. 2004). Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι στρεσογόνες καταστάσεις αναστέλλουν τη φυσιολογική λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος μέσω της κατασταλτικής επίδρασης που έχουν στον άξονα υποθάλαμος-υπόφυση του ενδοκρινικού συστήματος. Επιπρόσθετα, υπάρχει ο ισχυρισμός ότι οι κατεχολαμίνες ευθύνονται για δυσλειτουργίες του αναπαραγωγικού συστήματος. Αυξήσεις των επιπέδων νοραδρεναλίνης σε περιόδους έντονης άσκησης, έχει φανεί να εμπλέκεται με την έκκριση της LH και κατ' επέκταση να οδηγεί σε διαταραχές γονιμότητας (Chang et al. 1987). Αυτοί είναι οι λόγοι για τους οποίους η αθλητική αμηνόρροια ονομάζεται και "προκαλούμενη από στρες ή λειτουργική υποθαλαμική αμηνόρροια" (Chrousos et al. 1998).

Εκτός από τους βιολογικούς μηχανισμούς που προαναφέρθηκαν, ένας ακόμα πιθανός αιτιολογικός παράγοντας στον οποίο μπορεί να οφείλεται η αμηνόρροια, είναι η ορμόνη λεπτίνη. Πρόκειται για μία ορμόνη η οποία εκκρίνεται από το λιπώδη ιστό και ρυθμίζει το μέγεθος των

αποθηκών λιπώδη ιστού. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, η λεπτίνη καταστέλλει τον ενδοκρινή άξονα υποθάλαμος-υπόφυση, μέσω της αναστολής της έκκρισης των CRH και κορτιζόλης. Η λεπτίνη επίσης, διεγείρει το γυναικείο αναπαραγωγικό σύστημα καθιστώντας δυνατή τη δράση της GnRH. Σε αθλήτριες με αμηνόρροια, τα επίπεδα λεπτίνης παρουσιάζονται πολύ χαμηλά. Χαμηλά επίπεδα λεπτίνης είναι γνωστό ότι προκαλούν αναστολή του άξονα υποθάλαμος- υπόφυση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων των CRH και κορτιζόλης και προκαλούν στο αναπαραγωγικό σύστημα τις ανεπιθύμητες ενέργειες που προαναφέρθηκαν (Chrousos et al 1998, Ahima et al 1996, Bonen et al 1995, Brispoon et al. 1996). Απαιτείται ακόμα εκτενέστερη έρευνα προκειμένου να επιβεβαιωθεί ο ρόλος της λεπτίνης στο γυναικείο αναπαραγωγικό σύστημα.

Πρόσφατα, ένα καινούργιος μηχανισμός πρόκλησης αθλητικής αμηνόρροιας έχει προταθεί για αθλήτριες σε αγωνίσματα που δίνεται έμφαση στη δύναμη και όχι στο χαμηλό σωματικό βάρος, όπως η κολύμβηση και η κωπηλασία. Σε αυτά τα αθλήματα παρόλο που οι αθλήτριες δεν παρουσιάζουν υπερβολικά χαμηλό σωματικό βάρος και λίπος, και δεν χαρακτηρίζονται από διατροφικές διαταραχές, η παρουσία της αθλητικής αμηνόρροιας είναι πολύ συχνή (Warren et al. 2001). Το ορμονικό προφίλ αυτών των αθλητριών χαρακτηρίζεται από ήπια αυξημένες τιμές LH, υψηλό κλάσμα LH/FSH, και υψηλότερες του φυσιολογικού τιμές ανδρογόνων σε αντίθεση με τις χαμηλές τιμές οιστρογόνων σε αθλήτριες σε αγωνίσματα που δίνουν έμφαση στο χαμηλό σωματικό βάρος. Έχει προταθεί ότι οι υψηλές τιμές ανδρογόνων όπως το επινεφριδιακό ανδρογόνο θειική δεϋδροεπιανδροστερόνη (DHEA-S) έχουν αρνητική επίδραση στην ωχρινική φάση και μπορούν να προκαλέσουν απουσία ωορρηξίας, ολιγομηνόρροια και αμηνόρροια (Warren et al. 2001).

Αιτιολογικοί παράγοντες για την αθλητική αμηνόρροια

Παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη δυσλειτουργία έχει αναγνωριστεί ως απάντηση του οργανισμού σε στρεσογόνες καταστάσεις, δεν γνωρίζουμε ακόμα τους ακριβείς «στρεσογόνους» παράγοντες που την προκαλούν. Έχει αναγνωριστεί μία σειρά από αιτιολογικούς παράγοντες, πολλοί από τους οποίους έχουν κατακριθεί και απορριφθεί, ενώ κάποιοι άλλοι φαίνεται πως σχετίζονται ουσιαστικότερα με την αθλητική αμηνόρροια.

Σύσταση Σώματος. Η σύσταση του σώματος, και συγκεκριμένα το ποσοστό του σωματικού λίπους, αποτελεί έναν από τους πρώτους παράγοντες που θεωρήθηκαν υπεύθυνοι για αθλητική αμηνόρροια. Υπήρχε η πεποίθηση ότι ένα πολύ χαμηλό ποσοστό σωματικού λίπους σε γυναίκες αθλήτριες προκαλούσε αθλητική αμηνόρροια καθώς και άλλες ανωμαλίες γονιμότητας. Οι Frisch et al. (1981) ισχυρίστηκαν ότι ένα οριακό ποσοστό σωματικού λίπους (~18%) θεωρούνταν απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Η υπόθεση αυτή

στηριζόταν στη διαπίστωση ότι πολλές αμνηorroιακές αθλήτριες είχαν ποσοστό λίπους κάτω του φυσιολογικού ορίου. Τέτοιες αθλήτριες περιελάμβαναν χορευτίριες μπάλετου, δρομείς μαραθωνίου, αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής, κτλ. (Frisch et al. 1981, Frisch et al. 1973, Frisch et al. 1974). Σήμερα, αναγνωρίζεται ότι πολλές γυναίκες μπορεί να εμφανίζουν χαμηλό ποσοστό λίπους, όμως είναι παραγωγικά σταθερές και δεν έχουν προβλήματα γονιμότητας, ενώ αθλήτριες με μεγαλύτερο ποσοστό σωματικού λίπους, παρουσιάζουν αμνηorroια. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι οι ακοντίστριες έχουν υψηλά ποσοστά αθλητικής αμνηorroιας, ακόμα μεγαλύτερα από άλλες πιο ισχνές αθλήτριες (DeCree 1998, Highet et al. 1989). Το συμπέρασμα επομένως είναι όχι μόνο οι πολύ ισχνές αθλήτριες, αλλά και εκείνες που έχουν ποσοστό λίπους κοντά στο φυσιολογικό ή φυσιολογικό, μπορεί να εμφανίζουν προβλήματα γονιμότητας (DeCree 1998). Επιπλέον, έχουν βρεθεί πολλές ασυνέπειες στη μεθοδολογία που χρησιμοποίησε ο Frisch και οι συνεργάτες του (Frisch et al. 1981, Frisch et al. 1973, Frisch et al. 1974), ειδικά στη μέτρηση του σωματικού λίπους. Στις αρχικές μελέτες, όπου η εκτίμηση της σύστασης του σώματος γινόταν με τη χρήση δερματοπτυχομέτρου, βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού λίπους και της αθλητικής αμνηorroιας. Όμως, σημερινές έρευνες έχουν δείξει ότι το πάχος των δερματικών πτυχών μπορεί να ποικίλει κατά πολύ ακόμα και από μέτρηση σε μέτρηση και γι' αυτό δεν αποτελεί την ακριβέστερη μέθοδο για τη διεξαγωγή της έρευνας σχετικά με την αθλητική αμνηorroια. Όταν χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υδροστατικής ζύγισης για να οριστεί το ποσοστό του σωματικού λίπους, δε βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ ποσοστού λίπους και αμνηorroιας (Sanborn et al. 1987, De Cree 1998). Επομένως, παρά τον μεγάλο αριθμό των αμνηorroιακών αθλητριών με πολύ χαμηλά ποσοστά σωματικού λίπους, δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό σωματικού λίπους και στην εμφάνιση αθλητικής αμνηorroιας.

Σωματική Άσκηση. Ο όγκος και η ένταση της προπόνησης θεωρούνται δύο παράγοντες που συμβάλλουν σημαντικά στην εκδήλωση αθλητικής αμνηorroιας. Ο όγκος της προπόνησης έχει αποδειχθεί ως σημαντικός αιτιολογικός παράγοντας για αναπαραγωγικές δυσλειτουργίες. Όταν αναπαραγωγικά υγιείς αθλήτριες ακολουθούν ένα πρόγραμμα προπόνησης του οποίου ο όγκος αυξάνει απότομα, έχει παρατηρηθεί ότι εμφανίζουν διαταραχές στον έμμηνο κύκλο τους, κατά τη διάρκεια που εμπλέκονταν στο πρόγραμμα αυτό (Bullen et al. 1985, Shangold et al. 1979, Lutter et al. 1982, Gray et al. 1983, Webb et al. 1979, Tomten et al. 1996).

Η ένταση της άσκησης αποτελεί ακόμα ένα σημαντικό αιτιολογικό παράγοντα για την εμφάνιση προβλημάτων στο αναπαραγωγικό σύστημα. Οι Keizer et al (1989) μελέτησαν την επίδραση της διαλειμματικής και υψηλής έντασης άσκησης όσον αφορά στη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Βρέθηκε ότι η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση είχε ως αποτέλεσμα την έναρξη διαταραχών του έμμηνο κύκλου, όπως είναι η μικρότερης διάρκειας ωχρινική φάση, χωρίς να έχει γίνει αύξηση του όγκου της

προπόνησης. Τα στοιχεία αυτά ενισχύονται από το γεγονός ότι πολλές αθλήτριες οι οποίες παίρνουν μέρος σε αναερόβια, υψηλής έντασης αθλήματα, όπως είναι η άρση βαρών, η δισκοβολία ή η ρήψη ακοντίου, έχουν βρεθεί ότι εμφανίζουν αθλητική αμνηorroια (De Cree 1998). Επιπλέον, η προπόνηση η οποία γίνεται σε ένταση που ξεπερνά το αναερόβιο κατώφλι φαίνεται ότι οδηγεί σε ακόμα περισσότερα προβλήματα αναπαραγωγικής φύσεως σε αθλήτριες δρομείς, συγκριτικά με περιπτώσεις όπου η ένταση της προπόνησης είναι τέτοια που δεν φτάνει ή ξεπερνά το αναερόβιο κατώφλι (Rogol 1992).

Η έντονη προπόνηση έχει επίσης φανεί ότι προκαλεί αλλαγές στη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Το 1978, οι Jurkowski et al. κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μετά από μία προπόνηση χαμηλής, μέτριας, ή υψηλής έντασης, παρατηρήθηκαν μεταβολές στα επίπεδα γοναδοτροπίνης και άλλων αναπαραγωγικών ορμονών, κατά την ωχρινική και παραγωγική φάση του έμμηνο κύκλου. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα εστραδιόλης στο πλάσμα του αίματος σημείωσαν αύξηση και στις δύο φάσεις του έμμηνο κύκλου. Η αύξηση όμως κατά την παραγωγική φάση ήταν ιδιαίτερα σημαντική σε περιπτώσεις σωματικής εξάντλησης. Τα επίπεδα της LH δε σημείωσαν μεταβολή, σε καμία από τις δύο φάσεις του έμμηνο κύκλου. Παρ' όλα αυτά, τα επίπεδα της FSH μεταβλήθηκαν με την άσκηση, αλλά μόνο κατά τη διάρκεια της παραγωγικής φάσης. Άλλοι ερευνητές διαπίστωσαν επίσης μεταβολές στα επίπεδα εστραδιόλης κατά την άσκηση, εντοπίζοντας τις περισσότερες μεταβολές κατά τη διάρκεια της ωχρινικής φάσης (Brown et al. 1992, Bunt 1990, Bunt et al. 1987, Mesaki et al. 1987, Mesaki et al. 1986). Πολλές όμως είναι οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα και που έχουν καταλήξει σε αποτελέσματα αντικρουόμενα μεταξύ τους. Σε κάποιες μελέτες έχει βρεθεί συσχέτιση μεταξύ της άσκησης και των επιπέδων εστραδιόλης και προγεστερόνης, ενώ σε άλλες όχι (Bullen et al. 1984, Mesaki et al. 1986).

Η έντονη άσκηση έχει βρεθεί ότι προάγει τις μεταβολές στην έκκριση των ορμονών του στρες σε γυναίκες αθλήτριες. Ο Chang (1986) ανέδειξε ουσιαστικές διαφορές στα επίπεδα των κατεχολαμινών, μεταξύ γυναικών δρομέων με φυσιολογική έμμηνο ρύση, ολιγομνηorroια, αμνηorroια, συγκριτικά με μια ομάδα άλλων γυναικών οι οποίες ακολουθούσαν καθιστική ζωή. Τα επίπεδα νοραδρεναλίνης βρέθηκαν σημαντικά υψηλότερα από τα φυσιολογικά σε αθλήτριες υψηλών επιδόσεων με ολιγομνηorroια και αμνηorroια, συγκριτικά με γυναίκες που είχαν φυσιολογική έμμηνορρυσία και ακολουθούσαν καθιστική ζωή. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυξημένα επίπεδα νοραδρεναλίνης θα μπορούσαν να έχουν αρνητική επίδραση στην έκκριση της LH και κατ' επέκταση να οδηγήσουν σε διαταραχές του έμμηνο κύκλου (Chang et al. 1987). Μελέτες σχετικά με την επίδραση της άσκησης σε άλλες ορμόνες του στρες, έχουν καταλήξει σε παρόμοια αποτελέσματα. Ορμόνες όπως είναι η προλακτίνη, η β-ενδορφίνη, η μελατονίνη, η αυξητική ορμόνη και άλλες ορμόνες του στρες (Baker et al. 1982, Brisson et al. 1980, Chang et al. 1986, Keizer et al. 1981, Mesaki et al. 1988, Mesaki et al. 1992, Kanaley et al. 1997) έχει βρεθεί ότι αυξάνουν με την έντονη άσκηση

και θεωρείται ότι πιθανώς έχουν επίδραση στις αναπαραγωγικές ανωμαλίες που παρατηρούνται σε γυναίκες αθλήτριες που ασκούνται επί μακρά χρονικά διαστήματα.

Διατροφή και Πρόσληψη Θρεπτικών Συστατικών. Η διατροφή και η επαρκής πρόσληψη θρεπτικών συστατικών αποτελούν έναν επιπλέον παράγοντα που συμβάλει στην παρουσία αθλητικής αμηνόρροιας. Ένα μεγάλο ποσοστό του γυναικείου πληθυσμού που εμφανίζει αμηνόρροια, έχει βρεθεί ότι εσκεμμένα καταναλώνει δίαιτες πολύ χαμηλών θερμίδων για λόγους εμφάνισης και φοβίας περιττών κιλών (De Cree 1998, De Souza et al. 2004, Chen et al. 1999). Πιο συγκεκριμένα, η συσχέτιση της αθλητικής αμηνόρροιας με τη νευρική ανορεξία (διατροφική διαταραχή) έγινε αρχικά τη δεκαετία του 1980. Πολλοί ερευνητές έχουν αναφέρει ότι αθλήτριες με αμηνόρροια και χαμηλό ποσοστό σωματικού λίπους, πάσχουν επίσης από νευρική ανορεξία ή κάποιου άλλου είδους διατροφική διαταραχή (Brooks et al. 1984, Mansfield et al. 1989, Sanborn et al. 1982). Η υπόθεση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι έχουν εντοπιστεί πολλά περιστατικά νευρικής ανορεξίας σε χορεύτριες μπαλέτου, οι οποίες εμφανίζουν και αθλητική αμηνόρροια. Επιπλέον, υπάρχουν κάποιες ομοιότητες όσον αφορά στις μεταβολικές ανωμαλίες που παρατηρούνται σε καταστάσεις νευρικής ανορεξίας και αμηνόρροιας (υψηλά επίπεδα κορτιζόλης, χαμηλά επίπεδα των 3,5,3' - τριωδοθυροξίνη (T3)) (DeCree 1998). Παρ' όλα αυτά, δεν υπάρχουν στοιχεία για την απόδειξη σχέσης αιτίας και αποτελέσματος μεταξύ της απουσίας εμμήνου ρύσεως και των διατροφικών διαταραχών.

Η χαμηλή ποσότητα διαθέσιμης ενέργειας, είτε λόγω χαμηλής διαιτητικής πρόσληψης είτε εξαιτίας υπερβολικής άσκησης, έχει βρεθεί ότι σχετίζεται με κάποιο τρόπο με την κατάσταση της αθλητικής αμηνόρροιας. Πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει ότι αμηνόρροιακές αθλήτριες έχουν αισθητά χαμηλότερη διαιτητική πρόσληψη συγκριτικά με άλλες αθλήτριες οι οποίες έχουν κανονική έμμηνο ρύση (Duester et al. 1986, Loucks et al. 1989, Myerson et al. 1991, Wilmore et al. 1992).

Σύμφωνα με παρατηρήσεις που έχουν γίνει σε έρευνες, αθλήτριες με αμηνόρροια έχουν επανειλημμένα διαγνωσθεί με χαμηλά επίπεδα της ορμόνης T3 στο αίμα, συγκριτικά με αθλήτριες που δεν εμφανίζουν αμηνόρροια. Χαμηλά επίπεδα T3 δηλώνουν ανεπάρκεια ενέργειας. Αυτή η κατάσταση, η οποία έχει βρεθεί ότι συνυπάρχει με την αύξηση των επιπέδων της αντίστροφης-T3 (rT3), είναι γνωστή ως "σύνδρομο χαμηλής-T3" και εμφανίζεται επιλεκτικά σε αθλήτριες με αμηνόρροια και εκείνες που δεν έχουν κανονική εμμηνορρυσία (Loucks et al. 1994). Οι Loucks et al. έχουν παρουσιάσει σε μια σειρά μελετών ότι η χαμηλή-διαθέσιμη ενέργεια, είτε λόγω χαμηλής πρόσληψης τροφής, είτε λόγω αυξημένης απώλειας μέσω της άσκησης, μπορεί να προκαλέσει το "σύνδρομο χαμηλής-T3" σε υγιείς αθλούμενες γυναίκες (Loucks et al. 1992, Loucks et al. 1993). Οι συγγραφείς κατέληξαν στο ότι η διαθέσιμη ενέργεια, και όχι αποκλειστικά και μόνο το στρες από την άσκηση, αποτελεί κύριο παράγοντα για την πρόκληση του «συνδρόμου χαμηλής-T3» σε γυναίκες με κανονική έμμηνο ρύση (Loucks et al. 1993).

Το «σύνδρομο χαμηλής T3», προκαλούμενο από παρα-

τεταμένη άσκηση ή δίαιτα χαμηλών θερμίδων, έχει βρεθεί ότι συνυπάρχει με διαταραχές του αναπαραγωγικού συστήματος, όπως είναι η καταστολή στη συχνότητα της LH και η αναστολή της έκκρισης της GnRH. Ο Loucks και συν (Loucks et al. 1994, Loucks et al. 1998) βρήκαν ότι η περιορισμένη διαθέσιμη ενέργεια λόγω μειωμένης πρόσληψης τροφής οδηγεί σε μείωση των επιπέδων της LH και διακόπτει τη «φυσιολογική» λειτουργία του άξονα υποθάλαμος- υπόφυση- ωοθήκη στις γυναίκες με κανονική εμμηνορρυσία. Αυτή η δυσλειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος φαίνεται ότι διορθώνεται με την αύξηση της πρόσληψης τροφής μέσα σε μόλις δύο ημέρες (Loucks et al. 1998).

Επομένως, η ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας και όχι το ίδιο το στρες από την άσκηση, φαίνεται ότι αποτελεί αιτιολογικό παράγοντα για τη δημιουργία προβλημάτων στο αναπαραγωγικό σύστημα, όπως είναι η αθλητική αμηνόρροια, καθώς και για ανωμαλίες στη λειτουργία του θυρεοειδούς αδένος σε αθλούμενες γυναίκες (Loucks et al. 1998). Οι παρατηρήσεις αυτές έρχονται σε συμφωνία με μία προηγούμενη υπόθεση που έχει διατυπωθεί από τους Warren et al. (1975). Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, οι δυσλειτουργίες του αναπαραγωγικού συστήματος σε αθλούμενες γυναίκες προκαλούνται από τη λεγόμενη "εξάντληση ενέργειας", και όχι μεμονωμένα εξαιτίας του στρες από την άσκηση (Warren et al. 1980). Πρόσφατα, το Αμερικανικό Κολέγιο Αθλητικών Επιστημών δημοσίευσε την επιστημονική του θέση όσον αφορά την αθλητική αμηνόρροια και τη «γυναικεία αθλητική τριάδα», και πρότεινε ως βασικό αιτιολογικό μηχανισμό της τριάδας τη χαμηλή ποσότητα διαθέσιμης ενέργειας (Nattiv et al. 2007), επισημαίνοντας έτσι ότι η έντονη άσκηση είναι ασφαλής και δεν επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στην υγεία των αθλητριών παρά μόνο όταν συνδυαστεί με χαμηλή διαθεσιμότητα ενέργειας. Περαιτέρω, πρόσθεσε ότι οι περισσότερες αρνητικές επιδράσεις εμφανίζονται από μια ενεργειακή διαθεσιμότητα χαμηλότερη από 30 θερμίδες ανά κιλό άλιπης σωματικής μάζας (Nattiv et al. 2007).

Ο φυσιολογικός μηχανισμός πίσω από την υπόθεση της "διαθέσιμης ενέργειας" δεν είναι ακόμα πλήρως γνωστός. Σύμφωνα με τους Loucks et al (1998), ο μηχανισμός για την παραγωγή της GnRH ανακόπτεται μέσω κάποιου άγνωστου μέχρι στιγμής σήματος, το οποίο ενεργοποιείται λόγω της μειωμένης διαθέσιμης ενέργειας, εξαιτίας χαμηλής πρόσληψης τροφής ή παρατεταμένης/ έντονης άσκησης. Πιθανολογείται ότι ο μηχανισμός πίσω από αυτή την υπόθεση, συνδέεται με τα χαμηλά διαθέσιμα επίπεδα γλυκόζης στον εγκέφαλο, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ανωμαλίες στη λειτουργία του γενετικού συστήματος και του θυρεοειδούς αδένος. Παρά την εκτενή έρευνα που έχει διεξαχθεί και που τα αποτελέσματά της υποστηρίζουν την υπόθεση αυτή, χρειάζονται ακόμα περισσότερα στοιχεία για την ταυτοποίηση του σήματος που συνδέει τη χαμηλή διαθέσιμη ενέργεια με ανωμαλίες στη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Επίσης, απαιτούνται περισσότερα στοιχεία για την πλήρη τεκμηρίωση της υπόθεσης.

Εν κατακλείδι, η αύξηση του όγκου ή της έντασης της προπόνησης, καθώς και ο περιορισμός στη λήψη τροφής, μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα του αναπαραγωγ-

γικού συστήματος, και μακροπρόθεσμα σε αμηνόρροια ή άλλα προβλήματα γονιμότητας. Δύο υποθέσεις έχουν διατυπωθεί για να εξηγήσουν το φαινόμενο αυτό. Η μία υποστηρίζει ως αιτιολογικό παράγοντα το «στρες από την άσκηση», και αναφέρεται στην επίδραση της χρόνιας άσκησης στη λειτουργία του άξονα υποθάλαμος- υπόφυση και που με τη σειρά του ανακόπτει την παραγωγή των ορμονών GnRH και LH. Η δεύτερη και πιο πρόσφατη υπόθεση, η οποία παρουσιάζει ως αιτιολογικό παράγοντα τη “διαθέσιμη ενέργεια”, αναφέρεται στην επίδραση της άσκησης και/ ή της διατροφής στη χαμηλή ποσότητα διαθέσιμης για τον οργανισμό ενέργειας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκή παροχή ενέργειας στον εγκέφαλο και κατά συνέπεια σε διαταραχές της λειτουργίας του αναπαραγωγικού συστήματος. Το αν αυτές οι διαταραχές οφείλονται σε “εξάντληση ενέργειας” ή σε αυξημένη ανταπόκριση του οργανισμού στο στρες της άθλησης, δεν είναι ακόμη γνωστό (Chen et al. 1999).

Επίδραση της αμηνόρροιας στην αθλητική απόδοση

Ο τρόπος με τον οποίο επιδρά η αμηνόρροια στην αθλητική απόδοση δεν είναι ακόμα καλά εξακριβωμένος. Κάποιοι συγγραφείς έχουν αναφέρει μειωμένη απόδοση κατά τη διάρκεια της ωχρινικής φάσης του έμμηνου κύκλου, ισχυριζόμενοι την πιθανότητα ότι οι αθλήτριες με αμηνόρροια μπορεί να έχουν τουλάχιστον μία μέση ή και πέρα του ικανοποιητικού απόδοση. Κατά τη διάρκεια της ωχρινικής φάσης, παρατηρείται μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου σε άσκηση χαμηλότερης έντασης, συγκριτικά με άλλες φάσεις του έμμηνου κύκλου, γεγονός που υποδηλώνει μειωμένη αθλητική απόδοση κατά την ωχρινική φάση. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ωχρινική φάση του κύκλου συνδέεται με αυξημένες αερόβιες απαιτήσεις σε άσκηση χαμηλότερης έντασης, γεγονός το οποίο μπορεί να μειώσει την αθλητική απόδοση (Schoene et al. 1980). Έχουν αναφερθεί επίσης, αυξημένα επίπεδα γαλακτικού οξέος κατά την ωχρινική φάση συγκριτικά με την παραγωγική φάση, κάτι το οποίο δείχνει αυξημένο αναερόβιο μεταβολισμό (Lavoie et al. 1987, Baker 1981).

Από την άλλη πλευρά, αρκετές μελέτες δεν έχουν βρει καμία διαφορά στην αθλητική απόδοση κατά τη διάρκεια και των δύο φάσεων του κύκλου (ωχρινικής και παραγωγικής) έχοντας λάβει υπόψη τις εξής παραμέτρους: καρδιακός ρυθμός, αναπνοή, πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακή εξώθηση, θερμορύθμιση και επίπεδα γαλακτικού οξέως (Bemden et al. 1995, De Bruyn Prevost et al. 1984, De Souza et al. 1990, Higgs et al. 1981, Jurkowski et al. 1981). Αντίθετα, άλλες μελέτες έχουν υποστηρίξει βελτιωμένη απόδοση κατά τη διάρκεια της ωχρινικής φάσης του έμμηνου κύκλου (Baker 1981, Nicklas et al. 1989). Η βελτιωμένη απόδοση, η οποία έχει επίσης διαπιστωθεί σε μελέτες με ζώα, αποδίδεται σε πιθανή θετική επίδραση των οιστρογόνων στο μεταβολισμό καθώς και στην προστατευτική του δράση από μυϊκές κακώσεις (De Cree 1998).

Επιπτώσεις της αθλητικής αμηνόρροιας

Η αθλητική αμηνόρροια μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία αν δεν αντιμετωπιστεί με κάποια θεραπεία. Η παρατεταμένη αθλητική αμηνόρροια έχει βρεθεί ότι αυξάνει τον κίνδυνο υπογονιμότητας ή στειρότητας (Fagan 1998). Τέτοιες καταστάσεις όμως θεωρούνται αναστρέψιμες, από τη στιγμή που θα επανέλθει η έμμηνος ρύση. Η βραχυπρόθεσμη απουσία ωορρηξίας απλώς εμποδίζει την ικανότητα σύλληψης, γεγονός το οποίο είναι αναστρέψιμο με τη μείωση της έντασης της άσκησης (Prior 1982, Sanborn et al. 1987, De Cree 1998). Τις περιόδους κατά τις οποίες η προπόνηση είναι μειωμένη ή σε περιόδους διακοπών, η λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος των αθλητριών με αμηνόρροια, ομαλοποιείται και επανέρχεται η έμμηνος ρύση. Όμως, για πολλές κορυφαίες αθλήτριες δεν υπάρχει περίοδος μειωμένης προπόνησης, και επομένως η παρατεταμένη αμηνόρροια μπορεί να προκαλέσει μακροπρόθεσμα, μόνιμες βλάβες.

Έρευνες έχουν δείξει ότι αθλήτριες με παρατεταμένη αμηνόρροια αυξάνουν τον κίνδυνο μείωσης της οστικής πυκνότητας και κατ' επέκταση την πιθανότητα να αναπτύξουν μελλοντικά οστεοπόρωση (Drinkwater et al. 1984, Bennell et al. 1997). Ακόμα κι αν κάποια αθλήτρια έχει χάσει περισσότερες από 6 συνεχόμενες περιόδους, έχει αυξημένο κίνδυνο για να αναπτύξει πρόωρη οστική απώλεια (Fagan 1998). Η οστική πυκνότητα σε ολόκληρο το σώμα και στη σπονδυλική στήλη εμφανίζεται μειωμένη σε αθλήτριες με αμηνόρροια (Loyd et al. 1986). Η επανέναρξη της έμμηνου ρύσεως φαίνεται ότι βοηθά τις αθλήτριες αυτές να ανακτήσουν μέρος από τη χαμένη οστική τους μάζα, αλλά όχι να επανέλθουν στα προηγούμενα φυσιολογικά επίπεδα οστικής μάζας (Fagan 1998, Drinkwater et al. 1986). Τέλος, έχει βρεθεί σε πολλές μελέτες μια άμεση συσχέτιση μεταξύ των καταγμάτων λόγω της έντασης της άσκησης και του αριθμού των συνεχόμενων περιόδων που έχουν χάσει αθλήτριες (Myburgh et al. 1990, Warren et al. 1986).

Ο αυξημένος κίνδυνος για καρδιαγγειακή νόσο είναι άλλη μία επιπλοκή της παρατεταμένης αθλητικής αμηνόρροιας (Chen et al. 1999). Είναι γνωστό ότι τα μειωμένα επίπεδα οιστρογόνων κατά την εμμηνόπαυση αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο για καρδιαγγειακή νόσο λόγω του κακού λιπιδαιμικού προφίλ και πιο συγκεκριμένα εξαιτίας της αύξησης της συγκέντρωσης λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL) στο πλάσμα. Οι έρευνες σε γυναίκες με αμηνόρροια, μας δίνουν παρόμοια αποτελέσματα. Αυξημένα επίπεδα των LDL και HDL (λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας) έχουν αναφερθεί για αθλήτριες με αμηνόρροια (Friday et al. 1993). Παρ' όλα αυτά, το κλάσμα LDL/ HDL ήταν το ίδιο ανάμεσα σε αθλήτριες με αμηνόρροια και άλλες με φυσιολογική περίοδο. Η αύξηση της HDL αντιστάθμιζε τα αυξημένα επίπεδα της LDL στις αθλήτριες με αμηνόρροια.

Θεραπεία της αθλητικής αμηνόρροιας

Η αντιμετώπιση της αθλητικής αμηνόρροιας, λόγω της πολυδιάστατης φύσης της, επιβάλλει τη συμμετοχή μιας επι-

στημονικής ομάδας που περιλαμβάνει ιατρικό προσωπικό, διατροφολόγο, και ψυχολόγο. Προκειμένου να ετοιμάσουν οι ειδικοί ένα πρόγραμμα θεραπείας της αμηνόρροιας για αθλήτριες, θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους τη σύνθετη και πολυδιάστατη φύση της διαταραχής αυτής και στη συνέχεια να ετοιμάσουν ένα εξατομικευμένο πλάνο για την κάθε περίπτωση (Nattiv et al. 2007). Πολλοί παράγοντες πρέπει να αξιολογηθούν, όπως είναι η διατροφική και η φυσική κατάσταση της γυναίκας, πιθανές διατροφικές διαταραχές, εξαναγκαστική άσκηση, τα επίπεδα των φυλετικών ορμονών, η κατάσταση αμηνόρροιας, κτλ. Ο στόχος της θεραπείας είναι να ρυθμίσει τα βραχυπρόθεσμα προβλήματα της εμμήνου ρύσεως και να προλάβει την εμφάνιση μακροπρόθεσμων προβλημάτων υγείας, όπως είναι η οστεοπόρωση (Chen et al. 1999). Τα θεραπευτικά σχήματα για την αντιμετώπιση της αθλητικής αμηνόρροιας συνήθως περιλαμβάνουν άμεση σίτιση και τροποποίηση της άσκησης, καθώς και θεραπεία ορμονικής αποκατάστασης (HRT), παρόμοια με εκείνη που εφαρμόζεται για την εμμηνόπαυση (Warren et al. 2000). Επιπλέον, απαιτείται η καθημερινή χορήγηση συμπληρωμάτων ασβεστίου, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος για οστεοπόρωση και για να εξασφαλίσουμε ασφαλή συμμετοχή στα αθλήματα (να μειώσουμε τον κίνδυνο καταγμάτων). Δεν έχουν αναφερθεί παρενέργειες στην υγεία και στην αθλητική απόδοση, όσον αφορά στη χορήγηση ορμονικών σκευασμάτων κατά τη θεραπεία ορμονικής αποκατάστασης ή λόγω της λήψης αντισυλληπτικών από το στόμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η έρευνα σχετικά με τη HRT και την αμηνόρροια δεν έχει διεξαχθεί πάνω στην αθλητική αμηνόρροια αλλά σε άλλα είδη αμηνόρροιας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικοί παράγοντες για το κάθε περιστατικό πριν γίνει η συνταγογράφηση των ορμονικών σκευασμάτων για τη HRT (Emans et al. 1990, Shangold et al. 90).

Βιβλιογραφία

- AHIMA RS, PRABAKARAN D, MANTZOROS C, QU D, LOWELL B and MARATOS-FLIER E. Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting. *Nature* 382: 250-2, 1996.
- ARENA B, MAFFULLI N, MAFFULLI F and MORLEO MA. Reproductive hormones and menstrual changes with exercise in female athletes. *Sports Med* 19 (4): 278-287, 1995.
- BAKER ER. Menstrual dysfunction and hormonal status in athletic women: a review. *Fertil Steril* 36 (6): 691-6, 1981.
- BAKER ER, MATHUR RS and KIRK RF. Female runners and secondary amenorrhea: correlation with age, parity, mileage, and plasma hormonal and sex hormone binding globulin concentrations. *Fertil Steril* 36 (2): 183-7, 1981.
- BAKER ER, MATHUR RS and KIRK RF. Plasma gonadotropins, prolactin and steroid hormone concentration in female runners immediately after a long distance run. *Fertil Steril* 38: 38-41, 1982.
- BAUMAN JE. Basal Body Temperature: unreliable method for ovulation detection. *Fertil Steril* 36(6): 729-33, 1981.
- BEIM G and STONE DA. Issues in the female athlete. *Sports Med* 26(3): 443-51, 1995.
- BEMBEN DA, SALM PC and SALM AJ. Ventilatory and blood lactate responses to maximal treadmill exercise during the menstrual cycle. *J Sport Med Phys Fitness* 35(4): 257-62, 1995.
- BIRCH KF. Female athlete triad. *Brit Med J* 330: 29, 2005.
- BODEN G, CHEN X, MOZZOLI M and RYAN I. Effects of fasting on serum leptin in normal human subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 81: 3419-23, 1996.
- BONEN A, BELCASTRO AN and LING WY. Profiles of selected hormones during menstrual cycle of teenage athletes. *J Appl Physiol* 50: 545-51, 1981.
- BONEN A. Exercise-induced menstrual cycle changes: a functional temporary adaptation to metabolic stress. *Sport Med* 17(6): 373-92, 1994.
- BRISSON GR, VOLLE MA and DeCaruifel D. Exercise dissociation of the blood prolactin response in young women according to sports habits. *Horm Metab Res* 12:201-5, 1980.
- BRISSON GR, DULAC S and PERONNET F. The onset of menarche: a late even in pubertal progression to be affected by physical training. *Can J Appl Sport Sci* 7(2): 61-7, 1982.
- BROOKS SM, SANBORN CF and ALBRECHT BH. Diet in athletic amenorrhea. *Lancet* II: 559-60, 1984.
- BROOKS-GUNN J, WARREN MP and HAMILTON LH. The relation of eating problems and amenorrhea in ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc* 19(1): 41-4, 1987.
- BULLEN BA, SKRINAR GS and BEITINS IZ. Endurance training effects on plasma hormonal responsiveness and sex hormone excretion. *J Appl Physiol* 56(6): 1453-63, 1984.
- BULLEN BA, SKRINAR GS and BEITINS IZ. Induction of menstrual cycle disorders by strenuous exercise in untrained women. *N Engl J Med* 312: 1349-53, 1985.
- BUNT JC, BAHR JM and BEMBEN DA. Comparison of estradiol and testosterone levels during and immediately following prolonged exercise in moderately active and trained males and females. *Endocr Res* 13(2): 157-72, 1987.

Συμπεράσματα

Η αθλητική αμηνόρροια είναι μία σταθερά αυξανόμενη και συχνά απαντόμενη δυσλειτουργία σε γυναίκες αθλήτριες, σε ολόκληρο τον κόσμο. Πρόκειται για μια σοβαρή διαταραχή στη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος, η οποία χαρακτηρίζεται από μείωση και τελικά απώλεια της έμμηνου ρύσεως, χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων και προγεστερόνης, μειωμένης διάρκειας ωχρινική φάση, απουσία ωορρηξίας και άλλα προβλήματα που σχετίζονται με τη γονιμότητα. Η εμφάνισή της για παρατεταμένες χρονικά περιόδους, μπορεί να επιφέρει σοβαρές επιπλοκές στην υγεία, όπως είναι η οστεοπόρωση, η στειρότητα, πιθανώς ακόμα και η καρδιαγγειακή νόσος. Θεωρείται μία κατάσταση μερικώς αναστρέψιμη, εφόσον εφαρμοστεί κάποιου είδους θεραπεία. Παρά τις σοβαρές επιπλοκές δεν έχει βρεθεί ακόμα ο ακριβής μηχανισμός που οδηγεί σε αμηνόρροια. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών δείχνει ότι η αθλητική αμηνόρροια οφείλεται σε φυσιολογική απόκριση του οργανισμού σε στρεσογόνες καταστάσεις. Η έντονη άσκηση σε συνδυασμό με χαμηλή διαθεσιμότητα ενέργειας για το σώμα, λόγω αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας μέσω της άσκησης ή χαμηλής ενεργειακής πρόσληψης έχει δείξει ότι οδηγεί σε διαταραχές του αναπαραγωγικού συστήματος των αθλητριών. Παρά όμως τον εκτενή αριθμό μελετών που έχουν διεξαχθεί και που τα αποτελέσματά τους στηρίζουν τον αιτιολογικό αυτό μηχανισμό, χρειάζονται περισσότερες μελέτες για την ταυτοποίηση του σήματος που συνδέει τη χαμηλή διαθέσιμη ενέργεια με ανωμαλίες στο αναπαραγωγικό σύστημα, προκειμένου να κατανοήσουμε πλήρως και να αντιμετωπίσουμε πιο αποτελεσματικά αυτό το σύνθετο και πολυδιάστατο πρόβλημα υγείας.

- BUNT JC. Metabolic actions of estradiol: significance for acute and chronic response. *Med Sci Sports Exerc* 22:286-90, 1990.
- CARLBERG KA, BURKMAN MT and PEAKE GT. Body composition of oligo/amenorrheic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 15 (3): 215-7, 1983.
- CHANG FE, DODDS WG and SULLIVAN M. The acute effects of exercise on prolactin and growth hormone secretion: comparison between sedentary women and women runners with normal and abnormal menstrual cycles. *J Clin Endocrinol Metab* 62(3): 551-6, 1986.
- CHEN EC and BRZYSKI RG. Exercise and reproductive dysfunction. *J Fertil Steril* 71(1): 1-8, 1999.
- CHIN NW, CHANG FE, DODDS WG, KIM MH and MALARKEY WB. Acute effects of exercise on plasma catecholamines in sedentary and athletic women with normal and abnormal menses. *Am J Obst Gynecol* 157(4): 938-44, 1987.
- CHROUSOS GP and GOLD PW. The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. *JAMA* 267: 1244-52, 1992.
- CHROUSOS GP, TORPY DJ and GOLD PW. Interactions between the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the female reproductive system: Clinical implications. *Ann Intern Med* 129: 229-40, 1998.
- DALE E & GOLDBERG DL. Implications of nutrition in athletes' menstrual cycle irregularities. *Can J Appl Sport Sci* 7(2): 74-8, 1982.
- DE BRUYN-PREVOST P, MASSET C and STURBOIS X. Physiological response from 18-25 years women to aerobic and anaerobic physical fitness tests at different periods during the menstrual cycle. *J Sports Med Phys Fitness* 24: 144-8, 1984.
- DECREE C, LEWIN R and OSTYN M. Failure to induce ovulation with clomiphene citrate and bromocriptine in luteal deficient women athletes. *Int J Sports Med* 12(3): 269-75, 1991.
- DECREE C. Sex steroid metabolism and menstrual irregularities in the exercising female: a review. *Sports Med* 25(6): 369-406, 1998.
- DESOUZA MJ, MAGUIRE MS and RUBIN KR. Effects of menstrual phase and amenorrhea on exercise performance in runners. *Med Sci Sports Exerc* 22(5): 575-80, 1990.
- DESOUZA MJ and WILLIAMS NI. Physiological aspects and clinical sequelae of energy deficiency and hypoestrogenism in exercising women. *Human Reprod Update*, 10(5): 433-448, 2004.
- DEUSTER PA, KYLE SB and MOSER PB. Nutritional survey of highly trained women runners. *Fertil Steril* 46: 636-43, 1986.
- DRINKWATER BL, NILSON K and OTT S. Bone mineral density after resumption of menses in amenorrheic athletes. *JAMA* 256: 380-2, 1986.
- FAGAN KM. Pharmacologic management of athletic amenorrhea. *Sports Pharmacology* 17(2): 327-41, 1998.
- FRISCH RE, REVELLE R and COOK S. Components of weight at menarche and the initiation of the adolescent growth spurts in girls: estimated total water, lean body weight and fat. *Hum Biol* 45:449-83, 1973.
- FRISCH RE and MACARTHUR JW. Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for the maintenance or onset of menstruation. *Science* 185: 949-51, 1974.
- FRISCH RE, WYSHAK G and VINCENT L. Delayed menarche and amenorrhea in ballet dancers. *N Engl J Med* 303: 17-9, 1980.
- FRISCH RR, GOTZ-WELBERGEN AV and MACARTHUR JW. Delayed menarche and amenorrhea of college athletes in relation to age of onset of training. *JAMA* 246: 1559-63, 1981.
- GLASS AR, DEUSTER PA and KYLE SB. Amenorrhea in Olympic marathon runners. *Fertil Steril* 48(5): 740-5, 1987.
- GRAY P and DALE E. Variables associated with secondary amenorrhea. *J Sport Sci* 1:55-67, 1983.
- GRINSPOON S, GULICK T, ASKARI H, LANDT M, LEE K and ANDERSON E. Serum leptin levels in women with anorexia nervosa. *J Clin Endocrinol Metab* 81: 3861-3, 1996.
- HARBER VJ, WEBBER CE and SUTTON JR. The effect of amenorrhea on bone calcaneal bone density and total bone turnover in runners. *Int J Sports Med* 12(5): 505-8, 1991.
- HEINRICH GH, GOING SB and PAMENTIER RW. Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 22(5): 558-63, 1990.
- HIGHER R. Athletic amenorrhea: an update on aetiology, complications and management. *Sports Med* 7(2): 82-108, 1989.
- JURKOWSKI JE, JONES NL and WALKER WC. Ovarian hormonal responses to exercise. *J Appl Physiol* 44(1): 109-14, 1978.
- JURKOWSKI JE, HALL, JONES NL and TOEWS CJ. Effects of menstrual cycle on blood lactate, O₂ delivery, and performance during exercise. *J Appl Physiol* 51(6): 1493-9, 1981.
- KANALEY JA, WELTMAN JY, VELDHUIS JD, ROGOL AD, HARTMAN ML and WELTMAN A. Human growth hormone response to repeated bouts of aerobic exercise. *J Appl Physiol* 83 (5):1756-61, 1997.
- KEIZER HA, VAN SOEST OP and BECKERS E. Exercise-induced changes in estradiol metabolism and their possible physiological meaning. *Med Sport* 14: 141-7, 1981.
- KEIZER HA, PLATEN P and MENHEERE PP. The hypothalamic/pituitary axis under exercise stress: the effects of aerobic and anaerobic training. In: Rogol A, Laron Z., eds. *Hormones and sport. Serono Symposium publications* (vol 55). New York: Raven Press, 1989: 101-15.
- LAVOIE J-M, DIONNE N and HELIE R. Menstrual cycle phase dissociation of blood glucose homeostasis during exercise. *J Appl Physiol* 62(3): 1084-9, 1987.
- LOUCKS AB and HORVATH SM. Athletic amenorrhea: a review. *Med Sci Sports Exerc* 17(1): 56-72, 1985.
- LOUCKS A, MORTOLA JF and GIRTON L. Alterations in the hypothalamic-pituitary-ovarian and the hypothalamic-pituitary-adrenal axes in athletic women. *J Clin Endocrinol Metab* 68:402-11, 1989
- LOUCKS AB, VAITUKAITIS J and CAMERON JL. The reproductive system and exercise in women. *Med Sci Sports Exerc* 24 (6 Suppl): S288-93, 1992.
- LOUCKS AB, LAUGHLIN GA, MORTOLA JF, GIRTON L, NELSON JC and YEN SSC. Hypothalamic-pituitary-thyroidal function in eumenorrheic and amenorrheic athletes. *J Clin Endocr Metab* 75(2): 514-8, 1992.
- LOUCKS AB and CALLISTER R. Induction and prevention of low T3 syndrome in exercising women. *Am J Physiol* 264(33): R924-30, 1993.
- LOUCKS AB and HEATH EM. Induction of low-T3 syndrome in exercising women occurs at a threshold of energy availability. *Am J Physiol* 266(35): R817-823, 1994.
- LOUCKS AB and HEATH EM. Dietary restriction reduces LH pulse frequency during waking hours and increases LH pulse amplitude during sleep in young menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab* 78: 910-5, 1994.
- LOUCKS AB, BROWN R, KING K, THUMA JR and VERDUN M. A combined regimen of moderate dietary restriction and exercise training alters luteinizing hormone pulsatility in regularly menstruating young women. (Abstract) Proc Annu Meeting Endocr Soc, Washington, DC, p558, 1995.
- LOUCKS AB and VERDUN M. Slow restoration of LH pulsatility by refeeding in energetically disrupted women. *Am J Physiol* 275(44) R1218-26, 1998.
- LOUCKS AB, VERUN M and HEATH EM. Low energy availability, not the stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *J Appl Physiol* 84(1): 37-46, 1998.
- LUTTER JM and CUSHMAN S. Menstrual patterns in female runners. *Physician Sports Med* 10(9): 60-72, 1982.
- MANN GV. Menstrual effects of athletic training. *Med Sport* 14:198-9, 1981. *Endocrinol Metab* 68(2): 402-11, 1989.
- MANSFIELD MJ and EMANS SJ. Anorexia nervosa, athletics and amenorrhea. *Pediatr Clin North Am* 36: 533-49, 1989.
- MARSHALL LA. Clinical evaluation of amenorrhea in active and athletic women. *Clin Sports Med* 13: 371-87, 1994.
- MESAKI N, SASAKI J and SHOJI M. Delayed menarche followed by early onset of athletic training. [English abstract]. *Acta Obstet Gynaec Jpn* 36(1): 49-56, 1984.
- MESAKI N, SASAKI J and SHOJI M. Hormonal changes during continuous exercise in athletic women [English abstract]. *Acta Obst Gynaec Jpn* 39(1) : 63-9, 1984.
- MESAKI N, SASAKI J & SHOJI M. Hormonal changes during incremental exercise in athletic women [English abstract]. *Acta Obst Gynaec Jpn* 38(1):45-52, 1986.
- MESAKI N, MOTOBU M and SASAKI J. Hypothalamic-pituitary function in female athletes [English abstract]. *Jpn J Fertil Steril* 33(2): 291-6, 1988.
- MESAKI N, SASAKI J & NABESHIMA Y. Exercise decreases the pulsatile secretion of luteinizing hormone. *Jpn J Fertil Steril* 37(1): 16-21, 1992.
- MYBURGH KH, HUTCHINS J and FATAAR AB. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med* 113: 754-759, 1990. American College of Sports Medicine.
- NATTIV A, LOUCKS AB, MANORE MM, SANBORN CF, SUNDGOT-BORGEN J, WARREN MP and ACSM. American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* 39(10):1867-198, 2007.
- NICKLAS BJ, HACKNEY AC and SHARP RL. The menstrual cycle and exercise: performance, muscle glycogen and substrate responses. *Int J Sports Med* 10:264-9, 1987.
- OLSON BR, CARTLEDGE T, SEBRING N, DEFENSOR R and NIEMAN L. Short-term dastinf affects luteinizing hormone secretory dynamics but not reproductive function in normal weight sedentary women. *J Clin Endocrinol Metab* 80: 1187-1193, 1995.
- PETTERSSON U, STALNACKE BM, AHLENIUS GM, HENRIKSSON-LARSEN K and LORENTZON R. Low bone mass density at multiple skeletal sites, including the appendicular skeleton in amenorrheic runners. *Calcif Tissue Int* 64: 117-25, 1999.
- PRIOR JC. Endocrine conditioning with endurance training, a preliminary review. *Can J Appl Sport Sci* 7: 148-57, 1982.

- PRIOR JC, CAMERON K and YUEN BH. Menstrual cycle changes with marathon training: anovulation and short luteal phase. *Can J Appl Sport Sci* 7: 173-7, 1982.
- PRIOR JC, HO YUEN B and CLEMENT P. Reversible luteal phase changes and infertility associated with marathon training. *Lancet* II(8292): 269-70, 1982.
- PRIOR JC, VIGNA YM and SCHULZER M. Determination of luteal phase length by quantitative basal temperature methods: validation against the midcycle LH peak. *Clin Invest Med* 13: 123-31, 1990.
- ROGOL AD, WELTMAN A, WELTMAN JY, SEIP RL, SNEAD DB, LEVINE S, HASKVITZ EM, THOMPSON DL, SCHURRER R, DOWLING E et al. Durability of the reproductive axis in eumenorrheic women during 1 yr of endurance training. *J Appl Physiol* 72(4):1571-80, 1992.
- SANBORN CF, MARTIN BJ and WAGNER WW. Is athletic amenorrhea specific to runners? *Am J Obstet Gynecol* 143:859-61, 1982.
- SANBORN CF, ALBRECHT BH and WAGNER Jr WW. Athletic amenorrhea: lack of association with body fat. *Med Sci Sports Exerc* 19(3): 207-12, 1987.
- SCHOENE RB, PIERSON DJ and LAKSHMINARAGAVAN S. Effect of medroxyprogesteroneacetate on respiratory drives and occlusion pressure. *Bull Eur Physiopath Resp* 16: 645-53, 1980.
- SCHWARTZ B, CUMMING DC and RIORDAN E. Exercise-induced amenorrhea: a distinct identity. *Am J Obstet Gynecol* 141(6): 662-70, 1981.
- SCOTT G and TUTTLE WW. The periodic fluctuation in physical efficiency during the menstrual cycle. *Res Quart* 3:137-44, 1932.
- SHANGOLD MM. Sports and menstrual function. *Physician Sports Med* 8(8): 66-70, 1980.
- SHANGOLD MM. Menstrual irregularity in athletes: basic principles, evaluation and treatment. *Can J Appl Sport Sci* 7(2): 68-70, 1982.
- TOMTEN SE, HOSTMARK AT and STROMME SB. Exercise intensity: an important factor in the etiology of menstrual dysfunction? *Scan J Med Sci Sports* 6:329-36, 1996.
- WARREN MP, JEWEEWICZ and DYREN FURTH I. The significance of weight loss in the evaluation of pituitary response to LH-RH in women with secondary amenorrhea. *J Clin Endocrinol Metab* 40:601, 1975.
- WARREN MP, BROOKS GUNN J and HAMILTON LH. Scoliosis and fractures in young ballet dancers. *N Engl J Med* 314: 1348-53, 1986.
- WARREN MP and SHANTHA S. The female athlete. *Baillieres Best Pract. Res Clin Endocrinol Metab* 14(1):37-53, 2000.
- WARREN MP and PERLROTH NE. The effects of intense exercise on the female reproductive system. *J Endocrinol* 170: 3-11, 2001.
- WEBB JL, MILLAN DL and STOLZ CJ. Gynecological survey of American female athletes competing at the Montreal Olympic Games. *J Sport Med Phys Fitness* 12:405-12, 1979.
- WETZELS LCG, HOOGLAND HJ and DE HAAN J. Basal body temperature is a method of ovulation detection: comparison with ultrasonographical findings. *Gynaecol Obstet Invest* 13: 239-40, 1982.
- WILMORE JH, WAMBSGANS KC and BRENNER M. Is there energy conservation in amenorrheic compared with eumenorrheic distance runners? *J Appl Physiol* 72(1): 15-22, 1982.

Τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά της βάδισης ατόμων με κινητικά προβλήματα κατά το πέρασμα εμποδίου

Χρήστος Αντωνόπουλος¹, Μαριάννα Χ. Κοτζαμανίδου² και Βασίλειος Πανουτσακόπουλος¹

¹ Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

² Τμήμα Φυσικοθεραπείας, Μητροπολιτικό Κολλέγιο ΑΚΜΗ Θεσσαλονίκης

Περίληψη

ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ Χ., ΚΟΤΖΑΜΑΝΙΔΟΥ Μ.Χ. και ΠΑΝΟΥΤΣΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Β. Τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά της βάδισης ατόμων με κινητικά προβλήματα κατά το πέρασμα εμποδίου. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 60-70. Η παρούσα ανασκόπηση κατέδειξε ότι το πέρασμα εμποδίου μικρού ύψους αποτελεί μία προσαρμογή της βάδισης σε ένα φυσικό εμπόδιο χωρίς να αποτελεί αλτική διαδικασία. Οι βασικοί μηχανισμοί που καθορίζουν την τεχνική περάσματος είναι το οπτικό, κιναισθητικό και μυοσκελετικό σύστημα. Η τεχνική περάσματος επηρεάζεται από την ηλικία, το φύλο, την προπόνηση, τις ασθένειες και το υλικό κατασκευής και τα χαρακτηριστικά του εμποδίου. Η τεχνική περάσματος καθορίζεται από το εύρος κίνησης της ποδοκνημικής άρθρωσης, του γόνατος και του ισχίου και επηρεάζεται από την απόσταση πατήματος και το ύψος εμποδίου. Η εξάσκηση στο πέρασμα εμποδίου ηλικιωμένων με ιστορικό πτώσεων, καθώς και ατόμων με κινητικά προβλήματα ή με νοητική υστέρηση έχει φανεί ότι βελτιώνει την κινητικότητα τους και τη δυναμική τους ισορροπία με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της συχνότητας των πτώσεων. Κατά συνέπεια, η εξάσκηση στο πέρασμα εμποδίου αποτελεί μέσο για τη βελτίωση της καθημερινότητας και της ποιότητας ζωής ατόμων τρίτης ηλικίας, καθώς και ατόμων με κινητικά προβλήματα ή μακρόχρονα προβλήματα υγείας.

Λέξεις κλειδιά: ΒΑΔΙΣΗ, ΠΕΡΑΣΜΑ ΕΜΠΟΔΙΟΥ, ΚΙΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ, ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΠΑΡΑΛΥΣΗ, ΝΟΣΟΣ ΤΟΥ ΠΑΡΚΙΝΣΟΝ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί την ανάλυση περάσματος ενός μικρού ύψους εμποδίου. Για τον παραπάνω λόγο η δομή της ανασκόπησης έχει τα παρακάτω κεφάλαια: α) Εισαγωγή στη βάδιση, β) Πέρασμα εμποδίου, γ) Παράγοντες περάσματος εμποδίου, δ) Μηχανισμοί περάσματος εμποδίου, και ε) Κινητική ανάλυση.

Εισαγωγή στη βάδιση

Η βάδιση αποτελεί την κλασικότερη μεταφορά της σωματικής μάζας του ανθρώπινου σώματος και πιθανότατα την περισσότερο πολύπλοκη, λόγω της συνδιαστικής ενεργοποίησης των κάτω άκρων με τον κορμό και τα άνω άκρα (Κόλλιας, 1997). Πάρα ταύτα, μπορεί να γίνει αποδεκτός ως αρκετά επαρκής ο εξής ορισμός: "ως βάδιση ορίζεται η σταθερή και ρυθμικά επαναλαμβανόμενη κίνηση των μελών του ανθρώπινου σώματος, με στόχο την μεταφορά του σώματος προς την οποιαδήποτε επιθυμητή κατεύθυνση" (Perry 1985).

Το πρότυπο βάδισης μελετάται ως ένας κύκλος βάδισης, ο οποίος ορίζεται ως η κίνηση των μελών, από την προσγείωση και επαφή της πτέρνας (heel strike) του ενός

ποδιού στο έδαφος ως την αμέσως επόμενη προσγείωση και επαφή της πτέρνας του ίδιου ποδιού στο έδαφος. Η επαφή της πτέρνας (heel strike) και η αποκόλληση των δακτύλων (toe off) από το έδαφος είναι τα στιγμιαία γεγονότα του κύκλου βάδισης. Υπάρχουν δυο περίοδοι διπλής στήριξης, όπου ο καθένας από αυτούς αντιστοιχεί στο 10% του κύκλου βάδισης, όταν και τα δυο πόδια βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος. Αυτές είναι η αρχική (αντίδραση φόρτισης) και η τελική (προ-αίωρησης) της φάσης στήριξης (Gage, Minnesota, DeLuca, Newington και Renshaw 1995). Αντίθετα, μονή στήριξη έχουμε όταν μόνο το ένα άκρο πόδι είναι σε επαφή με το έδαφος (Ouhri 1994). Ο κύκλος βάδισης ξεκινάει με την φάση στήριξης (stance phase), η οποία περιλαμβάνει το 60% του κύκλου βάδισης, από την αρχική επαφή της πτέρνας. Έπειτα ακολουθεί η αντίδραση φόρτισης, με την πελματιαία κάμψη που συμβαίνει στην άρθρωση της ποδοκνημικής προκειμένου να εισάγει όλο το άκρο πόδι στην επαφή με το έδαφος, ακολουθούμενη από τη μέση στήριξη, στην οποία το βάρος του σώματος περνάει προς τα εμπρός πάνω από το σταθερό πόδι και την ποδοκνημική άρθρωση σε ραχιαία κάμψη. Τότε συμβαίνει η τελική στήριξη (terminal stance), με την πτέρνα να αφήνει το έδαφος και το άκρο πόδι σε πελματιαία κάμψη και φάση προ-αίωρησης, με αποτέλεσμα την απογείωση-αποκόλληση των δακτύλων (toe off) από το έδαφος. Μετά ακολουθεί η φάση αίωρησης της βάδισης, η οποία περιλαμβάνει το 40% του κύκλου βάδισης, με την αρχική αίωρηση (initial swing), κατά την οποία οι μύες ελέγχουν το

Συγγραφές επικοινωνίας

Κοτζαμανίδου ΜΧ: mkotzamanidou@metropolitan.edu.gr

ρυθμό και την τοποθέτηση του άκρου ποδιού. Στη συνέχεια ακολουθεί η μέση αιώρηση (mid-swing) και τελικά η τελική αιώρηση (terminal swing), με την προετοιμασία του άκρου ποδιού για την επαφή με το έδαφος πριν την έναρξη και πάλι του νέου κύκλου βάδισης με την επαφή της πτέρνας στο έδαφος.

Η εξοικείωση με τις ακόλουθες πρόσθετες ορολογίες είναι αναγκαία για την κατανόηση των βασικών αρχών της ανάλυσης βάδισης. Έτσι λοιπόν: Το μήκος βήματος δείχνει την οριζόντια απόσταση από το μεγάλο δάχτυλο του άκρου πόδα που ακολουθεί μέχρι το μεγάλο δάχτυλο του άλλου άκρου πόδα κατά τη στιγμή της προσγείωσης του. Το μήκος διασκελισμού είναι η οριζόντια απόσταση από την επαφή του ενός ποδιού ως την ακόλουθη αρχική επαφή του ίδιου ποδιού (Gage et al. 1995). Η ταχύτητα βάδισης αναφέρεται στο μέσο όρο της οριζόντιας ταχύτητας του σώματος κατά μήκος της επίπεδης προώθησης προς τα εμπρός, μετρείται με περισσότερους από έναν διασκελισμούς. Συνήθως αναφέρεται σε εκατοστόμετρα ανά δευτερόλεπτο ή μέτρα ανά λεπτό (σε φυσιολογικούς ενήλικες, η ταχύτητα είναι 103 εκατοστόμετρα ανά δευτερόλεπτο [62 μέτρα ανά λεπτό]) (Gage et al. 1995). Ο ρυθμός βάδισης είναι ο αριθμός των βημάτων στη μονάδα του χρόνου και αντιπροσωπεύει τα βήματα ανά λεπτό. Είναι μειωμένος από την ηλικία των τεσσάρων ετών ως την ηλικία των επτά ετών. Για έναν φυσιολογικό ενήλικα, ο ρυθμός είναι περίπου 120 βήματα ανά λεπτό (Gage et al. 1995). Ο Winter (1987) ορίζει τον "φυσικό ρυθμό" ή "ελεύθερο ρυθμό" ως τον αριθμό των βημάτων ανά λεπτό όταν ένα άτομο βαδίζει όσο το δυνατό πιο φυσικά και αναφέρει ένα μέσο όρο ρυθμού βάδισης που εκτείνεται από 101 ως 122 βήματα ανά λεπτό. Γενικά, ο φυσικός ρυθμός για τις γυναίκες είναι 6 με 9 βήματα ανά λεπτό υψηλότερος από εκείνου των ανδρών. Η κινηματική ανάλυση της ποδοκνημικής άρθρωσης ωστόσο σχετίζονται άμεσα με την ταχύτητα βάδισης καθώς σχετικές μελέτες έδειξαν ότι συμβαίνουν αλλαγές με την αύξηση της ταχύτητας (Rodgers 1988).

Για να κατανοήσουμε τις κινήσεις της ποδοκνημικής άρθρωσης κατά την διάρκεια της βάδισης πρέπει να υπολογίζεται συνολικά το κάτω άκρο. Κατά την διάρκεια της βάδισης, η κλίση της λεκάνης είναι αιτία στροφής του μηριαίου οστού, της περόνης και της κνήμης γύρω από το επιμήκη άξονα του κάτω άκρου. Το μέγεθος της στροφής αυτής αυξάνει προοδευτικά από το μηριαίο προς την κνήμη. Για παράδειγμα κατά την διάρκεια της φυσιολογικής κίνησης σε επίπεδη επιφάνεια, η λεκάνη υπόκειται σε μέγιστη πρόσθια στροφή σε κάθε κύκλο βάδισης περίπου 6 μοιρών και η κνήμη υπόκειται επίσης σε στροφή περίπου 18 μοιρών. Γενικά, το μηριαίο στρέφεται προς τα έσω κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης και στην αρχή της φάσης στήριξης και στη συνέχεια στέφεται προς τα έξω μέχρι η φάση στήριξης να ολοκληρωθεί και να συμβεί η αποκόλληση των δακτύλων από το έδαφος (Rodgers 1988). Κατά την επαφή της πτέρνας, η κνήμη στρέφεται προς τα έσω περίπου 5 μοίρες από την ουδέτερη θέση της και η ποδοκνημική άρθρωση είναι είτε σε ουδέτερη θέση είτε σε ελαφριά πελματιαία κάμψη (Rodgers 1988).

Μετά την άρση της πτέρνας, η ποδοκνημική άρθρωση

επανέρχεται σε πελματιαία κάμψη αναγκάζοντας τις μετατάξεις φάλαγγες της άρθρωσης σε ραχιαία κάμψη. Καθώς η πελματιαία απονεύρωση αναδιπλώνεται γύρω από την κεφαλή του μεταταρσίου, είναι απαραίτητη η συνεισφορά του "μηχανισμού του βαρούλκου" (windlass mechanism). Ο μηχανισμός του βαρούλκου αυξάνει την ένταση σε όλο το μήκος της καμάρας, ενώ επιπρόσθετα ανυψώνει περαιτέρω την καμάρα και αυξάνει τη σταθερότητα του ποδιού. Λίγο πριν την αποκόλληση των δακτύλων από το έδαφος, ο συνδυασμός της μεταφοράς του βάρους ως μηχανισμός βαρούλκου και ο υπτιασμός εξασφαλίζουν ότι το πόδι είναι στη μέγιστη σταθερή θέση για απογείωση (Rodgers 1988).

Η ανθρώπινη κίνηση προσδιορίζεται γενετικά από τη γέννηση του ανθρώπου, βάση της ευπραξιακής ιδεοκινητικής οργάνωσης η οποία εξελίσσεται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Σύμφωνα με τον Dietz (2002), το άτομο από τη γέννηση του και καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του μεταβάλλει και εξελίσσει σταδιακά το ανώριμο μοντέλο κίνησης του σε ένα πιο ώριμο, με απώτερο στόχο τη σταθεροποίηση του λειτουργικού μοντέλου κίνησης. Η βάδιση, ελέγχεται στη φάση αυτή, κυρίως από τους νευρώνες του Νωτιαίου Μυελού, με τη συμμετοχή της παρεγκεφαλίδας και του ερυθρού πυρήνα (Dietz 2002).

Το μοντέλο αυτό έχει τη δυνατότητα, μέσω του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ), να προσαρμόζεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις του περιβάλλοντα χώρο. Το ΚΝΣ ελέγχει τη σταθερότητα και τη ρύθμιση της βάδισης, τόσο κατά την αναπτυξιακή περίοδο, όσο και κατά την ωρίμανση (Winter et al. 1976, Braune and Fisher 1987, Foley et al. 1978, Inman et al. 1981, Murray 1964). Στην πραγματικότητα, η βάδιση είναι απλά μία διαδικασία απώλειας και επανάκτησης της ισορροπίας κέντρου μάζας και κέντρου πίεσης. Οι Patla, Prentice, Robinson και Neufeld (1991) πρότειναν ότι υπάρχουν τρεις προϋποθέσεις για την επιτυχημένη μετακίνηση: (1) παραγωγή ενός βασικού σχεδίου-προτύπου κίνησης για την στήριξη του σώματος ενάντια στη βαρύτητα και την προώθηση του σώματος προς τα εμπρός, (2) διατήρηση της δυναμικής ισορροπίας και (3) προσαρμογή της βάδισης σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Κάθε άνθρωπος μπορεί να τροποποιεί το εκάστοτε κινητικό πρότυπο βάδισης του ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Οι ανάγκες αυτές μπορεί να είναι είτε γνωστικού τύπου, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στις περιπτώσεις κατά τις οποίες γίνονται μαθηματικοί υπολογισμοί ταυτόχρονα με τη βάδιση (Vallee et al. 2006), είτε όταν πρόκειται να βαδίσει σε κεκλιμένο επίπεδο ή όταν πρόκειται να περάσει πάνω από ένα φυσικο-περιβαλλοντικό εμπόδιο (Patla et al., 1991) ή ακόμη και να το αποφύγει (Vallis et al., 2003).

Διάφοροι ερευνητές (Patla et al. 1999, Grasso et al. 1996, 1998), αναφερόμενοι στην αλλαγή κατεύθυνσης της βάδισης, έχουν αναφέρει ότι η αλλαγή θέσης της κεφαλής, προηγείται από όλες τις υπόλοιπες αλλαγές θέσεων των μελών του σώματος κατά τη διάρκεια της κίνησης. Η στροφή αυτή της κεφαλής εισάγει με τη σειρά της την ακόλουθη σειρά κινητικών αλλαγών: στροφή του κορμού (στο μετωπιαίο επίπεδο), μετατόπιση του κέντρου μάζας (ΚΜ) και

τελικά προσαρμογή των κάτω άκρων προς τη νέα κατεύθυνση κίνησης.

Ο Forssberg και οι συνεργάτες (1980) δήλωσαν ότι ο έλεγχος της κίνησης περιλαμβάνει τον σχεδιασμό κίνησης, τη διατήρηση της ισορροπίας και την προσαρμογή στο περιβάλλον. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά σχέδια που υπογραμμίζουν την ανθρώπινη κίνηση έχουν λεπτομερώς ερευνηθεί ήδη από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (π.χ. Elftman, 1939, Bresler και Frankel, 1950, Braune & Fischer 1987).

Όσον αφορά τη δυναμική ισορροπία, μελέτες έδειξαν στρατηγικές ελέγχου ισορροπίας που είναι εξαρτημένες από τις φάσεις του κύκλου βάρδισης (Nashner 1980, Duysens et al. 1992, Hirschfeld και Forssberg 1992). Τέτοιες έρευνες δεν στοχεύουν μόνο στην κατανόηση του ελέγχου της κίνησης γενικά, αλλά παρέχουν επιπλέον γνώση που είναι απαραίτητη για τη βελτίωση του κινητικού ελέγχου της βάρδισης (McFadyen και Carnahan 1997).

Αναλύσεις βάρδισης που έγιναν ανάμεσα σε υγιή άτομα και άτομα με κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις έδειξαν ότι τα άτομα με κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις αργό ρυθμό βάρδισης σε σύγκριση με τα υγιή άτομα, αλλά σε αντίθεση με ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο, παρουσίασαν καλύτερο μέσο όρο (ΜΟ) ταχύτητας βάρδισης και μικρότερο χρόνο στήριξης κατά τις φάσεις μονής και διπλής στήριξης στον κύκλο βάρδισης (Ochi et al. 1999).

Η μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν το πέραςμα εμποδίου κατά τη βάρδιση προϋποθέτει την πλήρη κατανόηση της έμβιο-μηχανικής της μεταφορικής κίνησης του σώματος που ονομάζεται βάρδιση. Αν γίνει μια εκτενής αναφορά στη βάρδιση ίσως να επηρεάσει την ουσία της παρούσας μελέτης, δεδομένου ότι για το συγκεκριμένο θέμα υπάρχει ήδη εκτεταμένη βιβλιογραφία. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες βιβλιογραφικές αναφορές επί του θέματος, όπως Chao et al. 1983, Dicharry 2010, Farley και Ferris 1998, Keller et al. 1996, Kirtley 2006, Mann και Hagy 1980, Perry και Burnfield 2010, Racic, Pavic και Brownjohn 2009, Rose και Gamble 2006, Simon et al. 1981 και Whittle 2007.

ΠΕΡΑΣΜΑ ΕΜΠΟΔΙΟΥ

Το πέραςμα εμποδίου κατά τη βάρδιση αποτελεί μια πολύπλοκη διαδοχική ακολουθία κινήσεων, κατά την οποία αρχικά είναι απαραίτητη η στήριξη του ενός ποδιού στο έδαφος πριν από το εμπόδιο, ενώ στη συνέχεια το αντίθετο πόδι περνάει πάνω από το εμπόδιο και ακολούθως το πόδι στήριξης έρχεται να ολοκληρώσει αυτή την σύνθετη κινητική διαδικασία περνώντας και αυτό ως δεύτερο πάνω από το εμπόδιο (Εικόνα 1). Έτσι λοιπόν, για μεγαλύτερη διευκόλυνση το πόδι που περνάει πρώτο πάνω από το εμπόδιο θα ονομάζεται Πρώτο Πόδι Περάσματος (ΠΠΠ, Leading limb) και το πόδι που περνάει το εμπόδιο δεύτερο και το οποίο χρησιμοποιείται ως πόδι στήριξης κατά το πέραςμα του θα ονομάζεται Δεύτερο Πόδι Περάσματος (ΔΠΠ, Trailing Limb).

Σε μια πιο λεπτομερή ανάλυση περάσματος ενός εμπο-

δίου θα ήταν χρήσιμο να αναφέρουμε τόσο τους παράγοντες όσο και τους μηχανισμούς από τους οποίους επηρεάζεται αυτή η σύνθετη κινητική διαδικασία, η οποία θα πρέπει να τονίσουμε ότι σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία αναφέρεται τόσο σε σταθερό όσο και σε ξαφνικά εμφανιζόμενο εμπόδιο (Chen et al. 1993, 1994).

Κινητική Ανάλυση Περάσματος εμποδίου

Η προσεκτική παρατήρηση της Εικόνας 1 και η λεπτομερής ανάλυση της κίνησης του περάσματος εμποδίου επιτρέπει τη διάκριση επιμέρους χαρακτηριστικών παραμέτρων της κίνησης περάσματος, τα οποία συμβάλλουν στην περαιτέρω κατανόηση της κίνησης και οι οποίες είναι (Heijnen et al. 2012):

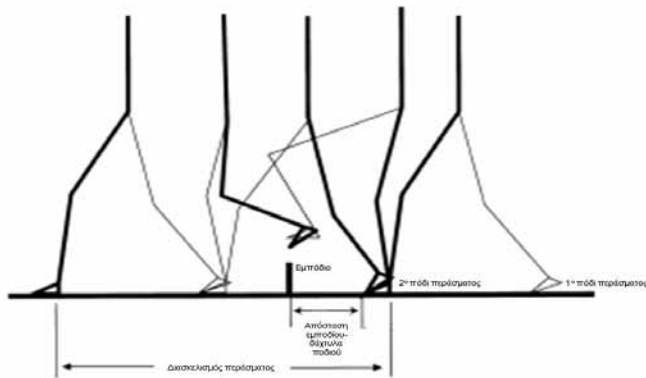
- Η απόσταση πατήματος του ΔΠΠ πριν από το εμπόδιο.
- Το ύψος περάσματος (κατακόρυφη απόσταση περάσματος του ΠΠΠ και ΔΠΠ από το εμπόδιο).
- Το μήκος περάσματος (οριζόντια απόσταση πατήματος πριν από το εμπόδιο και μετά από αυτό).
- Η μέση ταχύτητα περάσματος του εμποδίου.
- Ο χρόνος περάσματος.

Κινητικά και Κινηματικά δεδομένα περάσματος εμποδίου. Η τμηματική ανάλυση των επιμέρους κινήσεων περάσματος εμποδίου νεαρών ανήλικων ατόμων, δίνει τα εξής κινητικά δεδομένα:

• **Τοποθέτηση ΔΠΠ πριν το εμπόδιο:** Σύμφωνα με τους Patla και Riedyk (1993) βρέθηκε ότι η απόσταση πατήματος του ΔΠΠ πριν το εμπόδιο είναι περίπου 60% του μήκους του διασκελισμού και μάλιστα είναι ανεξάρτητη από το ύψος του εμποδίου, ενώ προτείνουν ακόμη ότι η προσαρμογή του διασκελισμού πριν από το εμπόδιο καθορίζεται σύμφωνα με τη θέση του εμποδίου και μάλιστα κατά τη διάρκεια της βάρδισης. Επίσης, οι Chou και Draganich (1998b) βρήκαν τιμές γύρω στο 40-44% του μήκους διασκελισμού. Οι περισσότερες έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η τοποθέτηση του ΔΠΠ πριν το εμπόδιο προσδιορίζεται από το ΚΝΣ με τη συνέργεια και του οπτικού συστήματος, έτσι ώστε να προκαθορίζεται ένα ασφαλές πέραςμα του εμποδίου.

• **Κινηματική ακολουθία των αρθρώσεων στο πέραςμα εμποδίου (obstacle avoidance):** Αναφέρεται στην κίνηση και των δύο ποδιών με την εξής κινηματική ακολουθία: Ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής, κάμψη γόνατος, κάμψη ισχίου και άνω κλίση λεκάνης, ανεξαρτήτως του ύψους του εμποδίου (Patla et al. 1996, McFadyen and Carnahan 1997). Πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι η σημαντικότερη όλων των παραπάνω κινήσεων είναι η κίνηση (κάμψη) της άρθρωσης του γόνατος. Όσον αφορά την κλίση της λεκάνης, διαπιστώθηκε ότι το χαρακτηριστικό αυτό συμβάλλει στην ανύψωση του ΠΠΠ κατά 20% και του ΔΠΠ κατά 8% (Patla and Riedyk 1993).

• **Γεωμετρία εμποδίου:** Οι σχετικές έρευνες αναφέρουν ότι το σχήμα του εμποδίου, σε καμία περίπτωση δεν επηρεάζει την εκκρεμοειδή τροχιά του κάτω άκρου (Spaulding και Patla 1991, αναφορά από Patla 1997) ενώ αντίθετα το ύψος



Εικόνα 1. Η διαδοχική ακολουθία κινήσεων κατά το πέρασμα του εμποδίου (κατασκευασμένη σύμφωνα με Chou και Draganich, 1998b). Με λεπτή γραμμή απεικονίζονται οι κινήσεις του πρώτου ποδιού περάσματος (ΠΠΠ, leading limb), ενώ με την τονισμένη γραμμή οι κινήσεις του δεύτερου ποδιού περάσματος (ΔΠΠ, trailing limb).

και το πλάτος του μπορούν να την επηρεάζουν (Patla and Rietdyk, 1993 Patla et al., 1996).

Ύψος εμποδίου. Σχετικά με τις έρευνες που αναφέρονται στην επίδραση του ύψους του εμποδίου, εμφανίζονται ορισμένα κινητικά χαρακτηριστικά να επηρεάζονται από τις μεταβολές του ύψους του εμποδίου και άλλα να μη τροποποιούνται (MacLellan και McFadyen 2013). Ακόμα, δεν υπάρχει συμφωνία στη βιβλιογραφία εάν υιοθετούνται διαφορετικές στρατηγικές κίνησης του ΠΠΠ και του ΔΠΠ κατά το πέρασμα του εμποδίου (Chen και Lu 2006) ή όχι (Lu et al. 2008).

Όσον αφορά τη σχέση ανάμεσα στην αύξηση του ύψους του εμποδίου και το ΠΠΠ, οι έρευνες έδειξαν τα εξής: α) διατηρήθηκε σταθερή η απόσταση πατήματος του ποδιού πριν το εμπόδιο, β) το ύψος περάσματος του εμποδίου διατηρήθηκε επίσης σταθερό, γ) παρατηρήθηκε αύξηση του χρόνου περάσματος, δ) παρουσιάστηκε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, ε) αντίθετα με τα προηγούμενα, επήλθε μείωση της ταχύτητας περάσματος του εμποδίου (Chou and Draganich 1998a, 1998b, Chou et al. 1997, Austin et al. 1999, Chou και Draganich 1997, Chou και Draganich 1998a, Chou και Draganich 1998b, Chou et al. 1997, Sparrow et al. 1996). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι όσον αφορά τα κινηματικά χαρακτηριστικά στη διαδικασία περάσματος του εμποδίου, η αύξηση του ύψους του εμποδίου είχε σαν φυσιολογικό επακόλουθο την αύξηση της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής άρθρωσης, της κάμψης του γόνατος και της κάμψης του ισχίου.

Από την άλλη πλευρά η σχέση της αύξησης του ύψους του εμποδίου με το ΔΠΠ παρουσίασε τα εξής χαρακτηριστικά: α) ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι δεν φαίνεται να επηρεάζεται το ύψος περάσματος (Chou and Draganich, 1998a), ενώ αντίθετα άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι το ύψος του εμποδίου επιφέρει α) αύξηση του ύψους περάσματος (Gobbi et al. 2009, Patla et al. 1996, Sparrow et al. 1996), β) αύξηση της κάμψης του γόνατος, γ) αύξηση της κάμψης του ισχίου, δ) αύξηση της ραχιαίας κάμψης της πο-

δοκνημικής άρθρωσης και ε) αύξηση της ώθησης (Begg et al. 1998). Βέβαια, εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι από τη σύγκριση της κάμψης των αρθρώσεων του γόνατος και της ποδοκνημικής, η κάμψη του γόνατος είναι πρωταρχικής σημασίας για το πέρασμα του εμποδίου με το ΔΠΠ. Επίσης, η γωνιακή ταχύτητα της κάμψης του γόνατος αυξήθηκε γραμμικά ως αποτέλεσμα της μείωσης της απόστασης μεταξύ δαχτύλου-εμποδίου και το γεγονός αυτό φαίνεται να είναι πρωταρχικής σημασίας στην αποφυγή επαφής με το εμπόδιο (Chou and Draganich, 1998a). Ο Chou και οι συνεργάτες (1997), αναφέρουν επίσης ότι η μέγιστη ροπή έκτασης της άρθρωσης του ισχίου μειώνεται γραμμικά με το ύψος του εμποδίου κατά τη φάση της τελικής στήριξης. Επιπλέον τονίζουν ότι η μέγιστη ροπή κάμψης του γόνατος κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης στήριξης και η μέγιστη ροπή προσαγωγής των αρθρώσεων του ισχίου και της ποδοκνημικής αυξάνονται, όπως συμβαίνει άλλωστε και με τη μέγιστη ροπή ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής άρθρωσης κατά την τελική φάση στήριξης.

Σχετικά με τη μετατόπιση του κέντρου μάζας (ΚΜ) του σώματος, ο Chou και οι συνεργάτες (2001) βρήκαν ότι η κατακόρυφη αύξηση του ύψους του εμποδίου οδήγησε σε αύξηση του εύρους της μετατόπισης τόσο στον πρόσθιο-οπίσθιο όσο και στον κάθετο άξονα του σώματος. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε αύξηση της ταχύτητας μετατόπισης του κέντρου μάζας στον κατακόρυφο άξονα και μείωση της ταχύτητας στον πρόσθιο-οπίσθιο άξονα, ενώ παρέμεινε αμετάβλητη στον εγκάρσιο άξονα. Σημαντικό είναι επίσης και το γεγονός ότι η αύξηση του ύψους του εμποδίου έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη αύξηση της πρόσθιο-οπίσθιας απόστασης του ΚΜ από το κέντρο πίεσης (ΚΠ), όπως επίσης και στη μείωση της κινηματικής του ΚΠ (Wang και Watanabe 2008), στοιχεία που σχετίζονται με την ικανότητα της ισορροπίας.

Μηχανισμοί που επηρεάζουν το πέρασμα εμποδίου

Ο Patla και οι συνεργάτες (1996) ανέπτυξαν διεξοδικά τους κυριότερους μηχανισμούς από τους οποίους επηρεάζεται το πέρασμα εμποδίου και οι οποίοι συνοψίζονται παρακάτω:

Οπτικό σύστημα. Το θέμα της οπτικής επαφής με το εμπόδιο έχει μελετηθεί εκτεταμένα από διάφορους ερευνητές (Marigold et al. 2007, Patla and Rietdyk 1993, McFadyen and Winter 1991, Patla et al. 1996). Η όραση είναι το μόνο ανθρώπινο αισθητηριακό σύστημα ικανό να δίνει πληροφορίες σχετικά με την απόσταση των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό, η όραση χρησιμοποιείται στην μετακίνηση προς τα εμπρός, ή στην πρόληψη του τρόπου για τον έλεγχο του σχεδίου βάδισης, εκτελώντας κατάλληλες προσαρμογές στον προσανατολισμό του σώματος (Paquette και Vallis 2010). Το χαρακτηριστικό της οπτικής επαφής με το εμπόδιο ουσιαστικά παρέχει μια αναγνώριση των εξωτερικών επιμέρους πληροφοριών σχετικά με τη θέση του εμποδίου και τα χαρακτηριστικά του (McFadyen et al. 1993, Menuchi και Gobbi 2012, Patla

et al. 1996, Rietdyk και Rhea 2011, Santos et al. 2010). Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται στα εξής: την απόσταση, το ύψος, το πλάτος και τόσες άλλες ιδιότητες οι οποίες μπορούν να συμπεραθούν, όπως είναι η ευθραυστότητα του εμποδίου, το σχήμα του, η ποιότητα κατασκευής και το υλικό του. Οι πληροφορίες αυτές δημιουργούν τη βάση εκείνου του κινητικού προτύπου που είναι απαραίτητο για το επιτυχημένο πέρασμα ενός εμποδίου. Επιπλέον, πρέπει να τονισθεί ότι μέσω αυτών των οπτικών πληροφοριών και των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτές, καθορίζονται τόσο οι κινηματικές όσο και οι δυναμικές παράμετροι της κίνησης (Chen et al. 1991, 1993, 1994, Schillings 1999, Chen et al. 1991, Chen et al. 1993, Chen et al. 1994, Heijnen et al. 2014, Patla και Craig 2006, Patla και Vickers 1997, Schillings et al. 1999, Timmis και Buckley 2012).

Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναφερόμενων ερευνών έδειξαν τα εξής:

- Τα νεαρής ηλικίας άτομα έχουν τη δυνατότητα να αποφύγουν το εμπόδιο χωρίς να σκοντάψουν πάνω σε αυτό, είτε με το ΠΠΠ, είτε με το ΔΠΠ, όταν υπάρχει πολύ καλή ορατότητα και καθαρότητα της οπτικής του εμποδίου, τόσο στην αρχή, όσο και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.
- Μεγάλης σημασίας για το πέρασμα του ΔΠΠ πάνω από το εμπόδιο είναι η ιδιοδεκτική πληροφόρηση, η οποία προέρχεται κυρίως από το οπτικό σύστημα και συνεπικουρείται και από τα υπόλοιπα συστήματα. Έλλειψη της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη διακύμανση στο ύψος περάσματος πάνω από το εμπόδιο και την αυξημένη διαφοροποίηση τόσο της απόστασης πατήματος πριν από το εμπόδιο, όσο και της απόστασης πατήματος μετά από αυτό.

Μία σχετική έρευνα των Rietdyk και Rhea (2006) αναφέρει συνοπτικά ότι όταν δεν είναι καλή η οπτική επαφή των συμμετεχόντων με το εμπόδιο τότε επέρχονταν αύξηση: α) της απόστασης πατήματος, β) του μήκους διασκελισμού περάσματος (stride length) και γ) του ύψους περάσματος του εμποδίου. Έτσι, συμπεράναν πως όταν το εμπόδιο ήταν ορατό επέρχονταν βελτίωση του χρόνου περάσματος του εμποδίου.

Κιναισθητικό σύστημα. Η παράμετρος αυτή αναφέρεται ιδιαίτερα στις πληροφορίες του ιδιοδεκτικού συστήματος (Haefeli et al. 2011, Kloter and Dietz 2012, MacLellan και McFadyen 2010, Lajoie et al. 2012). Οι πληροφορίες αυτές επικεντρώνονται στα κινηματικά χαρακτηριστικά και των δυο ποδιών, αλλά κυρίως στο ΔΠΠ, καθώς επίσης και στη στάση του σώματος και στην ταχύτητα των μελών κατά το πέρασμα του εμποδίου. Στην παράμετρο αυτή εντάσσεται και η ρύθμιση της ισορροπίας κυρίως με τη δυναμική της μορφή.

Μυοτενόντιο και σκελετικό σύστημα. Αναφέρεται στο σύστημα στήριξης και εκτέλεσης των εντολών για πέρασμα του εμποδίου. Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να διευκρινιστεί ότι ο σχεδιασμός της κίνησης περάσματος ενός εμποδίου είναι υπό την ευθύνη των ανώτερων κέντρων του ΚΝΣ και ότι ο σχεδιασμός αυτός είναι διαφορετικός για τα δύο αντίθετα κάτω άκρα (Patla et al. 1996).

Σημειώνεται πως τα άτομα με οστεοπόρωση δεν διαφοροποιούνται στο ποσοστό επιτυχίας περάσματος.

Παράγοντες που επηρεάζουν το πέρασμα εμποδίου

Ηλικία. Εδώ διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

α) Παιδική ηλικία. Σύμφωνα με τον Patla και τους συνεργάτες (1996), το ασφαλές πέρασμα εμποδίου παρουσιάζεται με την ωρίμανση του αισθητηριακού συστήματος και του κινητικού μηχανισμού κατά την αναπτυξιακή περίοδο. Τα σημεία διαφοροποίησης του περάσματος εμποδίου, μεταξύ παιδιών και ενηλίκων, παρατηρούνται κατά κύριο λόγο: α) Στην αύξηση της μεταβλητότητας της απόστασης πατήματος από το εμπόδιο και β) Στο γεγονός ότι το ύψος περάσματος του ποδιού πάνω από το εμπόδιο τροποποιείται ανάλογα με το ύψος του εμποδίου (Patla et al. 1996). Τα παιδιά ηλικίας μικρότερης των εννέα ετών έχει φανεί πως έχουν μειωμένη απόδοση του κινητικού μηχανισμού κατά το πέρασμα εμποδίου σε σχέση με μεγαλύτερα παιδιά και ενήλικες (Michel et al., 2010). Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι, η ωρίμανση, σε σχέση με τις διάφορες παραμέτρους και ιδιαίτερα με την παράμετρο κατανάλωσης ενέργειας, συνεχίζεται και μετά την ηλικία των 9 χρόνων (McFadyen et al. 2001). Σημειώνεται πως η παιδική παχυσαρκία αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει τα κινηματικά χαρακτηριστικά του περάσματος εμποδίου, καθώς παρατηρήθηκαν πιο αργός ρυθμός περάσματος εμποδίου, προσγείωση του ΠΠΠ με την πτέρνα και αυξημένη συχνότητα πτώσεων σε παχύσαρκα και υπέρβαρα παιδιά (Gill και Hung 2012).

β) Τρίτη Ηλικία. Αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι υπάρχουν διαφορές στην εκτέλεση του περάσματος εμποδίου ανάμεσα σε άτομα τρίτης ηλικίας σε σχέση με νεαρά ενήλικα άτομα (Berg και Murdock 2011, Harley et al. 2009, Hatton et al. 2013, Keller Chandra et al. 2011, Novak και Deshpande 2014, da Rocha et al. 2013). Έως την ηλικία των 65-69 ετών, ενώ υπάρχουν διαφορές στις κινηματικές παραμέτρους, δεν έχουν παρατηρηθεί στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το ποσοστό επιτυχίας σε σχέση με νεαρά άτομα (Weerdesteyn et al. 2005b). Χαρακτηριστικό είναι ότι ο μειωμένος νευρομυϊκός έλεγχος των ηλικιωμένων εμφανίζεται με διαφοροποίηση της ηλεκτρομυογραφικής (ΗΜΓ) δραστηριότητας των καμπτήρων και εκτεινόντων μυών του γόνατος (Hahn et al. 2005, Weerdesteyn et al. 2007). Εδώ θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός του σταθερού και του ξαφνικά εμφανιζόμενου εμποδίου, δεδομένου ότι η κινητική λειτουργία των ηλικιωμένων ατόμων διαφέρει μεταξύ αυτών των δύο τύπων περάσματος του εμποδίου, σε σύγκριση με τα νεότερα σε ηλικία άτομα (Weerdesteyn et al. 2005a). Επομένως (Weerdesteyn et al. 2005a, 2005b): α) Σε σταθερό εμπόδιο οι ηλικιωμένοι παρουσιάζουν μια πιο συντηρητική στρατηγική περάσματος του εμποδίου αφού προσεγγίζουν και περνούν πιο αργά το εμπόδιο, πατούν σχετικά πιο κοντά πριν και πιο μακριά μετά το πέρασμα του εμποδίου. Επίσης, το ύψος περάσματος είναι μεγαλύτερο και η κλίση της λεκάνης είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με άτομα νεότερης ηλικίας, β) Σε έρευνες με ξαφνικά εμφανιζόμενο εμπόδιο, αναφέρε-

ται ότι τα ηλικιωμένα άτομα αντιδρούν διαφορετικά από τους νεότερους, αφού κάνουν ένα μικρότερο βήμα πριν το εμπόδιο προτού κάνουν το τελικό βήμα περάσματος, ενώ αντίθετα οι νέοι παραλείπουν να κάνουν αυτό το μικρό διασκελισμό και περνούν το εμπόδιο κάνοντας απευθείας έναν μεγάλο διασκελισμό (Chen et al. 1991, Chen et al. 1994, da Silva et al. 2011). Γενικά οι διαφορές μεταξύ ηλικιωμένων και νεαρών ατόμων έχουν αποδοθεί στην έκπτωση της μυϊκής δύναμης, της όρασης, της ικανότητας ισορροπίας και της συναρμοστικής ικανότητας (Draganich και Kuo 2004, Hahn και Chou 2004, Keller Chandra et al. 2011, Lu et al. 2006, Novak και Deshpande 2014, Yen et al. 2009). Η προσαρμογή των ηλικιωμένων ατόμων με περιορισμένη ικανότητα ισορροπίας έχει βρεθεί πως είναι η αυξημένη μετατόπιση του κέντρου μάζας σώματος στον εγκάρσιο άξονα της κίνησης του περάσματος, έτσι ώστε να υποβοηθεί το πέρασμα των κάτω άκρων και να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για απόκτηση ασφαλούς βάσης στήριξης κατά την τοποθέτηση μετά το εμπόδιο (Chou et al. 2003).

Φύλο. Βρέθηκαν αντικρουόμενες απόψεις αναφορικά με διαφοροποιήσεις μεταξύ ανδρών και γυναικών στην εκτέλεση περάσματος εμποδίου. Έχει υποστηριχθεί ότι οι γυναίκες υιοθετούν μια συντηρητική προσέγγιση, με κυρίως σημεία την αύξηση του προτελευταίου διασκελισμού πριν την ώθηση για το πέρασμα του εμποδίου, όπως επίσης και το αυξημένο ύψος περάσματος (Gobbi et al. 2011a). Αντίθετα, οι Chen και συνεργάτες (1994), όπως επίσης οι Chou και Draganich (1998b) έδειξαν ότι δεν υπάρχουν διαφορές όσον αφορά τη στρατηγική περάσματος εμποδίου μεταξύ των δύο φύλων. Σε ότι αφορά την αντίδραση των ηλικιωμένων γυναικών στο πέρασμα ξαφνικά εξαφανιζόμενου εμποδίου, η έρευνα της Weerdesteyn και των συνεργατών (2005a) αναφέρει ότι οι ηλικιωμένες γυναίκες επιλέγουν περισσότερο τη στρατηγική του μακρινού βήματος περάσματος ενός εμποδίου σε σχέση με αυτή του κοντινού που επιλέγουν νεαρές γυναίκες και που προτιμούν οι ηλικιωμένοι άνδρες (Chen et al. 1991, 1994).

Προπόνηση. Οι διάφοροι τύποι προπόνησης και τις επιδράσεις τους, είναι χαρακτηριστικά με τα οποία έχουν ασχοληθεί πολλοί ερευνητές. Τα βασικότερα σημεία των ερευνών εκείνων που μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση του περάσματος εμποδίου κατά τη βάρδιση, είναι τα εξής:

- **Φορτίο.** Η μεταφορά φορτίου και το μέγεθος του φορτίου επηρεάζει την εκτέλεση της δεξιότητας περάσματος του εμποδίου (Hawkins et al. 2010). Πιο συγκεκριμένα, κατά το πέρασμα εμποδίου με μεταφορά φορτίου φάνηκε η υιοθέτηση μιας συντηρητικής στρατηγικής περάσματος εμποδίου, καθώς παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ύψος περάσματος (Perry et al. 2010). Ακόμα, η μεταφορά βαρύτερου φορτίου επιφέρει μείωση της μέσης ταχύτητας και του διασκελισμού περάσματος, τοποθέτηση των κάτω άκρων πλησιέστερα στο εμπόδιο μετά το πέρασμα και αύξηση των γωνιών κάμψης των αρθρώσεων (Demura και Uchiyama 2009).

- **Επίδραση της μάθησης.** Η έρευνα του Hedel και των συ-

νεργατών (2002), που ασχολήθηκαν με την επίδραση της μάθησης, έδειξε ότι υπάρχει πλευρική μεταφορά μάθησης κινητικών δεξιοτήτων από το ένα πόδι στο άλλο και πιο συγκεκριμένα από το αριστερό στο δεξί και αντίστροφα. Έχει επίσης διαπιστωθεί βελτίωση της δεξιότητας περάσματος εμποδίου όταν ταυτόχρονα εκτελείται μια γνωστική δραστηριότητα (Worden και Vallis 2014). Ωστόσο, σε άτομα με κινητικά προβλήματα ή χρόνιες παθήσεις, η προπόνηση στο πέρασμα εμποδίου απαιτεί πλήρη συγκέντρωση (Weerdesteyn et al. 2003). Για το λόγο αυτό, η εξάσκηση στο πέρασμα εμποδίου στα άτομα αυτά θα πρέπει να μην περιλαμβάνει εκτέλεση ταυτόχρονων δεξιοτήτων, καθώς με τον τρόπο αυτό μειώνεται το ποσοστό επιτυχίας του περάσματος (Hegeman et al 2012).

- **Επίδραση της προπόνησης ισορροπίας.** Σύμφωνα με την έρευνα των Weerdesteyn και των συνεργατών (2006), οι οποίοι εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα διάρκειας πέντε εβδομάδων, που αποσκοπούσε στη βελτίωση της στατικής ισορροπίας, τη βελτίωση της αυτοπεποίθησης για ισορροπία και στην αποφυγή εμποδίου σε ηλικιωμένα άτομα, διάρκειας πέντε εβδομάδων, φάνηκε ότι επήλθε βελτίωση της ικανότητας περάσματος του εμποδίου, χωρίς ωστόσο να επηρεαστεί η ικανότητα ισορροπίας των συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας αποδόθηκαν στον παράγοντα βελτίωσης του γνωστικού ελέγχου κατά τη βάρδιση, ο οποίος σχετίζεται με τον παράγοντα μάθησης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

- **Επίδραση της προπόνησης μυϊκής ενδυνάμωσης.** Με την προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης σε ηλικιωμένα άτομα βρέθηκε ότι αφενός βελτιώθηκε η δύναμη, αφετέρου αυξήθηκε η ταχύτητα διασκελισμού περάσματος του εμποδίου, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση του μήκους του διασκελισμού και στην αντίστοιχη μείωση της διάρκειας διασκελισμού. Σημαντική αύξηση παρουσιάστηκε τόσο για τις κατακόρυφες, όσο και για τις πρόσθιο-οπίσθιες δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, καθώς επίσης και την κάμψη του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης (Lamoureaux et al. 2003). Επιπρόσθετα, αυξήθηκε το ύψος περάσματος του εμποδίου, μειώθηκε η απόσταση πατήματος πριν το εμπόδιο, ενώ αντίθετα αυξήθηκε η αντίστοιχη απόσταση πατήματος μετά από αυτό (Lamoureaux et al., 2003). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και σε άλλες έρευνες οι οποίες έγιναν με νεότερα σε ηλικία άτομα, τα οποία είχαν καλύτερη φυσική κατάσταση, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η αποτελεσματικότητα περάσματος του εμποδίου (Niang and McFadyen 2005). Παρόμοια θετικά αποτελέσματα έχουν παρατηρηθεί σε ηλικιωμένες γυναίκες μετά από προγράμματα ενδυνάμωσης σε υδάτινο περιβάλλον διάρκειας 8 έως 12 εβδομάδων (Choi et al. 2010, Yoon et al. 2014) και μετά από προγράμματα Tai Chi (Zhang et al. 2011).

Επίδραση χρόνιων παθήσεων στον κινητικό μηχανισμό. Οι περιπτώσεις που έχουν μελετηθεί είναι οι παρακάτω:

- **Άτομα με σύνδρομο Down.** Τα άτομα με σύνδρομο Down εμφανίζουν διαφορετική στρατηγική περάσματος, καθώς προσεγγίζουν το εμπόδιο με μικρότερη μέση ταχύτητα

και μικρότερο μήκος διασκελισμού (Salami et al. 2014), σύγκρουσης των κάτω άκρων με το εμπόδιο (Virji-Babul και Brown 2004). Ακόμα το πέρασμα πραγματοποιείται με μεγάλη μεταβλητότητα ως προς τα χρονοχωρικά του χαρακτηριστικά (Hocking et al. 2011). Επίσης, έχει αναφερθεί δυσκολία στη ρύθμιση των παραμέτρων βάδισης κατά την προσέγγιση του εμποδίου (Vimercati et al. 2013). Τέλος, έχει παρατηρηθεί ότι τα άτομα αυτά υιοθετούν στρατηγικές ισορροπίας και ασφάλειας για την αντιμετώπιση ενδεχόμενης πτώσης, ιδίως στα άνω άκρα (Vimercati et al. 2012).

• **Αρθρίτιδα.** Τα άτομα που πάσχουν από αρθρίτιδα (Pandya et al. 2005) έχουν αργό βάδισμα, περιορισμένο εύρος κίνησης στην άρθρωση του γόνατος και του ισχίου, μικρότερο μήκος βήματος, μεγαλύτερη διάρκεια στηρικτικής φάσης και πάτημα του ΔΠΠ πιο κοντά στο εμπόδιο (Smulders et al. 2009). Παρουσιάζουν τάση να έχουν μεγαλύτερο ρυθμό πτώσεων στο πέρασμα εμποδίου, δεδομένο που αποδίδεται στην παρουσία άλγους. Σχετικές έρευνες μετά από χορήγηση αναλγητικών στα άτομα αυτά έδειξε ότι το πέρασμα εμποδίου βελτιώνεται και ότι ο αριθμός πτώσεων μειώνεται (Pandya et al., 2006).

• **Νόσος Parkinson.** Η εκτέλεση του περάσματος εμποδίου αποτελεί μια επισφαλής δραστηριότητα για ασθενείς με νόσο του Parkinson (Doan et al. 2013), με τη βαρύτητα της νόσου να αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν το πέρασμα του εμποδίου (Vitorio et al. 2014). Γενικά, οι ασθενείς μειώνουν τις μηχανικές απαιτήσεις της δεξιότητας και ματαβάλλουν τις παραμέτρους δυναμικής ισορροπίας κατά την εκτέλεσή της (Galna et al. 2013, Stegemoller et al. 2012). Όμως, σχετικές έρευνες έδειξαν ότι η ξαφνική εμφάνιση επίπεδου οπτικού εμποδίου είναι ένας αποφασιστικός παράγοντας για τους ασθενείς αυτού του τύπου να βελτιώσουν τις κινηματικές παραμέτρους της βάδισης διότι προκαλεί αύξηση του μήκους βήματος τους (Lewis et al. 2000). Η βελτίωση αυτή οφείλεται στην βελτίωση της λειτουργίας του νευρωνικού δικτύου Μέλαινας Ουσίας, Βασικών Γαγγλίων, Θαλάμου με τα ευπραξιακά κέντρα του εγκεφάλου και το Συμπληρωματικό Κινητικό Κέντρο (Morris et al. 1995). Η κατάσταση αυτή δεν παρατηρήθηκε όταν οι ασθενείς είχαν σταθερή οπτική επαφή με το εμπόδιο (Kotzamanidou et al. 2009), όπου διαπιστώθηκε ότι οι ασθενείς με Πάρκινσον περνούν πιο ασφαλή τρόπο, καθώς το ύψος περάσματος και απόσταση περάσματος του ποδιού πάνω από το εμπόδιο ήταν πιο μικρή σε σχέση με αυτή των υγιών ατόμων (Karra et al. 2013, Vitorio et al. 2010, Vitorio et al. 2013). Αξιοσημείωτο είναι πως τα ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα τα οποία βελτιώνουν τη βάδιση, δεν επηρεάζουν αρνητικά το πέρασμα εμποδίου σε αυτούς τους ασθενείς (Nanhoe-Mahabier et al. 2012). Ωστόσο, το πέρασμα εμποδίου με άκουσμα μουσικής δε συνίσταται για την ασφάλεια του ασθενούς (Brown et al. 2009). Τέλος, αποτελέσματα περιπτωσιολογικής μελέτης φανέρωσαν θετική επίδραση φαρμακευτικής αγωγής στο πέρασμα εμποδίου σε παρκινσονικό ασθενή (Gobbi et al. 2011b).

• **Κρανιοεγκεφαλική Κάκωση.** Τα άτομα με κρανιοεγκεφαλική κάκωση (Mc Fadyen et al. 2003, Chou et al. 2004,

McFayden et al. 2003) προσεγγίζουν με μικρότερη ταχύτητα το εμπόδιο, έχουν, σχέση με υγιή άτομα, μικρότερο μήκος βήματος κατά την προσέγγιση, μεγαλύτερο ύψος περάσματος, μεγαλύτερο μήκος απόστασης πατήματος ποδιού πριν το εμπόδιο και παρουσιάζουν μεγαλύτερη κάμψη στο ισχίο.

• **Καρδιαγγειακά προβλήματα.** Τα άτομα μετά από έμφραγμα, ενώ εμφανίζουν τυπική στρατηγική περάσματος, έχουν μειωμένο ποσοστό επιτυχίας περάσματος (ιδίως κάτω από χρονικό περιορισμό), πιο αργή μέση ταχύτητα και μεγαλύτερο ύψος περάσματος, μειωμένη και καθυστερημένη ΗΜΓ δραστηριότητα, ενώ υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στην προσβληθείσα και υγιή πλευρά (Kloter et al. 2011, Nakano et al. 2014, Said et al. 2014, Said et al. 2008, Said et al. 2001, van Swigchem et al. 2013). Επίσης, η τοποθέτηση του ΠΠΠ μετά το πέρασμα είναι πιο κοντά στο εμπόδιο σε σχέση με υγιή άτομα. Ακόμα, παρατηρήθηκε μικρή διαφοροποίηση στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων σε σχέση με κανονικό κύκλο βάδισης (van Swigchem et al. 2013). Επίσης, συνήθης προσαρμογή αποτελεί η οπίσθια μετατόπιση του κέντρου πίεσης και του κέντρου μάζας κατά το πέρασμα του προσβληθέντος ΠΠΠ, η οποία εικάζεται ότι βελτιώνει την ισορροπία (Said et al. 2008).

• **Εγκεφαλική παράλυση.** Το θέμα αυτό δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Υπάρχουν συνολικά δύο εργασίες η μία αναφέρεται σε άτομα με ημιπληγία (Petarca et al. 2006) και η άλλη σε άτομα με διπληγία (Law and Webb 2005). Η μοναδική εργασία (Law and Webb 2005) αναφερόμενη σε διπληγικά άτομα έδειξε ότι η ταχύτητα προσέγγισης και περάσματος είναι μικρότερη σε σχέση με τα φυσιολογικά άτομα και η απόσταση πατήματος πριν από το εμπόδιο δείχνει τάση μείωσης όταν αυξάνει το ύψος του εμποδίου. Παράλληλα όμως αυξάνεται η κάθετη απόσταση μεταξύ των δύο ποδιών (πλάτος βήματος). Το τελευταίο σύμφωνα με τους συγγραφείς αποτελεί ένδειξη αύξησης στηρικτικής επιφάνειας για την διατήρηση της ισορροπίας (Law and Webb 2005). Επιπλέον, οι Petarca και συνεργάτες (2006) μελέτησαν τα κινηματικά δεδομένα της ποδοκνημικής άρθρωσης του γόνατος του ισχίου και της λεκάνης. Η εργασία αυτή όμως δεν μας δίνει τις διαφορές μεταξύ των ομάδων διότι δεν έκανε συγκριτική ανάλυση. Μας δίνει πληροφορίες σε σχέση με την ταχύτητα προσέγγισης του εμποδίου, το μήκος βήματος, καθώς και την μεταβολή των κινηματικών δεδομένων συγκριτικά με την μεταβολή του ύψους του εμποδίου. Σε σχέση με τα κινηματικά των αρθρώσεων διαπιστώθηκε ότι με την αύξηση του ύψους του εμποδίου κάμπτονται σε μεγαλύτερο βαθμό οι αρθρώσεις του γόνατος ισχίου και της λεκάνης αλλά όχι της ποδοκνημικής άρθρωσης. Διαπιστώθηκε επίσης από πρόσφατη εργασία (Κοτζαμανίδου 2011), ειδικά σε παιδιά με διπληγία, ότι τα άτομα με εγκεφαλική παράλυση τοποθέτησαν ΔΠΠ πιο κοντά στο εμπόδιο όπως και το ΠΠΠ μετά το εμπόδιο. Τα άτομα με εγκεφαλική παράλυση παρουσίασαν μικρότερο συνολικό βηματισμό για το πέρασμα του εμποδίου. Η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης του ΠΠΠ ήταν μικρότερη στα άτομα με Εγκεφαλική παράλυση συγκριτικά με τα υγιή παιδιά. Για το

ΔΠΠ παρουσιάσθηκαν τα παρακάτω δεδομένα: Η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και της άρθρωσης του γόνατος ήταν μεγαλύτερη στα υγιή παιδιά. Επίσης, αναφορικά με το ΔΠΠ, τα άτομα με εγκεφαλική παράλυση παρουσίασαν μεγαλύτερη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης στην φάση ανάσχεσης, μικρότερη αγωνιστική δραστηριότητα και μεγαλύτερη ανταγωνιστική.

• **Προσθετικά μέλη.** Το ποσοστό αποτυχημένων προσπαθειών περάσματος εμποδίου είναι αυξημένο σε άτομα με προσθετικό μέλος στα κάτω άκρα, με τα άτομα με μακρόχρονη χρήση των προθέσεων να είναι πιο αποτελεσματικά (Hofstad et al. 2006). Ωστόσο, δεν έχει παρατηρηθεί διαφορετική στρατηγική περάσματος εμποδίου ανάμεσα στα δύο κάτω άκρα στα άτομα με προσθετικά μέλη (Hill et al. 1999). Έχει υποστηριχθεί ότι αποτελεί μια καθαρά εξατομικευμένη απόφαση ποιο θα είναι το ΠΠΠ σε άτομα που φέρουν πρόθεση στα κάτω άκρα, καθώς η επιλογή εξαρτάται από παράγοντες όπως η μυϊκή δύναμη, η ευλυγισία, το ύψος ακρωτηρισμού, η εμπειρία και η ικανότητα μετακίνησης με προσθετικά μέσα (Hill et al. 1997, Vrieling et al. 2007). Τονίζεται ότι σημαντικές παράμετροι για επιτυχημένο πέρασμα του εμποδίου είναι η διατήρηση επαρκούς απόστασης από το εμπόδιο, η τριβή του προσθετικού μέλους με το έδαφος και η μεγαλύτερη κινητοποίηση της άρθρωσης του ισχίου (van Keeken et al. 2012). Ωστόσο, στα άτομα αυτά έχει παρατηρηθεί καθυστερημένη ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων, τόσο στο υγιές μέλος, όσο και στο μέλος που φέρει την πρόθεση, με αποτέλεσμα να υιοθετείται στρατηγική μικρού μήκους περάσματος (Buckley et al. 2013, Hofstad et al. 2009, Hofstad et al. 2006).

• **Κόπωση.** Έρευνες (Antonopoulos et al. 2014, Barbieri et al. 2014), έδειξαν ότι η κόπωση επηρεάζει το πέρασμα εμποδίου. Πιο συγκεκριμένα, σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν όσον αφορά τη μείωση της κάμψης της άρθρωσης του ισχίου (11,3%) και της κάμψης της ποδοκνημικής άρθρωσης (17%), του ΔΠΠ (Antonopoulos et al. 2014). Η μεταβολή των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν το πέρασμα του εμποδίου εξαιτίας της κόπωσης είναι εμφανέστερη σε άτομα άνω των 40 ετών (Barbieri et

al. 2014). Σε ηλικιωμένες γυναίκες, κρίσιμος παράγοντας κατά την κόπωση αποτελεί η κατακόρυφη επιβάρυνση του ΠΠΠ κατά την τοποθέτηση μετά το πέρασμα του εμποδίου (Hatton et al. 2013).

Ολοκληρώνοντας, περιορισμένος αριθμός ερευνών έχουν μελετήσει παράγοντες όπως η κατανάλωση αλκοόλ (Hegeman et al. 2010), ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα στην άρθρωση του γόνατος (Chen et al. 2008), ασθενείς μετά από αρθροπλαστική ισχίου (Chamnongkitch et al. 2012) και γόνατος (Byrne και Prentice 2003) και άτομα που είχαν υποστεί διάσειση (Chiu et al. 2013).

Συμπεράσματα

Η παρούσα ανάλυση έδειξε ότι το πέρασμα εμποδίου μικρού ύψους αποτελεί μία προσαρμογή της βάρδισης σε ένα φυσικό εμπόδιο χωρίς να αποτελεί αλτική διαδικασία. Η τεχνική περάσματος επηρεάζεται από την ηλικία, το φύλο, την προπόνηση, τις χρόνιες παθήσεις και την κατασκευή του εμποδίου. Οι βασικοί μηχανισμοί που καθορίζουν την τεχνική περάσματος είναι το οπτικό, κιναισθητικό και μυοσκελετικό σύστημα. Η τεχνική περάσματος καθορίζεται από την κίνηση της ποδοκνημικής άρθρωσης του γόνατος και του ισχίου και επηρεάζεται από την απόσταση πατήματος και το ύψος εμποδίου. Η εξάσκηση στο πέρασμα εμποδίου ηλικιωμένων με ιστορικό πτώσεων, καθώς και ατόμων με κινητικά προβλήματα ή με νοητική υστέρηση, έχει φανεί ότι βελτιώνει γενικά την κινητικότητά τους και τη δυναμική τους ισορροπία, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της συχνότητας των πτώσεων (Fonteyn et al. 2014, Jaffe et al. 2004, Van Hanegem et al. 2014, Weerdesteyn et al. 2008). Κατά συνέπεια, η εξάσκηση στο πέρασμα εμποδίου αποτελεί μέσο για τη βελτίωση της καθημερινότητας και της ποιότητας ζωής ατόμων τρίτης ηλικίας, καθώς και ατόμων με κινητικά προβλήματα ή μακρόχρονα προβλήματα υγείας. Για το λόγο αυτό, παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής αυτών των πληθυσμιακών ομάδων θα πρέπει να περιλαμβάνουν δεξιότητες περάσματος εμποδίου.

Βιβλιογραφία

ΚΟΛΛΙΑΣ ΑΗ. *Βιοκινητική της αθλητικής κίνησης*. Θεσσαλονίκη, Χρυσόδουλίδης, 1997.

ΚΟΤΖΑΜΑΝΙΔΟΥ ΜΧ. *Νευρομυϊκές διαφορές στην κίνηση περάσματος εμποδίου μεταξύ υγιών παιδιών και παιδιών με εγκεφαλική παράλυση*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2011.

ANTONOPOULOS C, PATIKAS D, KOUTLIANOS N, PAPAPOPOULOU SD, CHATZOPOULOS D, HATZIKOTOULAS K, BASSA E and KOTZAMANIDIS C. The effect of fatigue on electromyographic characteristics during obstacle crossing of different heights in young adults. *Journal of Sports Science and Medicine* 13, 724-730, 2014.

AUSTIN GP, GARRETT GE and BOHANNON RW. Kinematic analysis of obstacle clearance during locomotion. *Gait and Posture* 10, 109-120, 1999.

BARBIERI FA, DOS SANTOS PCR, SIMIELI L, ORCIOLI-SILVA D, VAN DIEEN JH and GOBBI LTB. Interactions of age and leg muscle fatigue on unobstructed walking and obstacle crossing. *Gait and Posture* 39, 985-990, 2014.

BEGG RK, SPARROW WA and LYTHGO ND. Time-domain analysis of foot-ground reaction forces in negotiating obstacles. *Gait and Posture* 7, 99-109, 1998.

BERG WP and MURDOCK LA. Age-related differences in locomotor targeting performance under structural interference. *Age and Ageing* 40, 324-329, 2011.

BRAUNE W and FISHER O. *The human gait*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1987.

BRESLER B and FRANKEL J. The forces and moments in the leg during level walking. *Transactions ASME* 72, 27-36, 1950.

BROWN LA, DE BRUIN N, DOAN J, SUCHOWERSKY O and HU B. Obstacle crossing among people with Parkinson disease is influenced by concurrent music. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 47, 225-231, 2009.

BUCKLEY JG, DE ASHA AR, JOHNSON L and BEGGS CB. Understanding adaptive gait in lower-limb amputees: Insights from multivariate analyses. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 10, 98, 2013.

BYRNE JM and PRENTICE SD. Swing phase kinetics and kinematics of

- knee replacement patients during obstacle avoidance. *Gait and Posture* 18, 95-104, 2003.
- CHAMNOGKICH S, ASAYAMA I, KINSEY TL, MAHONEY OM and SIMPSON KJ. Difference in hip prosthesis femoral offset affects hip abductor strength and gait characteristics during obstacle crossing. *Orthopedic Clinics of North America* 43, e48-e58, 2012.
- CHAO EY, LAUGHMAN RK, SCHNEIDER E and STAUFFER RN. Normative data of knee joint motion and ground reaction forces in adult level walking. *Journal of Biomechanics* 16, 3, 219-233, 1983.
- CHEN HL and LU TW. Comparisons of the joint moments between leading and trailing limb in young adults when stepping over obstacles. *Gait and Posture* 23, 69-77, 2006.
- CHEN HL, LU TW, WANG TM and HUANG SC. Biomechanical strategies for successful obstacle crossing with the trailing limb in older adults with medical compartment knee osteoarthritis. *Journal of Biomechanics* 41, 753-761, 2008.
- CHEN HC, ASHTON-MILLER JA, ALEXANDER NB and SCHULTZ AB. Age effects on strategies used to avoid obstacles. *Gait & Posture* 2, 139-146, 1993.
- CHEN HC, ASHTON-MILLER JA, ALEXANDER NB and SCHULTZ AB. Effects of age and available response time on ability to step over an obstacle. *Journal of Gerontology* 49, 5, M227-M233, 1994.
- CHEN HC, ASHTON-MILLER JA, ALEXANDER NB and SCHULTZ AB. Stepping over obstacles: Gait patterns of healthy young and old adults. *Journal of Gerontology* 46, 6, M196-M203, 1991.
- CHIU SL, OSTERNIG L and CHOU LS. Concussion induces gait inter-joint coordination variability under conditions of divided attention and obstacle crossing. *Gait and Posture* 38, 717-722, 2013.
- CHOI PH and YON SK. The kinetic and kinematic effect of a 12-week aquatic exercise program on obstacle gait in older women. *Korean Journal of Sport Biomechanics* 20, 129-137, 2010.
- CHOU LS and DRAGANICH LF. Increasing obstacle height and decreasing toe-obstacle distance affect the joint moments of the stance limb differently when stepping over an obstacle. *Gait & Posture* 8, 186-204, 1998a.
- CHOU LS and DRAGANICH LF. Placing the trailing foot closer to an obstacle reduces flexion of the hip, knee, and angle to increase the risk of tripping. *Journal of Biomechanics* 31, 685-691, 1998b.
- CHOU LS, DRAGANICH LF and SONG SM. Minimum energy trajectories of the swing ankle when stepping over obstacles of different heights. *Journal of Biomechanics* 30, 2, 115-120, 1997.
- CHOU LS and DRAGANICH LF. Stepping over an obstacle increases the motions and moments of the joints of the trailing limb in young adults. *Journal of Biomechanics* 30, 4, 331-337, 1997.
- CHOU LS, KAUFMAN KR, BREY RH and DRAGANICH LF. Motion of the whole body's centre of mass when stepping over obstacles of different heights. *Gait & Posture* 13, 17-26, 2001.
- CHOU LS, KAUFMAN KR, HAHN ME and BREY RH. Medio-lateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. *Gait and Posture* 18, 125-133, 2003.
- CHOU LS, KAUFMAN KR, WALKER-RABATIN AE, BREY RH and BASFORD JR. Dynamic instability during obstacle crossing following traumatic brain injury. *Gait and Posture* 20, 245-254, 2004.
- DA ROCHA ES, MACHADO AS, FRANCO PS, GAUDAGNIN EC and CARPES FP. Gait asymmetry during dual-task obstacle crossing in the young and elderly. *Human Movement* 14, 138-143, 2013.
- DA SILVA JJ, BARBIERI FA and GOBBI LT. Adaptive locomotion for crossing a moving obstacle. *Motor Control* 15, 419-433, 2011.
- DEMURA S and UCHIYAMA M. Combined effects of bag holding and obstacle avoidance on gait characteristics: a kinematic study in healthy young adults. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy* 19, 36-43, 2009.
- DICHARRY J. Kinematics and kinetics of gait: From lab to clinic. *Clinics in Sports Medicine* 29(3), 347-364, 2010, 2010.
- DIETZ V. Proprioception and locomotor disorders. *Neuroscience* 3, 781-789, 2002.
- DOAN JB, DE BRUIN N, PELLIS SM, SUCHOWERSKY O, WHISHAW IQ and BROWN LA. Obstacle avoidance amongst Parkinson disease patients is challenged in a threatening context. *Journal of Neurodegenerative Diseases* 2013.
- DRAGANICH LF and KUO CE. The effects of walking speed on obstacle crossing in healthy young and healthy older adults. *Journal of Biomechanics* 37, 889-896, 2004.
- DUYSSENS J, TAX AAM, TRIPPEL M and DIETZ V. Phase-dependent reversal of reflexly induced movements during gait. *Experimental Brain Research* 90, 404-414, 1992.
- ELFTMAN H. Forces and energy changes in the leg during walking. *American Journal of Physiology* 125, 339-356, 1939.
- FARLEY CT and FERRIS DP. Biomechanics of walking and running: center of mass movements to muscle action. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 26, 253-285, 1998.
- FOLEY CD, QUANBURY AO and STEINKE T. Kinematics of normal child locomotion- a statistical study based on TV data. *Journal of Biomechanics* 12, 1, 1978.
- FORSBERG H, GRILLNER S and HALBERTSMA J. The locomotion of the low spinal cat. 1. Coordination within a hindlimb. *Acta Physiologica Scandinavica* 108, 269-281, 1980.
- GAGE JR, MINNESOTA SP, DELUCA PA, NEWINGTON MD and RENSHAW TS. Gait analysis: Principles and Applications. *Journal of Bone and Joint Surgery*. Instructional Course Lectures, Volume 45 (with permission of The American Academy of Orthopaedic Surgeons), 1995.
- GALNA B, MURPHY AT and MORRIS ME. Obstacle crossing in Parkinson's disease: Mediolateral sway of the centre of mass during level-ground walking and obstacle crossing. *Gait and Posture* 38, 790-794, 2013.
- GILL SV and HUNG YC. Influence of weight classification on children stepping over obstacles. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 91, 625-630, 2012.
- GOBBI LT, CANDIDO RP, MENUCHI MRTP and KLEINER AFR. Obstacle stepping and body scale modulating parameters. *Perceptual and Motor Skills*, 109, 441-451, 2009.
- GOBBI L, DA SILVA J and BARBIERI F. Do men and women use similar adaptive locomotion to clear static and dynamic obstacles? *Human Movement* 12, 75-80, 2011a.
- GOBBI LT, PIERUCCINI-FARIA F, VITORIO R, STELLA F, GOBBI S, DE OLIVEIRA-FERREIRA MD and TANAKA K. Cumulative effect of Levodopa in obstacle crossing: Case study of a Parkinson disease patient. *Brazilian Journal of Motor Behavior* 6, 1-7, 2011b.
- GREWAL G, SAYEED R, YESCHEK S, MENZIES RA, TALAL TK, LAVERY LA, ARMSTRONG DG and NAJAFI B. Virtualizing the assessment: A novel pragmatic paradigm to evaluate lower extremity joint perception in diabetes. *Gerontology* 58, 463-471, 2012.
- GRASSO R, GLASAUER S, TAKEI Y and BERTHOZ A. The predictive brain: anticipatory control of head direction of the steering of locomotion. *Neuroreport* 7, 1170-1174, 1996.
- GRASSO R, PEVOST R, IVANKEO YP and BERTHOZ A. Eye-head coordination for the steering of locomotion in humans: an anticipatory synergy. *Neuroscience Letters* 253, 115-118, 1998.
- HAEFELI J, VOGELI S, MICHEL J and DIETZ V. Preparation and performance of obstacle steps: interaction between brain and spinal neuronal activity. *European Journal of Neuroscience* 33, 338-348, 2011.
- HAHN ME and CHOU LS. Age-related reduction in sagittal plane center of mass motion during obstacle crossing. *Journal of Biomechanics* 37, 837-844, 2004.
- HAHN ME, LEE HJ and CHOU LS. Increased muscular challenge in older adults during obstructed gait. *Gait and Posture* 22, 356-361, 2005.
- HATTON AL, MENANT JC, LORD SR, LO J and STURNIEKS DL. The effect of lower limb muscle fatigue on obstacle negotiation during walking in older adults. *Gait and Posture* 37, 506-510, 2013.
- HAWKINS KM, PERRY CJ, KIRIELLA KM, SHANAHAN CJ, MOORE AE and GAGE WH. The effects of anterior load carriage on lower limb gait parameters during obstacle clearance. *Gait and Posture* 32, 57-61, 2010.
- HARLEY C, WILKIE RM and WANN JP. Stepping over obstacles: Attention demands and aging. *Gait and Posture* 29, 428-432, 2009.
- HILL SW, PATLA AE, ISHAC MG, ADKIN AL, SUPAN TJ and BARTH DG. Kinematic patterns of participants with a below-knee prosthesis stepping over obstacles of various heights during locomotion. *Gait and Posture* 6, 186-192, 1997.
- HILL SW, PATLA AE, ISHAC MG, ADKIN AL, SUPAN TJ and BARTH DG. Altered kinetic strategy for the control of swing limb elevation over obstacles in unilateral below-knee amputee gait. *Journal of Biomechanics* 32, 545-549, 1999.
- HEDEL VHJA, BIEDERMANN M, ERNI T and DIETZ, V. Obstacle avoidance during human walking: transfer of motor skill from one leg to the other. *Journal of Physiology* 543, 2, 709-717, 2002.
- HEGEMAN J, WEERDESTYEN V, VAN DEN BEMT BJ, NIENHAUIS B, VAN LIMBEEK J and DUYSSENS J. Even low alcohol concentrations affect obstacle avoidance reactions in healthy senior individuals. *BMC Research Notes* 3, 243, 2010.
- HEGEMAN J, WEERDESTYEN V, VAN DEN BEMT B, NIENHAUIS B, VAN LIMBEEK J and DUYSSENS J. Dual-tasking interferes with obstacle avoidance reactions in healthy seniors. *Gait and Posture* 36, 236-240, 2012.
- HEIJNEN MJ, MUIR BC and RIETDYK S. Interpolation techniques to reduce error in measurement of toe clearance during obstacle avoidance. *Journal of Biomechanics* 45, 196-198, 2012.
- HEIJNEN MJ, ROMINE NL, STUMPF DM and RIETDYK S. Memory guided obstacle crossing: More failures were observed for the trail limb versus lead limb. *Experimental brain research* 232, 2131-2142, 2014.

- HIRSCHFELD H & FORSSBERG H. Development of anticipatory postural adjustments during locomotion in children. *Journal of Neurophysiology* 68, 542-550, 1992.
- HOCKING DR, RINEHART NJ, MCGINLEY JL, GALNA B, MOSS SA and BRADSHAW J. Gait adaptation during obstacle crossing reveals impairments in the visual control of locomotion in Williams syndrome. *Neuroscience* 197, 320-329, 2011.
- HOFSTAD CJ, VAN DER LINDE H, NIENHUIS B, WEERDESTEYN V, DUYSSENS J and GEURTS AC. High failure rates when avoiding obstacles during treadmill walking in patients with a transtibial amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 87, 1115-1122, 2006.
- HOFSTAD CJ, WEERDESTEYN V, VAN DER LINDE H, NIENHUIS B, GEURTS AC and DUYSSENS J. Evidence for bilaterally delayed and decreased obstacle avoidance responses while walking with a lower limb prosthesis. *Clinical Neurophysiology* 120, 1009-1015, 2009.
- INMAN VT, RALSTON HJ and TODD FL. *Human walking*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1981.
- JAFFE DL, BROWN DA, PIERSON-CAREY CD, BUCKLEY EL and LEW HL. Stepping over obstacles to improve walking in individuals with poststroke hemiplegia. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 41, 283-292, 2004.
- KARRA M, KOTZAMANIDOU MC, LAZARIDIS S, TSIMARAS V, GILOGLOU T and MAVROMATIS I. Differences in Obstacle Avoidance between Healthy and Parkinson's Disease People. *Journal of Physical Education and Sport* 13, 213-219.
- KELLER TS, WEISBERGER AM, RAY JL, HASAN SS, SHIABI RG and SPENGLER DM. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clinical Biomechanics* 11, 5, 253-259, 1996.
- KELLER CHANDRA S, BOCKISCH CJ, DIETZ V, HEGEMANN SC, STRAUMANN D and VAN HEDEL HJ. Gaze strategies for avoiding obstacles: Differences between young and elderly subjects. *Gait and Posture* 34, 340-346, 2011.
- KIM MY, CHOI BK and LIM BO. Analysis of obstacle gait using spatiotemporal and foot pressure variables in children with autism. *Korean Journal of Sport Biomechanics* 21, 459-466, 2011.
- KIRTLEY C. *Clinical gait analysis. Theory and practice*. Elsevier Health Sciences, 2006.
- KLOTER E, WIRTZ M and DIETZ V. Locomotion in stroke subjects: Interactions between unaffected and affected sides. *Brain* 134, 721-731, 2011.
- KLOTER E and DIETZ V. Obstacle avoidance locomotor tasks: adaptation, memory and skill transfer. *European Journal of Neuroscience* 35, 1613-1621, 2012.
- KOTZAMANIDOU M, TZAMPER M, KARRA M, GIOLTZOGLU T, MAVROMATIS I and KOTZAMANIDIS C. Differences in obstacle avoidance between healthy and Parkinson's disease persons. *Sport Science Review* 18(5-6), 113-121, 2009.
- LAJOIE K, BLOOMFIELD LW, NELSON FJ, SUH JJ and MARIGOLD DS. The contribution of vision, proprioception, and efference copy in storing a neural representation for guiding trail leg trajectory over an obstacle. *Journal of Neurophysiology* 107, 2283-2293, 2012.
- LAMOUREUX E, SPARROW AW, ARON M and NEWTON UR. The effects of improved strength on obstacle negotiation in community-living older adults. *Gait & Posture* 17, 273-283, 2003.
- LAW SHL and WEBB YC. Gait adaptation of children with cerebral palsy compared with control children when stepping over an obstacle. *Medicine & Child Neurology* 47, 321-328, 2005.
- LEWIS GN, BYBLOW WD and WALT SE. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues. *Brain* 123, 2077-2090, 2000.
- LU TW, CHEN HL and CHEN SC. Comparisons of the lower limb kinematics between young and older adults when crossing obstacles of different heights. *Gait and Posture* 23, 471-479, 2006.
- LU TW, CHEN HL and CHEN SC. Comparisons of the inter-joint coordination between young and older adults when crossing obstacles of different heights. *Gait and Posture* 27, 309-315, 2008.
- MACFADYEN BJ, MAGNAN GA and BOUCHER JP. Anticipatory locomotor adjustments for avoiding visible, fixed obstacles of varying proximity. *Human Movement Science* 12, 259-272, 1993.
- MCFADYEN BJ, SWAINE B, DUMAS D and DURAND A. Residual effects of a traumatic brain injury on locomotor capacity: A first study of spatiotemporal patterns during unobstructed and obstructed walking. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 18, 512-525, 2003.
- MACLELLAN MJ and MCFADYEN BJ. Proximal lower limb muscle energetics and the adaptation of segment elevation angle phasing for obstacle avoidance. *Gait and Posture* 37, 274-279, 2013.
- MACLELLAN MJ and MCFADYEN BJ. Segmental control for adaptive locomotor adjustments during obstacle clearance in healthy young adults. *Experimental Brain Research* 202, 307-318, 2010.
- MANN RA and HAGY J. Biomechanics of walking, running, and sprinting. *American Journal of Sports Medicine* 8(5), 345-350, 1980.
- MARIGOLD DS, WEERDESTEYN V, PATLA AE and DUYSSENS J. Keep looking ahead? Re-direction of visual fixation does not always occur during an unpredictable obstacle avoidance task. *Experimental Brain Research* 176, 32-42, 2007.
- MCFADYEN BJ and CARNAHAN H. Anticipatory locomotor adjustments for accommodating versus avoiding level changes in humans. *Experimental Brain Research* 114, 500-506, 1997.
- MCFADYEN BJ, F MALOUIN and F DUMAS. Anticipatory locomotor control for obstacle avoidance in mid-childhood ages children. *Gait and Posture* 13, 7-16, 2001.
- MCFADYEN BJ and WINTER DA. Anticipatory locomotor adjustments during obstructed human walking. *Neuroscience Research* 9, 37-44, 1991.
- MENUCHI MRTP and GOBBI LT. Optic flow contribution to locomotion adjustments in obstacle avoidance. *Motor control* 16, 506-520, 2012.
- MICHEL J, GROBET C, DIETZ V and VAN HEDEL HJA. Obstacle stepping in children: Task acquisition and performance. *Gait and Posture* 31, 341-346, 2010.
- MORRIS M, IANSEK R and KIRKWOOD BR. *Moving ahead with Parkinson's: A guide to improving mobility in people with Parkinson's*. Cheltenham Kingstone Centre, Melbourne, 1995.
- MURRAY MP. Walking patterns of normal men. *Journal of Bone and Joint Surgery* 46(A), 335, 1964.
- NAKANO W, SAKAMOTO R and OHASHI Y. How patients with stroke adjust their step length to step over obstacles. *International Journal of Rehabilitation Research* 37, 34-39, 2014.
- NANHOE-MAHABIER W, DELVAL A, SNIJDERS AH, WEERDESTEYN V, OVEREEM S and BLOEM BR. The possible price of auditory cueing: influence on obstacle avoidance in Parkinson's disease. *Movement Disorders* 27, 574-578, 2012.
- NASHNER L. Balance adjustments of humans perturbed while walking. *Journal of Neurophysiology* 44, 650-664, 1980.
- NIANG ESA and MCFADYEN BJ. Effects of physical activity level on unobstructed and obstructed walking in young male adults. *Gait & Posture* 22, 75-81, 2005.
- NOVAC AC and DESHPANDE N. Effects of aging on whole body and segmental control while obstacle crossing under impaired sensory conditions. *Human Movement Science* 35, 121-130, 2014.
- OCHI F, ESQUENAZI A, HIRAI B and TALATY M. Temporalspatial feature of gait after traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 14, 105-115, 1999.
- OUNPUU S. The biomechanics of walking and running. *Clinics in Sports Medicine* 13(4), 843-863, 1994.
- PANDYA NK, DRAGANICH LF, MAUER A, PIOTROWSKI GA and POTTENGER L. Osteoarthritis of the knees increases the propensity to trip on an obstacle. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 431, 150-6, 2005.
- PANDYA NK, PIOTROWSKI GA, POTTENGER L & DRAGANICH LF. Pain relief in knee osteoarthritis reduces the propensity to trip on an obstacle. *Gait & Posture* 25, 106-111, 2006.
- PAQUETTE MR and LORI ANN VALLIS LA. Age-related kinematic changes in late visual-cueing during obstacle circumvention. *Experimental Brain Research* 203, 563-574, 2010.
- PATLA AE. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait and Posture* 5, 54-69, 1997.
- PATLA AE, ADKIN A and BALLARD T. Online steering: coordination and control of body center of mass, head and body reorientation. *Experimental Brain Research* 129(4), 629-634, 1999.
- PATLA AE, PRENTICE SD, ARMAND, M and HUISSOON JP. The role of effector system dynamics on the control of limb trajectory over obstacles during locomotion: Empirical and modelling approaches. *XIIIth International Symposium on Gait & Posture* 33-336, 1994.
- PATLA, AE, PRENTICE SD and GOBBI TL. *Visual control of obstacle avoidance during locomotion: strategies in young children, young and older adults*. Elsevier science BV, 1996.
- PATLA AE, PRENTICE SD, ROBINSON C and NEUFELD J. Visual control of locomotion: strategies for changing direction and for going over obstacles. *Journal of Experimental Psychology* 17, 603-634, 1991.
- PATLA AE & RIETDYK S. Visual control of limb trajectory over obstacles during locomotion: Effect of obstacle height and width. *Gait & Posture* 1, 1, 45-60, 1993.
- PATLA AE, PRENTICE SD and GOBBI TL. Visual control of obstacle avoidance during locomotion: Strategies in young children, young and older adults. In: *Advances in Psychology*, Anne-Marie Ferrandez and Normand Teasdale (Eds), Volume 114 (pp. 257-277). North Holland: Elsevier Science BV, 1996.
- PATLA AE, RIETDYK S, MARTIN C and PRENTICE S. Locomotor patterns

- of the leading and trailing limb while going over solid and fragile obstacles: Some insight into the role of vision during locomotion. *Journal of Motor Behavior* 28, 1, 35-47, 1996.
- PATLA AE and VICKERS JN. Where and when do we look as we approach and step over an obstacle in the travel path? *Neuroreport* 8, 3661-3665, 1997.
- PATLA AE and GREIG M. Any way you look at it, successful obstacle negotiation needs visually guided on-line foot placement regulation during the approach phase. *Neuroscience Letters* 397, 110-114, 2006.
- PERRY J. Normal and pathological gait. In: Buch (ed) *Atlas of Human Orthotics*, St Louis Mosby, 1985.
- PERRY J and BURNFIELD JM. *Gait analysis, Normal and pathological function* (2nd ed). Thorofare, NJ: SLACK Incorporated, 2010.
- PERRY CJ, KIRIELL JB, HAWKINS KM, SHANAHAN CJ, MOORE AE and GAGE WH. The effects of anterior load carriage on lower limb gait parameters during obstacle clearance. *Gait and Posture* 32, 57-61, 2010.
- PETRARCA M, ROSA GD, CAPPÀ P and PATANE F. Stepping over obstacles of different heights: kinematic and kinetic strategies of leading limb in hemiplegic children. *Gait and Posture* 24, 331-341, 2006.
- RACIC V, PAVIC A and BROWNJOHN JMW. Experimental identification and analytical modelling of human walking forces: Literature review. *Journal of Sound and Vibration* 326(1-2), 1-49, 2009.
- RIETDYK S and RHEA CK. Control of adaptive locomotion: effect of visual obstruction and visual cues in the environment. *Experimental Brain Research* 169, 2, 272-8, 2006.
- RIETDYK S and RHEA CK. The effect of the visual characteristics of obstacles on risk of tripping and gait parameters during locomotion. *Ophthalmic and Physiological Optics* 31, 302-310, 2011.
- RODGERS MM. Dynamic Biomechanics of the Normal Foot and Ankle During Walking and Running. *Journal of the American Physical Therapy Association* 68, 1822-1830, 1988.
- ROSE J and GAMBLE JG. (Eds). *Human walking*, Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- SAID CM, GOLDIE PA, PATLA AE and SPARROW WA. Effect of stroke on step characteristics of obstacle crossing. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82, 1712-1719, 2001.
- SAID CM, GOLDIE PA, PATLA AE, CULHAM E, SPARROW WA and MORRIS ME. Balance during obstacle crossing following stroke. *Gait and Posture* 27, 23-30, 2008.
- SAID CM, GALEA M and LYTHGO N. Obstacle crossing following stroke improves over one month when the unaffected limb leads, but not when the affected limb leads. *Gait and Posture* 39, 213-217, 2014.
- SANTOS LC, MORAES R and PATLA AE. Visual feedforward control in human locomotion during avoidance of obstacles that change size. *Motor Control* 14, 424-440, 2010.
- SALAMI F, VIMERCATI SL, RIGOLDI C, TAEBI A, ALBERTINI G and GALLI M. Mechanical energy assessment of adult with Down syndrome during walking with obstacle avoidance. *Research in Developmental Disabilities* 35, 1856-1862, 2014.
- SCHILLINGS AM, VAN WEZEL BMH, MULDER TH and DUYSSENS J. Widespread short-latency stretch reflexes and their modulation during stumbling over obstacles. *Brain Research* 816, 480-486, 1999.
- SIMON SR, PAUL IL and MANSOUR J. Peak dynamic force in human gait. *Journal of Biomechanics* 14, 12, 817-822, 1981.
- SMULDERS E, SCHREVEN C, VAN LANKVELD W, DUYSSENS J and WEERDESTEYN V. Obstacle avoidance in persons with rheumatoid arthritis walking on a treadmill. *Clinical and Experimental Rheumatology* 27, 779-785, 2009.
- SMULDERS E, VAN LANKVELD W, LAAN R, DUYSSENS J and WEERDESTEYN V. Does osteoporosis predispose falls? A study on obstacle avoidance and balance confidence. *BMC Musculoskeletal Disorders* 12, 1, 2011.
- SPARROW WA, SHINKFIELD AJ, CHOW S and BEGG RK. Characteristics of gait in stepping over obstacles. *Human Movement Science* 15, 605-622, 1996.
- STEGEMOLLER EL, BUCKLEY TA, PITSIKOULIS C, BARTHELEMY E, ROEMMICH R and HASS CJ. Postural instability and gait impairment during obstacle crossing in Parkinson's disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 93, 703-709, 2012.
- TIMMIS MA and BUCKLEY JG. Obstacle crossing during locomotion: Visual exproprioceptive information is used in an online mode to update foot placement before the obstacle but not swing trajectory over it. *Gait and Posture* 36, 160-162, 2012.
- VALLEE M, MCFADYEN BJ, SWAINE B, DOYON J, CANTIN JF and DUMAS D. Effects of environmental demands on locomotion after traumatic brain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 87, 806-13, 2006.
- VALLIS LA and MCFADYEN BJ. Locomotor adjustments for circumvention of an obstacle in the travel path. *Experimental Brain Research* 152 (3), 409-414, 2003.
- VAN HANEEM E, ENKELAAR L, SMULDERS E and WEERDESTEYN V. Obstacle course training can improve mobility and prevent falls in people with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research* 58, 485-492, 2014.
- VAN KEEKEN HG, VRIELING AH, HOF AL, POSTEMA K and OTTEN B. Principles of obstacle avoidance with a transfemoral prosthetic limb. *Medical Engineering and Physics* 34, 1109-1116, 2012.
- VAN SWIGCHEM R, VAN DUJINHOVEN HJ, DEN BOER J, GEURTS AC, WEERDESTEYN V. Deficits in motor response to avoid sudden obstacles during gait in functional walkers poststroke. *Neurorehabilitation & Neural Repair* 27, 230-239, 2013.
- VIMERCATI SL, GALLI M, ANCILLAO A and ALBERTINI G. Spatiotemporal and kinematic aspects of obstacle avoidance in subjects with Down syndrome. *Functional Neurology* 27, 231-237, 2012.
- VIMERCATI SL, GALLI M, RIGOLDI C and ALBERTINI G. Obstacle avoidance in Down syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 23, 483-489, 2013.
- VIRJI-BABUL N and BROWN M. Stepping over obstacles: anticipatory modifications in children with and without Down syndrome. *Experimental Brain Research* 159, 4, 487-490, 2004.
- VITORIO R, PIERUCCINI-FARIA F, STELLA F, GOBBI S and GOBBI LT. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. *Gait and Posture* 31, 143-146, 2010.
- VITORIO R, LIRANI-SILVA E, BAPTISTA AM, BARBIERI FA, RAILE V, STELLA F and GOBBI LT. Influence of visual feedback sampling on obstacle crossing behavior in people with Parkinson's disease. *Gait and Posture* 38, 330-334, 2013.
- VITORIO R, LIRANI-SILVA E, BAPTISTA AM, BARBIERI FA, DOS SANTOS PCR, TEIXERA-ARROYO C and GOBBI LT. Disease severity affects obstacle crossing in people with Parkinson's disease. *Gait and Posture* 40, 266-269, 2014.
- VRIELING AH, VAN KEEKEN HG, SCHOPPEN T, OTTEN E, HALBERTSMA JPK, HOF AL and POSTEMA K. Obstacle crossing in lower limb amputees. *Gait and Posture* 26, 587-594, 2007.
- WANG Y and WATANABE K. The relationship between obstacle height and center of pressure velocity during obstacle crossing. *Gait and Posture* 27, 172-175, 2008.
- WEERDESTEYN V, SCHILLINGS AM, VAN GALEN GP and DUYSSENS J. Distraction affects the performance of obstacle avoidance during walking. *Journal of Motor Behavior* 35, 53-63, 2003.
- WEERDESTEYN V, NIENHUIS B, MULDER T and DUYSSENS J. Older women strongly prefer stride lengthening to shortening in avoiding obstacles. *Experimental Brain Research* 161, 1, 39-46, 2005a.
- WEERDESTEYN V, NIENHUIS B and DUYSSENS J. Advancing age progressively affects obstacle avoidance skills in the elderly. *Human Movement Science* 24, 865-880, 2005b.
- WEERDESTEYN V, RIJCKEN H, GEURTS ACH, SMITS-ENGLESMAAN BCM, MULDER T, and DUYSSENS J. A five-week exercise program can reduce falls and improve obstacle avoidance in the elderly. *Gerontology* 52, 131-141, 2006.
- WEERDESTEYN V, NIENHUIS B, GEURTS AC and DUYSSENS J. Age-related deficits in early response characteristics of obstacle avoidance under time pressure. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 62, 1042-1047, 2007.
- WEERDESTEYN V, NIENHUIS B and DUYSSENS J. Exercise training can improve spatial characteristics of time-critical obstacle avoidance in elderly people. *Human Movement Science* 27, 738-748, 2008.
- WHITTLE MW. *Gait analysis: an introduction*. Elsevier, 2007.
- WINTER DA. *The biomechanics and motor control of human gait*. Waterloo, Ontario, Canada, University of Waterloo Press, 1987.
- WINTER DA, QUANBURY AO and REIMER GD. Analysis of instantaneous energy of normal gait. *Journal of Biomechanics*, 9, 253-257, 1976.
- WORDEN TA and VALLIS LA. Concurrent performance of a cognitive and dynamic obstacle avoidance task: influence of dual-task training. *Journal of Motor Behavior* 46, 357-368, 2014.
- YEN HC, CHEN HL, LIU MW, LIU HC and LU TW. Age effects on the inter-joint coordination during obstacle-crossing. *Journal of Biomechanics* 42, 2501-2506, 2009.
- YOON S, CHANG JK and KIM J. Effects of a water exercise on the lower extremities coordination during obstacle gait in the female elderly: Focusing on training and detraining effects. *Korean Journal of Sport Biomechanics* 24, 95-101, 2014.
- ZHANG C, MAO D, RISKOWSKI JL and SONG Q. Strategies of stepping over obstacles: The effects of long-term exercise in older adults. *Gait and Posture* 34, 191-196, 2011.

Τρισδιάστατη κινηματική ανάλυση της τεχνικής των κορυφαίων Ελλήνων αθλητών του άλματος σε ύψος

Βασίλειος Πανουτσακόπουλος¹, Απόστολος Θεοδώρου² και Ηρακλής Κόλλιας¹

¹ Εργαστήριο Βιοκινητικής, Τομέας Αγωνιστικών Αθλημάτων, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

² Τομέας Κλασικού Αθλητισμού, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΠΑΝΟΥΤΣΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Β., ΘΕΟΔΩΡΟΥ Α. και ΚΟΛΛΙΑΣ Η. Τρισδιάστατη κινηματική ανάλυση της τεχνικής των κορυφαίων ελλήνων αθλητών του άλματος σε ύψος. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 71-84. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εξέταση των τρισδιάστατων κινηματικών παραμέτρων και η συσχέτισή τους με την επίδοση των κορυφαίων Ελλήνων αθλητών του άλματος σε ύψος. Οι οκτώ πρώτοι αθλητές του τελικού του άλματος σε ύψος του Πανελληνίου Πρωταθλήματος Στίβου του 2009 βιντεοσκοπήθηκαν με δύο σταθερές ψηφιακές βιντεοκάμερες (συχνότητα δειγματοληψίας: 50πεδία/sec). Οι τρισδιάστατες κινηματικές παράμετροι των αλμάτων εξήχθησαν με μέθοδο 3D-DLT ανάλυσης, χρησιμοποιώντας το λογισμικό A.P.A.S.-X.P. (Ariel Dynamics Inc., Trabuco Canyon, CA). Η συσχέτιση της κάθε κινηματικής παραμέτρου με την επίδοση, καθώς και η συσχέτιση μεταξύ των κινηματικών παραμέτρων που βρέθηκαν να έχουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την επίδοση με τις λοιπές παραμέτρους, εξετάστηκε με γραμμική συσχέτιση κατά Pearson, χρησιμοποιώντας το λογισμικό SPSS 10.0.1 (SPSS Inc., Chicago, IL). Οι διαφορές με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = .05$ θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές. Η μέση (\pm τυπική απόκλιση) επίσημη επίδοση των αλμάτων που αναλύθηκαν ήταν $2.13\text{m} \pm 0.07$, ενώ το υψηλότερο σημείο της τροχιάς του Κέντρου Μάζας του Σώματος (ΚΜΣ) των αλτών ήταν $2.18\text{m} \pm 0.07$. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι εξεταζόμενοι, παρότι ανέπτυξαν μεγάλες μέγιστες ταχύτητες των μελών αιώρησης, εμφάνισαν μεγάλη επιβράδυνση των μελών αιώρησης τη στιγμή της απογείωσης, με συνέπεια την καταγραφή τιμών κατακόρυφης ταχύτητας και γωνίας απογείωσης του ΚΜΣ $4.2\text{m/sec} \pm 0.1$ και $44.6^\circ \pm 2.1$ αντίστοιχα. Η επίσημη επίδοση είχε σημαντική ($p < .05$) υψηλή συσχέτιση με το μήκος ($r = .76$) και τη μεταβολή της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στον τελευταίο διασκελισμό ($r = .86$), τη γωνία του γόνατος του ποδιού ώθησης στη μέγιστη κάμψη του κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης ($r = .91$) και το ύψος απογείωσης του ΚΜΣ ($r = .73$). Τα συχνότερα παρατηρούμενα σφάλματα τεχνικής ήταν ο τρόπος τοποθέτησης του πέλματος του ποδιού στήριξης στον τελευταίο διασκελισμό, η μικρή προς τα πίσω κλίση του κορμού κατά την τοποθέτηση στη φάση πατήματος-απογείωσης, η θέση των μελών αιώρησης κατά την ανύψωση και την υπερπήδηση του πήχη, η απουσία πλήρους έκτασης του γόνατος του ποδιού ώθησης, καθώς και η αδυναμία λήψης κατακόρυφης θέσης του κορμού τη στιγμή της απογείωσης. Συμπερασματικά, οι εξεταζόμενοι άλτες, παρότι είχαν ικανοποιητική τεχνική υπερπήδησης του πήχη, απέτυχαν να λάβουν την ενδεδειγμένη θέση απογείωσης, καθώς δεν αξιοποίησαν αποδοτικά την κίνηση των μελών αιώρησης. Στο δεδομένο αυτό μπορεί να αποδοθεί το γεγονός ότι υπολείπονταν στις τιμές των κινηματικών παραμέτρων που άπτονται των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης σε σχέση με τους κορυφαίους άλτες διεθνώς. Προτείνεται η εκπόνηση αποτελεσματικών προπονητικών προγραμμάτων, με έμφαση στην τεχνική εκτέλεσης του τελευταίου διασκελισμού, της τοποθέτησης για το άλμα και της λήψης της θέσης απογείωσης.

Λέξεις κλειδιά: ΚΛΑΣΙΚΟΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ, 3D-DLT ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ, ΘΕΣΗ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗΣ, ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΑΛΜΑΤΟΣ

Το άλμα σε ύψος αποτελεί ένα αγώνισμα του κλασικού αθλητισμού, του οποίου η τεχνική έχει τροποποιηθεί και εξελιχθεί σημαντικά κατά τον προηγούμενο αιώνα (Dapena, 2002). Η τεχνική με την οποία εκτελείται κυρίως αρχα το άλμα σε ύψος είναι η τεχνική του Fosbury Flop. Τα στοιχεία τεχνικής του Fosbury Flop, τα οποία τη διαφοροποιούν από τις προηγούμενες τεχνικές, είναι το τρέξιμο της φόρας σε καμπύλη, το πάτημα με το «εξωτερικό», ως προς τον πήχη, πόδι και την υπερπήδηση του πήχη με τη πλάτη (Schiffer, 2009).

Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη, η επίδοση των ανδρών στο άλμα σε ύψος στους Πανερωπαϊκούς Αγώνες Εθνικών Ομάδων έχει βελτιωθεί με την εισαγωγή των νέων κανονισμών από την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Κλασικού Αθλητισμού, καθώς παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μέση επίσημη επίδοση, με περισσότερες επιτυχημένες και λιγότερες αποτυχημένες προσπάθειες (Theodorou and Skordilis 2009). Η μεθοδολογική προσέγγιση που περιγράφει και αξιολογεί την αθλητική τεχνική ονομάζεται κινηματική ανάλυση και διακρίνεται στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Η ποιοτική αξιολόγηση αφορά τα χαρακτηριστικά των παραμέτρων που τις διακρίνουν, τη διαβάθμισή τους και το βαθμό της τελειότητας που μπορεί να έχει μια παράμετρος, ενώ η ποσοτική αξιολόγηση συνίσταται στον ορισμό της ιδιότητας της παραμέτρου μέσω από διαδικασία μέτρησης και με

Επικοινωνία

Κόλλιας Η. hkollias@phed.auth.gr

την οποία παρέχεται η ακριβής αριθμητική ποσότητά της (Κόλλιας 1997).

Η πλειοψηφία των δεδομένων για την ποσοτική αξιολόγηση της τεχνικής έχουν παρασχεθεί από τρισδιάστατες κινηματικές αναλύσεις των προσπαθειών των αθλητών σε τελικούς Ολυμπιακών Αγώνων (Conrad and Ritzdorf 1990, Darpena 2000) και Παγκοσμίων Πρωταθλημάτων (Ae et al. 2008, Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Loch 1992, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Iiboshi et al. 1993, Isolehto et al. 2007, Killing 2009). Πέρα από τα κινηματικά, έχουν αναφερθεί και ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τις κινητικές παραμέτρους (ώθηση, στροφορμή) που καθορίζουν το ύψος του άλματος (Brüggemann and Arampatzis 1997β, Coh and Suprej 2008, Darpena 1980, Darpena et al. 1990, Darpena 1992, Lees et al. 2000).

Οι κρίσιμες κινηματικές παράμετροι του Κέντρου Μάζας Σώματος (ΚΜΣ), οι οποίες χαρακτηρίζουν τη φάση της φόρας, είναι η οριζόντια ταχύτητά του (Brüggemann and Arampatzis 1997α, Greig and Yeadon 2000), η πλάγια κλίση του κορμού προς το κέντρο της καμπύλης της τροχιάς του (Ae et al. 1986, Darpena 1980, Tan and Yeadon 2005) και η μείωση του ύψους του στον τελευταίο διασκελισμό (Ae et al. 1986, Darpena and Chung 1988). Αντίστοιχα, απαραίτητα για την αποτελεσματική εφαρμογή των ικανοτήτων του άλτη κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης θεωρούνται η κλίση προς τα πίσω του κορμού και η θέση του ποδιού αιώρησης κατά την τοποθέτηση (Ae et al. 1986, Darpena and Chung 1988, Greig and Yeadon 2000, Hay 1985, Tan and Yeadon 2005), η αρχική μηχανική ενέργεια του άλτη κατά την έναρξη της ώθησης για το άλμα (Brüggemann and Arampatzis 1997β), η μετατροπή της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ σε κατακόρυφη (Darpena 2000), η ώθηση στον κατακόρυφο άξονα (Coh and Suprej 2008), η συμμετοχή των μελών αιώρησης για τη δημιουργία στροφορμής γύρω από τους άξονες περιστροφής του σώματος (Darpena 1980, Darpena et al. 1990, Darpena 1992, Lees et al., 2000), καθώς και το ύψος και η κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ (Brüggemann and Arampatzis 1997α, Coh and Suprej 2008, Darpena 2000, Hay 1985, Isolehto et al. 2007). Ολοκληρώνοντας, η βελτιστοποίηση της επίδοσης στη φάση της υπερπήδησης του πήχη εξαρτάται από τη διαχείριση της αποκτηθείσας στροφορμής, καθώς και από το εύρος της υπερέκτασης του κορμού και το συγχρονισμό των κινήσεων για την επίτευξή της (Darpena 1992).

Η ποιοτική αξιολόγηση της τεχνικής των αθλητών πραγματοποιείται με τη χρήση Φυλλαδίων Αξιολόγησης Τεχνικής (ΦΑΤ). Σε ένα τυπικό ΦΑΤ διακρίνεται η δομή (κινητικές φάσεις) της αθλητικής κίνησης και περιλαμβάνει τις αντίστοιχες απεικονίσεις (σκίτσο ή φωτογραφία) της κάθε κινητικής φάσης και την περιγραφή της θέσης ή της κίνησης των μελών του σώματος για μια επιτυχημένη τεχνική εκτέλεση της αθλητικής κίνησης (κριτήρια). Η ταύτιση ή όχι της περιγραφής ενός κριτηρίου του ΦΑΤ με την κίνηση που εκτελέστηκε συντελεί στην ποιοτική αξιολόγηση (επιτυχία – αποτυχία) της τεχνικής του εξεταζόμενου (Tidow 1989). Η χρησιμότητα των ΦΑΤ έγκειται στο γεγονός ότι η πληθώρα των κριτηρίων, σε συνδυασμό με τις υψηλές ταχύτητες, με τις οποίες συντελούνται οι κινήσεις των μελών του σώ-

ματος για την εκτέλεση της αθλητικής τεχνικής, έχουν καταστήσει ως απαραίτητα προπονητικά εργαλεία τη χρήση οπτικοποιημένων μέσων για την αξιολόγηση της τεχνικής (Tidow 1989).

Την τελευταία τριετία, Έλληνες αθλητές πέτυχαν σπουδαίες διακρίσεις σε Παγκόσμια και Πανευρωπαϊκά Πρωταθλήματα κλειστού και ανοιχτού στίβου. Ωστόσο, ελάχιστοι είναι οι Έλληνες άλτες του ύψους που έχουν διακριθεί σε κορυφαίες διοργανώσεις και που έχουν αναλυθεί κινηματικά (π.χ. ο Λ. Παπακώστας από τους Brüggemann and Arampatzis 1997α). Βάση των παραπάνω, προκύπτει ο προβληματισμός αναφορικά με το επίπεδο και την αποτελεσματικότητα της τεχνικής που χρησιμοποιούν οι Έλληνες άλτες του ύψους. Σκοπός της εργασίας ήταν η ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση της τεχνικής κορυφαίων Ελλήνων αθλητών του άλματος σε ύψος με χρήση τρισδιάστατης κινηματικής ανάλυσης.

Μέθοδος

Στοιχεία πειραματικού δείγματος. Εξετάσθηκαν οι οκτώ (n=8) πρώτοι στην κατάταξη αθλητές του τελικού του αγώνισματος του άλματος σε ύψος του Πανελληνίου Πρωταθλήματος Ανδρών 2009 (Καυτανζόγλειο Εθνικό Στάδιο Θεσσαλονίκης, 1η Αυγούστου 2009). Η μέση (\pm τυπική απόκλιση) ηλικία, σωματικό ανάστημα, μάζα σώματος και επίδοση των εξεταζόμενων ήταν 22.3 έτη \pm 3.8, 1.95m \pm 0.04, 75.0kg \pm 5.1 και 2.13m \pm 0.07 αντίστοιχα. Η εργασία πραγματοποιήθηκε με τη συγκατάθεση των εξεταζόμενων και σύμφωνα με τις διατάξεις της αναθεωρημένης Διακήρυξης του Ελσίνκι σχετικά με την έρευνα σε ανθρώπους.

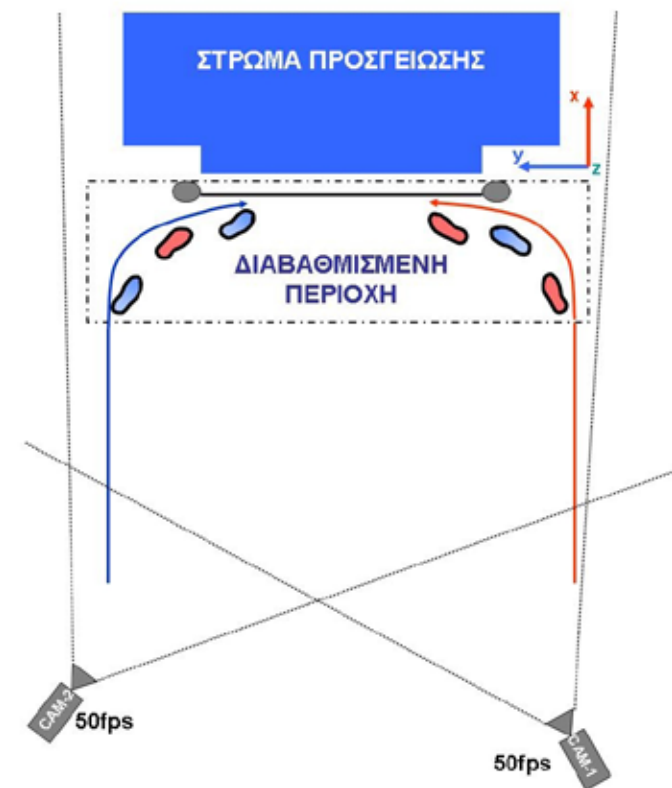
Πρωτόκολλο. Καταγράφηκαν οι προσπάθειες όλων των συμμετεχόντων αθλητών, αλλά αναλύθηκαν μόνο τα έγκυρα άλματα των οκτώ πρώτων στην κατάταξη αθλητών. Τα κριτήρια για την επιλογή του άλματος που αναλύθηκε για τον κάθε εξεταζόμενο άλτη ήταν να αποτελούσε επίδοση πάνω από 2.05m και να αποτελούσε το άλμα που καθόριζε την τελική του κατάταξη στο αγώνισμα.

Όργανα και τεχνική μέτρησης. α) *Ποσοτική ανάλυση.* Οι προσπάθειες των αλτών καταγράφηκαν με δύο σταθερές ψηφιακές video-κάμερες (JVC GR-D720E και JVC GR-D815, Victor Co., Japan), οι οποίες λειτουργούσαν με συχνότητα καταγραφής 50πεδίων/sec και με ταχύτητα φωτοφράκτη 1/4000. Οι κάμερες ήταν τοποθετημένες σε σταθερούς τρίποδες στην κερκίδα, σύμφωνα με τη διάταξη που απεικονίζεται στην Εικόνα 1, και σε ύψος 5.7m από το έδαφος. Η απόσταση των καμερών από τη βάση του δεξιού στυλοβάτη ήταν 44.8m.

Σε κάθε επιλεγμένο άλμα, βιντεοσκοπήθηκαν οι ακόλουθες φάσεις: οι δύο τελευταίοι διασκελισμοί της φόρας, η φάση πατήματος-απογείωσης, η υπερπήδηση του πήχη και η προσγείωση στο στρώμα. Ο συγχρονισμός (ο οποίος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των καταγεγραμμένων ηχητικών σημάτων, χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη λειτουργία του λογισμικού ανάλυσης), η ψη-

φιοποίηση των ανατομικών σημείων, η εξομάλυνση των δεδομένων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό A.P.A.S.-XP (Ariel Dynamics Inc., Trabuco Canyon, CA).

Η περιοχή που περιλήφθηκε στο πεδίο λήψης των καμερών διαβαθμίστηκε με την τοποθέτηση ράβδων διαστάσεων $2.5m \pm 0.02m \pm 0.02m$ και με σημεία αναφοράς ανά $25cm$. Οι ράβδοι τοποθετήθηκαν κατακόρυφα σε προκαθορισμένα σημεία του εδάφους, τα οποία περιέκλειαν την περιοχή όπου εκτελέστηκαν οι δύο τελευταίοι διασκελισμοί της φόρας και η φάση πατήματος-απογείωσης. Σημεία αναφοράς επίσης ελήφθησαν στους στυλοβάτες, τον πήχη και το στρώμα. Τα παραπάνω σημεία αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή τρισδιάστατων συντεταγμένων, μέσω μιας μεθόδου 3D-DLT κινηματικής ανάλυσης (Kollias, 1984). Ο άξονας Y ήταν παράλληλος με τον πήχη, με τις θετικές τιμές να βρίσκονται από το δεξί στυλοβάτη προς τον αριστερό στυλοβάτη (Εικόνα 1). Ο άξονας X ήταν κάθετος στον άξονα Y, με τις θετικές τιμές να βρίσκονται από τον πήχη προς το στρώμα προσγείωσης, ενώ ο άξονας Z ήταν κατακόρυφος και κάθετος στους άξονες X και Y, με τις θετικές τιμές να βρίσκονται από το έδαφος προς τον ουρανό. Υιοθετήθηκαν ως σημείο αναφοράς $(X, Y, Z) = (0, 0, 0)$ του τρισδιάστατου καρτεσιανού συστήματος η βάση του δεξιού στυλοβάτη και ως άξονας αναφοράς ο Y.



Εικόνα 1. Κάτοψη της διάταξης και του πεδίου λήψης των δύο βιντεοκαμερών.

β) Ποιοτική ανάλυση. Για την αξιολόγηση της τεχνικής των εξεταζόμενων χρησιμοποιήθηκε το Φυλλάδιο Αξιολόγησης Τεχνικής (ΦΑΤ) για το άλμα σε ύψος (Tidow 1993), στο οποίο είχαν προστεθεί κριτήρια αξιολόγησης προτεινόμενα από τον Tansley (2004). Τα κριτήρια αξιολόγησης αφορούσαν τους δύο τελευταίους διασκελισμούς της φόρας, τη φάση πατήματος-απογείωσης, της ανύψωσης, της υπερπήδησης του πήχη και της προετοιμασίας για την προσγείωση στο στρώμα (Εικόνα 2). Το ΦΑΤ συμπληρώθηκε έπειτα από την αναπαραγωγή, πεδίο προς πεδίο, της καταγεγραμμένης προσπάθειας του κάθε εξεταζόμενου. Ως προς την τεχνική υπερπήδησης του πήχη, υιοθετήθηκε η διαβάθμιση σε πολύ αποτελεσματική, ικανοποιητική και μη-αποτελεσματική τεχνική όπως προτάθηκε από τον Darpena (1992).

Ανάλυση δεδομένων

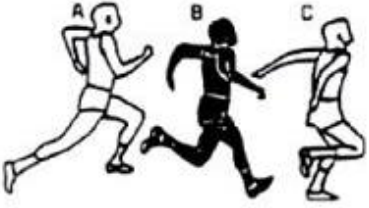

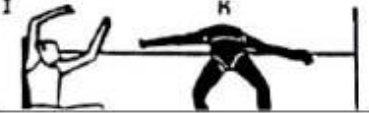
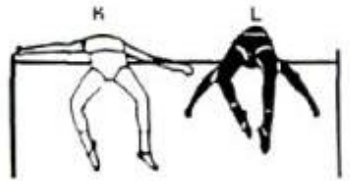
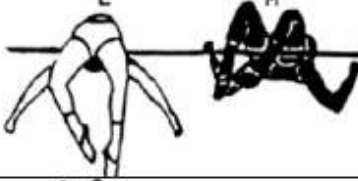
α) Ψηφιοποίηση - εξαγωγή κινηματικών δεδομένων.

Η κινηματική ανάλυση των αλμάτων πραγματοποιήθηκε με τη δια χειρός και σε κάθε καταγεγραμμένο πεδίο ψηφιοποίηση δεκαοκτώ ανατομικών σημείων του σώματος των αλτών (δάκτυλα ποδιών, σφυροί, γόνατα, ισχία, ώμοι, αγκώνες, καρποί, μετακάρπια, βάση του αυχένα και κορυφή κεφαλιού), καθώς και επιλεγμένων σημείων στο χώρο, τους στυλοβάτες και τον πήχη. Οι συντεταγμένες του ΚΜΣ για το κάθε πεδίο υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τα αδρανειακά χαρακτηριστικά του σώματος που πρότεινε ο Plagenhoef (1985) και την εξίσωση (Κόλλιας 1997):

$$C_{KM} = \sum_{i=1}^n (P_i - (P_i - D_i) \times q_i) \times m_i$$

όπου C_{KM} : η συντεταγμένη του κέντρου μάζας του σώματος, P_i : η συντεταγμένη του κοντινού σημείου ως προς το στέρνο του $i^{ου}$ μέλους, D_i : η συντεταγμένη του μακρινού σημείου ως προς το στέρνο του $i^{ου}$ μέλους, q_i : το μήκος της απόστασης του κέντρου μάζας του $i^{ου}$ μέλους από το κοντινό σημείο ως προς το στέρνο, m_i : η μάζα του $i^{ου}$ μέλους σε σχέση με την ολική μάζα του σώματος, n : ο αριθμός των μελών του σώματος (=14: κεφαλή+αυχένος, κορμός, δύο βραχίονες, δύο πήχεις, δύο παλάμες, δύο μηροί, δύο κνήμες, δύο άκροι πόδες).

Για την εξομάλυνση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό κατωδιαβατό φίλτρο Butterworth 2^{ου} βαθμού με συχνότητα αποκοπής 6Hz, η οποία επιλέχθηκε αξιολογώντας το θόρυβο που υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του αθροίσματος των διαφορών (Winter et al. 1974). Η ακρίβεια της ανασυγκρότησης των τρισδιάστατων συντεταγμένων του χώρου κίνησης αξιολογήθηκε με τη μέθοδο της ρίζας των μέσων τετραγωνικών διαφορών (RMS) των συντεταγμένων από τις ψηφιοποιημένες βιντεοταινίες και των αντίστοιχων συντεταγμένων που εξήχθησαν μετά την επαναψηφιοποίηση του 5% των καταγεγραμμένων πεδίων. Διαπιστώθηκε σφάλμα 3.2cm, 1.4cm και 1.1cm για τον X, Y και Z άξονα αντίστοιχα.

ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ	ΦΑΣΗ	A/A	ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΗΜΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	(1) ΦΟΡΑ: ΠΡΟΤΕΛΕΥΤΑΙΟΣ ΔΙΑΣΚΕΛΙΣΜΟΣ	A1	Τοποθέτηση	Επαφή στο μπροστινό μέρος του πέλματος τρέχοντας σε καμπύλη				
		2	Σώμα/κορμός	«Γέρνει»/ελαφρά κλίση εμπρός				
		3	Χέρια	Κίνηση εναλλάξ/Κίνηση δρομική				
		3i	Χέρια	Κίνηση από τους ώμους				
		B4	Εμπρός στήριξη	Πρώτη επαφή με τη φτέρνα				
		BC5	Στήριξη	Γόνατο: σε κάμψη				
		B6	Χέρια	Το αντίθετο από το πόδι στήριξης μένει πίσω				
		C7	Χέρια	Παράλληλα/μέγιστο πίσω από τον κορμό/αγκώνες: 90°				
	(2) ΦΟΡΑ: ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΣ ΔΙΑΣΚΕΛΙΣΜΟΣ	D8	Κορμός	Κατακόρυφος				
		9	Πόδι στήριξης	Ύψωση σε οριζόντια διεύθυνση				
		DF10	Πόδι ώθησης	Γρήγορη & ενεργητική τοποθέτηση/προενεργοποίηση/«μακριά»				
		E11	Χέρια	Εναρξη χρήσης αιώρησης δύο χεριών μαζί				
		F12	Σώμα/κορμός	«Γέρνει»/κλίση πίσω				
		F13	Τοποθέτηση	«Προς» τον πήχη/ιδανική απόσταση				
		EF14	Πόδι αιώρησης	Κάμπεται/κίνηση προς τα πάνω και εμπρός				
		FG15	Πόδι ώθησης	Παθητική/ελάχιστη κάμψη/ελάχιστος χρόνος ώθησης/προσπάθεια για μέγιστο ύψος				
	(3) ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ	FH16	Χέρια	Ενεργητική χρήση αιώρησης δύο χεριών μαζί				
		FH17	Πόδι αιώρησης	Το γόνατο «οδηγεί»/μηρός σταματά παράλληλα με το έδαφος				
		GH18	Πόδι αιώρησης	Το γόνατο «ανοίγει»/τερματισμός έκτασης τη στιγμή της απογείωσης				
		H19	Χέρια	«Κλειδωμένα»/κάμπτονται				
		H20	Ωμοί	Ανασηκώνονται/είναι στο οριζόντιο επίπεδο				
		H21	Κορμός	Κατακόρυφος				
		I22	Κεφάλι	«Κοιτάζει» προς τον πήχη				
		I23	Χέρια	Το αντίθετο του ποδιού στήριξης «οδηγεί»				
	(4) ΑΝΥΨΩΣΗ ↓ ΘΕΣΗ «ΑΝΟΙΓΜΑ»	I24	Κορμός	Περιστροφή γύρω από τον επιμήκη άξονα				
		IK25	Χέρια	«Ανοίγουν»				
		IK26	Πόδι αιώρησης	«Χαμηλώνει»				
		K27	Κορμός	Η ράχη παράλληλη στον πήχη				
		K28	Κεφάλι	Κίνηση προς τα πίσω				
			(5) ΥΠΕΡΕΚΤΑΣΗ (ΤΟΞΟ)	KL29	Χέρια	Εκτείνονται/«κίνηση καταδύτη»		
				L30	Ισχία	Υπερέκταση/ανυψώνονται/ψηλότερα από γόνατα και ώμους		
				L31	Πόδια	Κάμπτονται/κατευθύνονται προς τα κάτω		
L32	Κορμός			Σε σχήμα τόξου				
L33	Κεφάλι			«Ξαπλώνει» πίσω				
L34	Επιμήκης άξονας			Κάθετος ως προς τον πήχη				
	(6) «ΚΛΕΙΣΙΜΟ» (ΛΥΣΗ ΤΟΞΟΥ)			LM35	Κορμός	Ενεργητικό «κατέβασμα» της λεκάνης		
				M36	Κεφάλι & κορμός	«Αντιδραστική»-αντιμεταθετική κίνηση		
		M37	Ισχία	Κάμπτονται ενεργητικά				
		M38	Πόδια	Συγχρονισμένη ενεργητική έκταση γονάτων				
		M39	Χέρια	Κάμπτονται				
	(7) ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ	40	Κεφάλι	Ανυψώνεται				
		41	Ισχία	Κάμπτονται/«κλειδώνουν»				
		42	Χέρια	«Ανοίγουν»				
		43	Κορμός	Σε θέση «L»				
		44	Πόδια	Εκτείνονται/κατευθύνονται προς τα πάνω				

Εικόνα 2. Το Φυλλάδιο Αξιολόγησης Τεχνικής του άλματος σε ύψος (Tidow, 1993; με τροποποιήσεις σύμφωνα με Tansley, 2004), που χρησιμοποιήθηκε για την ποιοτική ανάλυση των αλτών (☑: επίτευξη κριτηρίου, ☒: αποτυχία). Το Φυλλάδιο Αξιολόγησης Τεχνικής μεταφράστηκε και χρησιμοποιήθηκε με την άδεια της Συντακτικής Επιτροπής του περιοδικού *New Studies in Athletics*.

β) Ορισμός κινηματικών παραμέτρων ανάλυσης.

Βάσει των συντεταγμένων των σημείων που ψηφιοποιήθηκαν και με χρήση βασικών εξισώσεων της κινηματικής και της γεωμετρίας, υπολογίσθηκαν τα πρωτογενή κινηματικά δεδομένα, όπως τα σημεία τοποθέτησης των κάτω άκρων, το ύψος του ΚΜΣ και οι γωνίες των αρθρώσεων. Από τα πρωτογενή κινηματικά δεδομένα υπολογίσθηκαν οι κινηματικές παράμετροι όπως η οριζόντια και κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ, η κατακόρυφη ταχύτητα των μελών του σώματος, η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ και η γωνιακή ταχύτητα της άρθρωσης του ισχίου και του γόνατος. Πιο συγκεκριμένα, οι κινηματικές παράμετροι που εξήχθησαν για ανάλυση ήταν:

- το μέγιστο ύψος της τροχιάς του ΚΜΣ (H_{MAX}), καθώς και το ύψος του ΚΜΣ την στιγμή της τοποθέτησης (H_0) και της απογείωσης (H_1), ως η κατακόρυφη απόσταση της θέσης του ΚΜΣ με το έδαφος,
- η κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΜΣ από τη στιγμή της απογείωσης έως το υψηλότερο σημείο της τροχιάς του (H_2), ως η διαφορά στον κατακόρυφο άξονα της θέσης του ΚΜΣ σε αυτές τις χρονικές στιγμές,
- η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του πήχη και του υψηλότερου σημείου της τροχιάς του ΚΜΣ (H_3), ως η διαφορά στον κατακόρυφο άξονα του υψηλότερου σημείου της τροχιάς του ΚΜΣ και της θέσης του κέντρου του πήχη,
- η απόσταση μεταξύ των δακτύλων του ποδιού ώθησης και του δεξιού στυλοβάτη (TP), ως η οριζόντια απόσταση στον άξονα Y μεταξύ των δύο σημείων τη στιγμή της τοποθέτησης,
- η απόσταση μεταξύ των δακτύλων του ποδιού ώθησης και του κέντρου του πήχη (TB), ως η οριζόντια απόσταση στον άξονα X μεταξύ των δύο σημείων τη στιγμή της τοποθέτησης,
- η απόσταση μεταξύ του ΚΜΣ και του κέντρου του πήχη κατά τη στιγμή της απογείωσης (BB_{TO}) και κατά τη στιγμή της επίτευξης του μέγιστου ύψους τροχιάς του ΚΜΣ (BB_{Hmax}), ως η οριζόντια απόσταση στον άξονα X μεταξύ των δύο σημείων στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές,
- το μήκος διασκελισμού (S), ως η απόσταση στο επίπεδο XY μεταξύ των δακτύλων του ποδιού στήριξης ποδιών μεταξύ δύο διαδοχικών τοποθετήσεων,
- η οριζόντια ταχύτητα απογείωσης (V_H) ως η συνιστάμενη ταχύτητα του ΚΜΣ στους άξονες X και Y στις χρονικές στιγμές του πατήματος (TD) και απογείωσης (TO),
- η κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης (V_Z) ως η ταχύτητα του ΚΜΣ στον άξονα Z στις χρονικές στιγμές του πατήματος (TD) και απογείωσης (TO),
- η κατακόρυφη ταχύτητα των μελών αιώρησης και ειδικότερα ως η ταχύτητα στον κατακόρυφο άξονα του έξω σφυρού του ποδιού αιώρησης (L) και ως ο μέσος όρος της αντίστοιχης τιμής του δεξιού και αριστερού καρπού (A),
- η κλίση διεύθυνσης του διασκελισμού ως προς τον επιμήκη άξονα του πήχη (θ_S), ως η γωνία που σχηματίζει ο επιμήκης άξονας του πήχη με την εφαπτομένη

της τροχιάς του ΚΜΣ κατά την απογείωση στον τελευταίο διασκελισμό,

- η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ (AngPr), ως η τιμή της τοξοεφαπτομένης του λόγου της κατακόρυφης προς την οριζόντια ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ,
- η κλίση του ποδιού ώθησης (ϕ), ως τη γωνία που σχηματίζει η ευθεία έξω σφυρός-ισχίο με το οριζόντιο επίπεδο κατά την τοποθέτηση στη φάση πατήματος-απογείωσης,
- η γωνία των αρθρώσεων του γόνατος (θ_K) και του ισχίου, καθώς και το εύρος κίνησης των αρθρώσεων από τη μέγιστη κάμψη τους (AM) έως την τιμή τους τη στιγμή της απογείωσης (ROM),
- η γωνιακή ταχύτητα (ω) της άρθρωσης του ισχίου και του γόνατος του ποδιού αιώρησης στη φάση πατήματος-απογείωσης.

Για την αξιολόγηση της ικανότητας περάσματος του πήχη, οι παράμετροι H_0 , H_1 , H_2 και H_3 υπολογίσθηκαν και ως ποσοστό τοις εκατό της επίσημης επίδοσης ($H_0\%$, $H_1\%$, $H_2\%$ και $H_3\%$ αντίστοιχα).

γ) Στατιστική Ανάλυση. Για τον κάθε εξεταζόμενο παρέχεται η ατομική τιμή που καταγράφηκε στην κάθε κινηματική παράμετρο. Ακόμα, παρέχεται ο μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση για το σύνολο των οκτώ αλτών. Η πιθανή συσχέτιση της κάθε κινηματικής παραμέτρου με την επίδοση ελέγχθηκε με γραμμική συσχέτιση κατά Pearson. Επιπρόσθετα, σε δεύτερη φάση, εφαρμόστηκε εξέταση γραμμικής συσχέτισης κατά Pearson μεταξύ των κινηματικών παραμέτρων που βρέθηκαν να έχουν ισχυρή ($-1 < r \leq -0.7$ ή $0.7 \leq r < 1$) στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την επίδοση με τις υπόλοιπες κινηματικές παραμέτρους που εξήχθησαν για την παρούσα ανάλυση. Οι διαφορές με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = .05$ ορίσθηκαν ως στατιστικά σημαντικές. Όλοι οι στατιστικοί έλεγχοι διεξήχθησαν με το λογισμικό SPSS 10.0.1 (SPSS Inc., Chicago, IL).

Αποτελέσματα

Κινηματικοί παράμετροι. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται η επίσημη επίδοση και τα επί μέρους ύψη κάθε εξεταζόμενου αθλητή. Η μέση επίσημη επίδοση ήταν $2.13\text{m} \pm 0.07$ ενώ το μέσο μέγιστο ύψος της τροχιάς του ΚΜΣ ήταν $2.18\text{m} \pm 0.07$. Από το ύψος αυτό, περίπου το ένα τρίτο διανύθηκε κατά την πτήση. Παρατηρήθηκε ένας άλτης που εκμεταλλεύθηκε βέλτιστα το μέγιστο ύψος πτήσης, καθώς ο πήχης ήταν μόλις 2cm κάτω από το μέγιστο ύψος της τροχιάς του ΚΜΣ. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε κατακόρυφη διαφορά ύψους 17cm μεταξύ του πήχη και του μέγιστου ύψους τροχιάς του ΚΜΣ για τον όγδοο άλτη.

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι μισοί άλτες υπερπήδησαν το πήχη βρισκόμενοι στην φάση της καθόδου της πτήσης της τροχιάς του ΚΜΣ (Πίνακας 2). Οι δύο πρώτοι άλτες τοποθετήθηκαν 0.13-0.20m πριν από το στυλοβάτη, ενώ ο τρίτος τοποθετήθηκε περισσότερο προς το κέντρο του πήχη (0.80m από το στυλοβάτη). Με μία ακραία τιμή

Πίνακας 1. Ατομικές τιμές, μέσος όρος και τυπική απόκλιση για την επίσημη επίδοση (H_{OFF}), το μέγιστο ύψος της τροχιάς του Κέντρου Μάζας Σώματος (ΚΜΣ), (H_{MAX}), το ύψος του ΚΜΣ την στιγμή του πατήματος (H₀), το ύψος του ΚΜΣ τη στιγμή της απογείωσης (H₁), την κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΜΣ από τη στιγμή της απογείωσης έως το υψηλότερο σημείο της τροχιάς του (H₂), την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του πήχη και του υψηλότερου σημείου της τροχιάς του ΚΜΣ (H₃), καθώς και των επί μέρους υψών H₀, H₁, H₂ και H₃ εκφρασμένοι ως ποσοστό τοις εκατό της H_{OFF} (H₀%, H₁%, H₂% και H₃% αντίστοιχα). Σημειώνονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι προηγούμενων μελετών.

ΑΘΛΗΤΗΣ	ΘΕΣΗ	H _{OFF} (m)	H ₀ (m)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H _{MAX} (m)	H ₀ (%)	H ₁ (%)	H ₂ (%)	H ₃ (%)
ΜΠΑΝΙΩΤΗΣ	1	2.25	0.97	1.49	0.81	0.05	2.30	42.2	64.8	35.2	2.2
ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ	2	2.18	1.01	1.51	0.70	0.03	2.21	45.7	68.3	31.7	1.4
ΓΚΙΩΣΗΣ	3	2.14	0.92	1.41	0.78	0.05	2.19	42.0	64.4	35.6	2.3
ΜΑΣΤΟΡΑΣ	4	2.14	0.99	1.51	0.65	0.02	2.16	45.8	69.9	30.1	0.9
ΠΟΥΛΟΥΠΑΤΗΣ	5	2.10	0.92	1.41	0.72	0.03	2.13	43.2	66.2	33.8	1.4
ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ*	6	2.10	0.95	1.46	0.68	0.04	2.14	44.4	68.2	31.8	1.9
ΣΥΝΤΖΑΚΗΣ	7	2.05	0.92	1.37	0.72	0.04	2.09	44.0	65.6	34.4	1.9
ΚΟΥΡΤΕΣΗΣ	8	2.05	0.87	1.41	0.81	0.17	2.22	39.2	63.5	36.5	7.7
Μέσος όρος		2.13	0.94	1.45	0.73	0.05	2.18	43.3	66.4	33.6	2.4
Τυπική Απόκλιση		0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.07	2.2	2.2	2.2	2.2
Προηγούμενες μελέτες (μέσος όρος)^a		2.31	0.89	1.35	1.02	0.07	2.39	38.5	56.8	43.2	3.0

^a: Ae et al. (2008), Brüggemann and Arampatzis (1997a), Brüggemann and Conrad (1986), Brüggemann and Loch (1992), Dapena (2000), Isolehto et al. (2007) Killing (2009).

*: Κύπριος αλτις που αγωνίστηκε για τον Ο.Σ.Φ.Π.

ως εξαίρεση (0.51m), οι άλλες τοποθετήθηκαν 0.68-0.94m εξωτερικά του πήχη (Πίνακας 2).

Στον Πίνακα 3 φαίνεται ότι η μέση μείωση του μήκος

Πίνακας 2. Ατομικές τιμές, μέσος όρος και τυπική απόκλιση για την οριζόντια απόσταση μεταξύ των δακτύλων του ποδιού ώθησης και του δεξιού στυλοβάτη (TP)*, την οριζόντια απόσταση μεταξύ των δακτύλων του ποδιού ώθησης και του πήχη (TB), την οριζόντια απόσταση μεταξύ του Κέντρου Μάζας Σώματος (ΚΜΣ) και του πήχη κατά τη στιγμή της απογείωσης (BB_{TO}) και την οριζόντια απόσταση μεταξύ του ΚΜΣ και του πήχη κατά τη στιγμή της επίτευξης του μέγιστου ύψους τροχιάς του ΚΜΣ (BB_{Hmax}), στην οποία ο μέσος όρος αναφέρεται στις απόλυτες τιμές της παραμέτρου. Σημειώνονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι προηγούμενων μελετών.

ΑΘΛΗΤΗΣ	TP (m)	TB (m)	BB _{TO} (m)	BB _{Hmax} (m)
ΜΠΑΝΙΩΤΗΣ (2.25m)	-0.20	0.80	0.79	0.05
ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ (2.18m)	-0.13	0.89	0.85	-0.07
ΓΚΙΩΣΗΣ (2.14m)	0.80	0.90	0.91	-0.04
ΜΑΣΤΟΡΑΣ (2.14m)	0.30	0.51	0.46	0.25
ΠΟΥΛΟΥΠΑΤΗΣ (2.10m)	0.55	0.68	0.53	0.05
ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ (2.10m)	0.28	0.86	0.74	-0.06
ΣΥΝΤΖΑΚΗΣ (2.05m)	0.45	0.68	0.70	0.08
ΚΟΥΡΤΕΣΗΣ (2.05m)	0.00	0.94	0.89	-0.16
Μέσος όρος	0.26	0.75	0.73	0.10
Τυπική Απόκλιση	0.35	0.15	0.16	0.07
Προηγούμενες μελέτες (μέσος όρος)^a		0.89	1.15	

^a: Brüggemann and Conrad 1986, Dapena 2000.

*: από τον αριστερό στυλοβάτη για τον Πουλουπάτη.

διασκελισμού ήταν $0.04m \pm 0.09$. Η οριζόντια ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ στον τελευταίο διασκελισμό της φόρας ήταν ελαφρά μικρότερη ($-0.1m/sec$) από την αντίστοιχη του προτελευταίου διασκελισμού. Η διεύθυνση της τροχιάς του ΚΜΣ κατά τον τελευταίο διασκελισμό σχημάτισε γωνία $20.8^\circ \pm 4.8$ με τον επιμήκη άξονα του πήχη.

Στη φάση πατήματος-απογείωσης, η οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ μειώθηκε κατά $2.9m/sec \pm 0.3$, ενώ η κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ αυξήθηκε κατά $4.3m/sec \pm 0.3$ (Πίνακας 4). Κατά την τοποθέτηση, οι μισοί άλλες, εκ των οποίων και οι τρεις πρώτοι, είχαν αρνητική κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ. Η μέση γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ήταν $44.6^\circ \pm 2.1$.

Η μέση ελάχιστη γωνία της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού στήριξης κατά τον τελευταίο διασκελισμό ήταν $126.0^\circ \pm 10.1$, με τον όγδοο αλτι να σημειώνει τη μεγαλύτερη κάμψη της άρθρωσης (106°). Η μέση κλίση του ποδιού ώθησης κατά την τοποθέτηση στη φάση πατήματος-απογείωσης ήταν $63.3^\circ \pm 2.5$ (Πίνακας 5). Η γωνία της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού ώθησης κατά την τοποθέτηση ήταν πάνω από 160° για τους τέσσερις πρώτους άλλτες, ενώ οι επόμενοι τέσσερις σημείωσαν μεγαλύτερες τιμές κάμψης. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε παρόμοια τάση στην ελάχιστη γωνία της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού ώθησης, ως προς την τιμή της κατά την απογείωση ή ως προς το εύρος κίνησης της άρθρωσης.

Ως προς τη συνεισφορά των μελών αιώρησης στην κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης, πέντε άλλτες είχαν υψηλότερη μέγιστη κατακόρυφη ταχύτητα των άνω άκρων σε σχέση με αυτή των κάτω άκρων (Πίνακας 6).

Πίνακας 3. Ατομικές τιμές, μέσος όρος και τυπική απόκλιση για το μήκος διασκελισμού (S) και την οριζόντια ταχύτητα απογείωσης (V_H) του Κέντρου Μάζας Σώματος (ΚΜΣ) και τη διαφορά τους (Δ)* ανάμεσα στον προτελευταίο (2LS) και στον τελευταίο διασκελισμό (1LS)*, καθώς και για την κλίση διεύθυνσης του διασκελισμού ως προς τον επιμήκη άξονα του πήχη (θS). Σημειώνονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι προηγούμενων μελετών.

ΑΘΛΗΤΗΣ	S2LS (m)	S1LS (m)	ΔS (m)	θS (°)	V_H2LS (m/sec)	V_H1LS (m/sec)	ΔV (m/sec)
ΜΠΑΝΙΩΤΗΣ (2.25m)	2.24	2.05	-0.19	27.7	7.94	7.48	-0.46
ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ (2.18m)	2.17	2.16	-0.01	21.8	6.89	6.96	0.07
ΓΚΙΩΣΗΣ (2.14m)	2.16	2.04	-0.12	22.3	7.79	7.64	-0.15
ΜΑΣΤΟΡΑΣ (2.14m)	1.91	1.97	0.06	22.2	7.27	7.27	0.00
ΠΟΥΛΟΥΠΑΤΗΣ (2.10m)	-	-	-	22.8	-	7.36	-
ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ (2.10m)	1.95	1.91	-0.04	13.2	7.99	7.45	-0.54
ΣΥΝΤΖΑΚΗΣ (2.05m)	1.87	1.94	0.07	14.2	7.06	6.69	-0.37
ΚΟΥΡΤΕΣΗΣ (2.05m)	2.03	1.96	-0.07	22.4	7.66	6.95	-0.71
Μέσος όρος	2.05	2.00	-0.05	20.8	7.51	7.23	-0.31
Τυπική Απόκλιση	0.14	0.09	0.09	4.8	0.44	0.33	0.29
Προηγούμενες μελέτες (μέσος όρος)^a	2.06	2.08	+0.02	32.0	7.42	7.33	-0.16

^a: Bruggemann and Arampatzis 1997α, Bruggemann and Conrad 1986, Dapena 2000, Isolehto et al 2007.

* δεν αναφέρεται για τον Πουλουπάτη εξαιτίας ενός τυχαίου γεγονότος τη στιγμή της καταγραφής.

Κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης, η γωνιακή ταχύτητα του γόνατος του ποδιού αιώρησης ήταν μεγαλύτερη από τη γωνιακή ταχύτητα του ισχίου του ίδιου σκέλους σε πέντε από τους εξεταζόμενους αλτές.

Σύμφωνα με την Εικόνα 3, η μείωση του ύψους του

ΚΜΣ, από την τοποθέτηση στον τελευταίο διασκελισμό έως την τοποθέτηση για το άλμα, ήταν $0.06m \pm 0.05$. Τη στιγμή της τοποθέτησης, το ύψος του ΚΜΣ αντιστοιχούσε στο $53.4\% \pm 2.8$ του σωματικού αναστήματος των εξεταζόμενων αλτών. Κατά τη διάρκεια της φάσης πατήματος-

Πίνακας 4. Η Ατομικές τιμές, μέσος όρος και τυπική απόκλιση για τη γωνία απογείωσης ($AngPr$) του Κέντρου Μάζας Σώματος (ΚΜΣ), την οριζόντια (V_H) και κατακόρυφη (V_Z) συνιστώσα της ταχύτητας του ΚΜΣ στις χρονικές στιγμές του πατήματος (TD) και απογείωσης (TO) καθώς και τις αντίστοιχες διαφορές (Δ) αυτών μεταξύ TD και TO, καθώς και ο συντελεστής ΔV_H προς ΔV_Z ($R\Delta V$). Σημειώνονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι προηγούμενων μελετών.

ΑΘΛΗΤΗΣ	V_HTD (m/sec)	V_HTO (m/sec)	ΔV_H (m/sec)	V_ZTD (m/sec)	V_ZTO (m/sec)	ΔV_Z (m/sec)	$R\Delta V$ (m/sec)	$AngPr$ (°)
ΜΠΑΝΙΩΤΗΣ (2.25m)	7.12	4.13	-2.99	-0.28	4.27	4.55	0.66	46.0
ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ 2.18	7.32	4.22	-3.10	-0.48	4.13	4.61	0.67	44.4
ΓΚΙΩΣΗΣ 2.14	7.46	4.17	-3.29	-0.38	4.06	4.44	0.74	44.2
ΜΑΣΤΟΡΑΣ 2.14	6.91	4.50	-2.41	0.11	4.17	4.06	0.59	42.8
ΠΟΥΛΟΥΠΑΤΗΣ 2.10	7.14	4.00	-3.14	0.19	4.23	4.04	0.78	46.6
ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ 2.10	7.07	4.61	-2.46	0.26	3.94	3.68	0.67	40.5
ΣΥΝΤΖΑΚΗΣ 2.05	6.92	4.22	-2.70	-0.10	4.36	4.46	0.61	45.9
ΚΟΥΡΤΕΣΗΣ 2.05	6.95	3.95	-3.00	0.00	4.16	4.16	0.72	46.5
Μέσος όρος	7.11	4.23	-2.89	-0.09	4.17	4.25	0.68	44.6
Τυπική Απόκλιση	0.20	0.23	0.33	0.27	0.13	0.32	0.06	2.1
Προηγούμενες μελέτες (μέσος όρος)^a	7.36	3.72	-3.71	-0.41	4.48	4.91	0.75	49.9

^a: Ae et al. 2008, Bruggemann and Arampatzis 1997α, Bruggemann and Conrad 1986, Bruggemann and Loch 1992, Dapena 2000, Isolehto et al 2007, Killing 2009.

Πίνακας 5. Ατομικές τιμές, μέσος όρος και τυπική απόκλιση για τη γωνία του γόνατος (θ_k) του ποδιού στήριξης τη στιγμή της τοποθέτησης (TD), της μέγιστης κάμψης της άρθρωσης (AM) και της απογείωσης (TO) στον τελευταίο διασκελισμό (1LS)* και στη φάση πατήματος-απογείωσης (PO), για το εύρος κίνησης της άρθρωσης του γόνατος από τη μέγιστη κάμψη της έως τη στιγμή της απογείωσης (θ_k ROM), καθώς και για την κλίση του ποδιού ώθησης (ευθεία έξω σφυρός-ισχίο) ως προς το οριζόντιο επίπεδο κατά την τοποθέτηση για τη φάση πατήματος-απογείωσης (φ). Σημειώνονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι προηγούμενων μελετών.

ΑΘΛΗΤΗΣ	θ_{kAM1LS} (°)	φ_{TDPO} (°)	θ_{kTDPO} (°)	θ_{kAMPO} (°)	θ_{kTOPO} (°)	θ_{kROMPO} (°)
ΜΠΑΝΙΩΤΗΣ (2.25m)	131	63	162	138	175	37
ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ (2.18m)	123	64	164	136	172	36
ΓΚΙΩΣΗΣ (2.14m)	123	62	164	136	178	42
ΜΑΣΤΟΡΑΣ (2.14m)	132	61	165	137	170	33
ΠΟΥΛΟΥΠΑΤΗΣ (2.10m)	-	65	151	134	168	34
ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ (2.10m)	137	68	156	135	173	38
ΣΥΝΤΖΑΚΗΣ (2.05m)	130	64	150	134	167	33
ΚΟΥΡΤΕΣΗΣ (2.05m)	106	60	147	133	170	37
Μέσος όρος	126.0	63.3	157.4	135.4	171.6	36.3
Τυπική Απόκλιση	10.1	2.5	7.3	1.7	3.7	3.0
Προηγούμενες μελέτες (μέσος όρος)^a	117.6		165.2	143.3	173.2	29.9

^a: Ae et al. 2008, Bruggemann and Arampatzis 1997a, Bruggemann and Conrad 1986, Isolehto et al 2007.
* δεν αναφέρεται για τον Πουλουπάτη εξαιτίας ενός τυχαίου γεγονότος τη στιγμή της καταγραφής.

απογείωσης, το ΚΜΣ ανυψώθηκε κατά $0.50m \pm 0.03$, με το ύψος απογείωσης του ΚΜΣ να αντιστοιχεί στο $75.7\% \pm 1.8$ του σωματικού αναστήματος των εξεταζόμενων αθλητών.

Συσχέτιση κινηματικών παραμέτρων με την επίδοση.

Από τη γραμμική συσχέτιση κατά Pearson φάνηκε ότι η επίσημη επίδοση είχε στατιστικά σημαντική ($p < .05$) υψηλή συσχέτιση με το μήκος του προτελευταίου διασκελισμού ($r = .77$), τη μεταβολή της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ

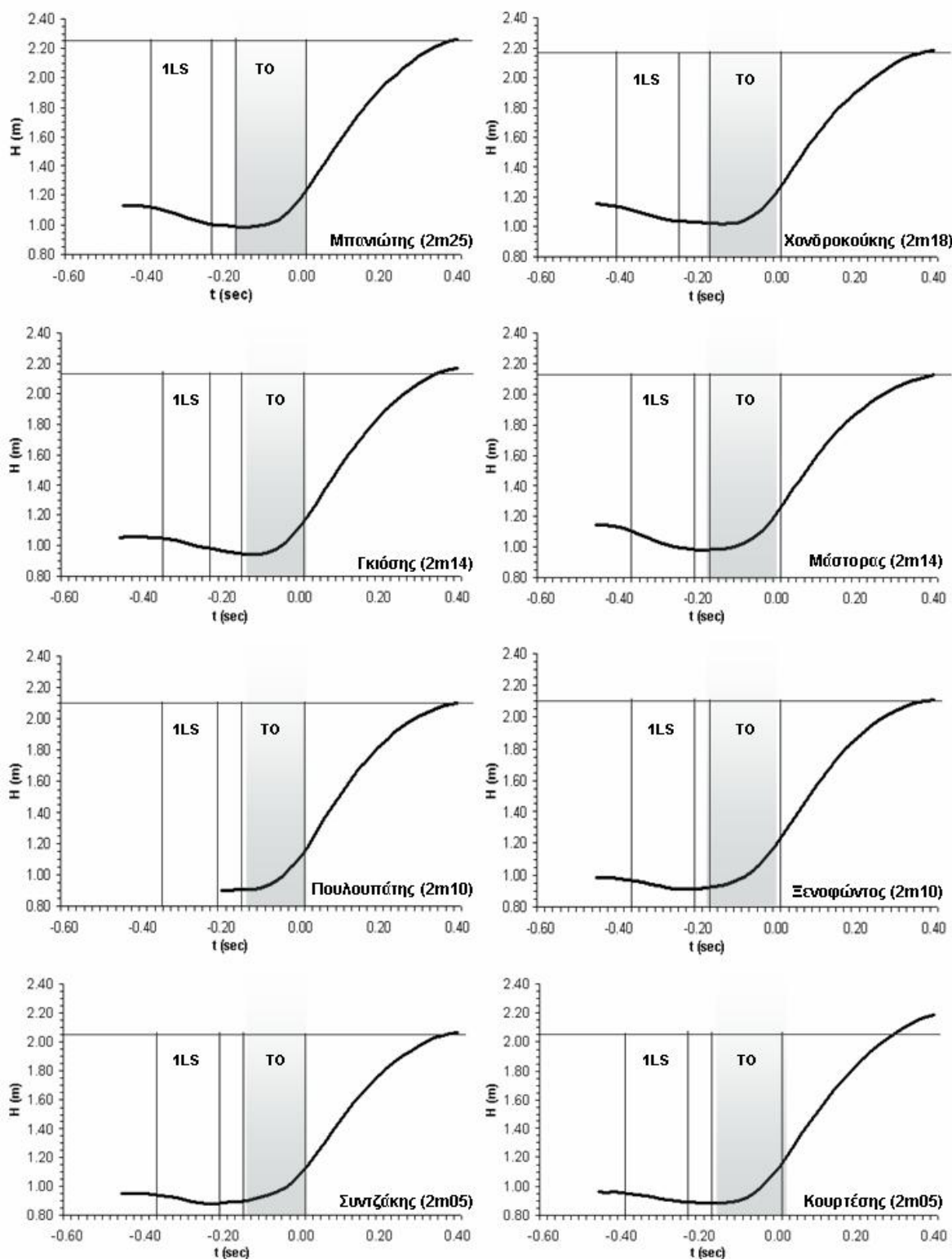
Πίνακας 6. Ατομικές τιμές, μέσος όρος και τυπική απόκλιση για τη μέγιστη τιμή (MAX) και για την τιμή κατά την απογείωση (TO) της κατακόρυφης ταχύτητας (V_z), η μεταξύ τους διαφορά (Δ) για το πόδι αιώρησης (L) και τα άνω άκρα (A) κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης, όπως επίσης και για τη μέγιστη τιμή της γωνιακής ταχύτητας (ω) της άρθρωσης του ισχίου (HIP) και του γόνατος (KNEE) του ποδιού αιώρησης κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης. Σημειώνονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι προηγούμενης μελέτης.

ΑΘΛΗΤΗΣ	$H_{OFF} V_{zL-MAX}$ (m)(m/sec)	V_{zL-TO} (m/sec)	ΔV_{zL} (m/sec)	V_{zA-MAX} (m/sec)	V_{zA-TO} (m/sec)	ΔzVA (m/sec)	ω_{HIP} (rad/sec)	ω_{KNEE} (rad/sec)
ΜΠΑΝΙΩΤΗΣ 2.25	7.33	4.97	-2.4	7.97	7.37	-0.6	7.8	5.9
ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ 2.18	8.78	5.33	-3.5	7.98	5.22	-2.8	6.9	14.3
ΓΚΙΩΣΗΣ 2.14	7.22	4.32	-2.9	7.80	6.02	-1.8	12.4	12.9
ΜΑΣΤΟΡΑΣ 2.14	7.15	4.35	-2.8	6.78	5.79	-1.0	6.4	12.7
ΠΟΥΛΟΥΠΑΤΗΣ 2.10	7.81	3.58	-4.2	8.40	7.63	-0.8	13.3	13.5
ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ 2.10	6.74	3.84	-2.9	7.37	5.79	-1.6	10.7	7.4
ΣΥΝΤΖΑΚΗΣ 2.05	7.68	5.81	-1.9	6.90	6.44	-0.5	6.6	10.6
ΚΟΥΡΤΕΣΗΣ 2.05	6.44	6.44	0.0	7.36	5.22	-2.1	14.1	12.4
Μέσος όρος	7.39	4.83	-2.56	7.57	6.19	-1.39	9.8	11.2
Τυπική Απόκλιση	0.7	1.0	1.3	0.6	0.9	0.8	3.2	3.0
Προηγούμενες μελέτες (μέσος όρος)^a	6.35	5.19	-1.16	7.02	6.61	-0.49		

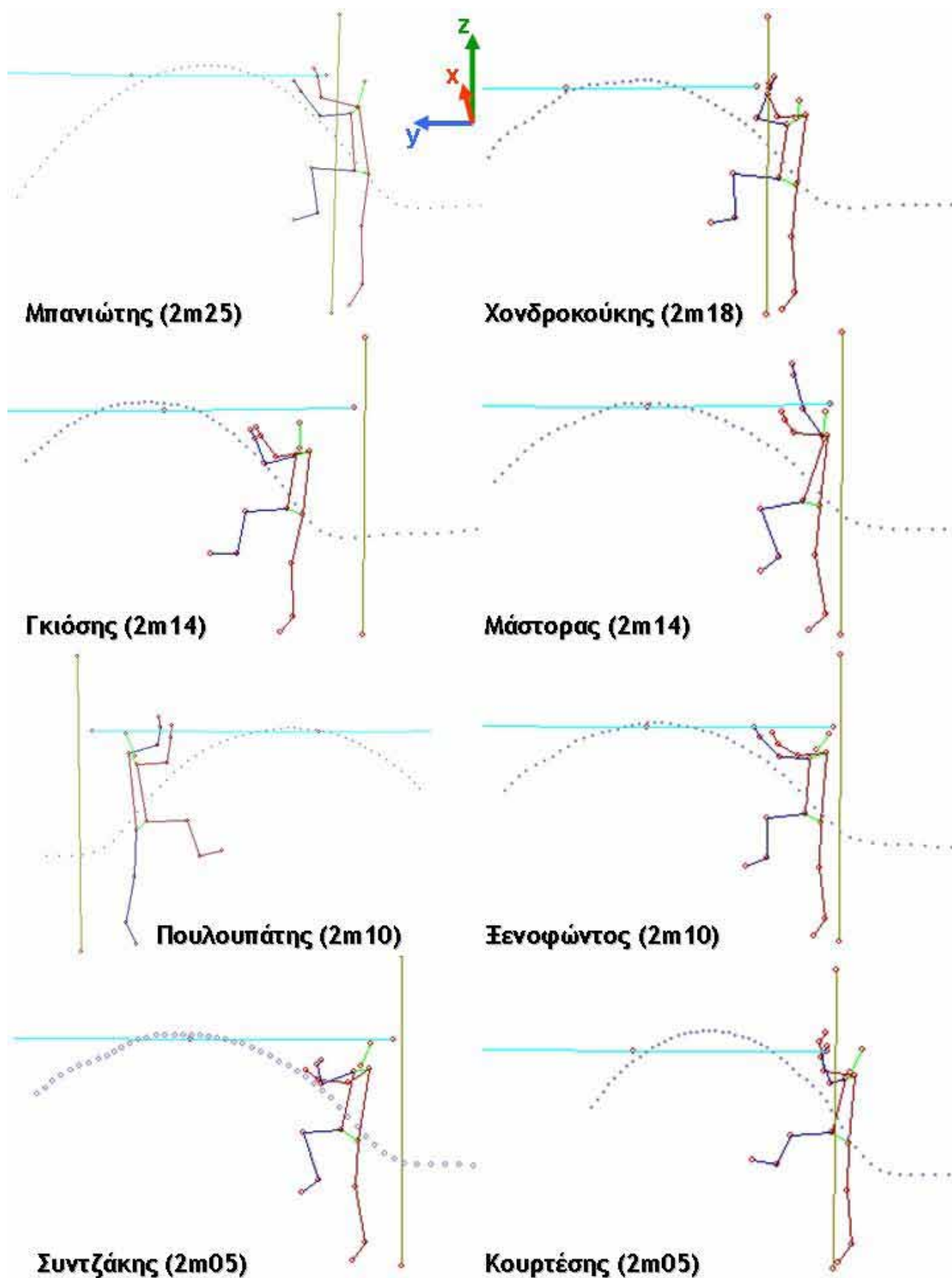
^a: Bruggemann and Loch 1992.

στον τελευταίο διασκελισμό ($r = .86$), τη γωνία του γόνατος του ποδιού ώθησης στη μέγιστη κάμψη του κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης ($r = .91$) και το ύψος απογείωσης του ΚΜΣ ($r = .73$).

Συσχέτιση κινηματικών παραμέτρων μεταξύ τους.
Από τις κινηματικές παραμέτρους που συσχετίζονταν στατιστικά σημαντικά ($p < .05$) με την επίδοση, στατιστικά σημαντική ($p < .05$) συσχέτιση μεταξύ τους παρατηρήθηκε



Εικόνα 3. Η μεταβολή στο χρόνο (t , όπου $t = 0.0\text{sec}$ η απογείωση) του ύψους (H) του Κέντρου Μάζας Σώματος των εξεταζόμενων αλτών από την απογείωση του προτελευταίου διασκελισμού ως το μέγιστο ύψος του άλματος. Στο γράφημα διακρίνονται η διάρκεια της φάσης στήριξης του τελευταίου διασκελισμού (1LS – λευκό πλαίσιο) και της φάσης πατήματος-απογείωσης (TO – σκουρόχρωμο πλαίσιο). Η παράλληλη γραμμή υποδηλώνει το ύψος του πήχη.



Εικόνα 4. Το κινησιόγραμμα των εξεταζόμενων αλτών κατά τη στιγμή της απογείωσης. Διακρίνονται επίσης οι άξονες αναφοράς (όπου το βέλος δείχνει την κατεύθυνση των θετικών τιμών), ο πήχης, ο εγγύς στυλοβάτης και η τροχιά του Κέντρου Μάζας Σώματος.

ανάμεσα στη γωνία του γόνατος του ποδιού ώθησης στη μέγιστη κάμψη του κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης και στο ύψος απογείωσης του ΚΜΣ ($r = .75$). Επιπλέον, στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($p < .05$) παρατηρήθηκαν μεταξύ της γωνίας του γόνατος του ποδιού ώθησης στην τοποθέτηση και της γωνίας στη μέγιστη κάμψη του κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης ($r = .89$), καθώς και μεταξύ της μεταβολής της οριζόντιας ταχύτητας στον τελευταίο διασκελισμό και της γωνίας απογείωσης ($r = -.91$). Τέλος, αρνητική συσχέτιση διαπιστώθηκε μεταξύ της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ τη στιγμή της τοποθέτησης στη φάση πατήματος-απογείωσης και της ελάχιστης γωνίας της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού στήριξης στον τελευταίο διασκελισμό της φόρας ($r = -.77$, $p < .05$).

Αξιολόγηση τεχνικής. Από την ποιοτική αξιολόγηση των αλμάτων φάνηκε ότι υπήρξε ίση κατανομή των αθλητών ως προς τη χρήση δρομικής (αιώρηση χεριών εναλλάξ) και δυναμικής τεχνικής (αιώρηση των δύο χεριών μαζί). Τα συχνότερα σφάλματα τεχνικής που παρατηρήθηκαν ήταν ο τρόπος τοποθέτησης του πέλματος του ποδιού στήριξης στον τελευταίο διασκελισμό, η μικρή προς τα πίσω κλίση του κορμού κατά την τοποθέτηση στη φάση πατήματος-απογείωσης, καθώς και η θέση των μελών αιώρησης κατά την ανύψωση και την υπερπήδηση του πήχη. Στα παραπάνω σφάλματα, προστίθενται, για τη στιγμή της απογείωσης, η απουσία πλήρους έκτασης του γόνατος του ποδιού ώθησης, η αδυναμία λήψης κατακόρυφης θέσης του κορμού και η θέση του πέλματος μπροστά από το γόνατο του ποδιού αιώρησης (Εικόνα 4). Σύμφωνα με την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του πήχη και του υψηλότερου σημείου της τροχιάς του ΚΜΣ, έξι άλτες παρουσίασαν ικανοποιητική, ένας πολύ αποτελεσματική και ένας μη-αποτελεσματική τεχνική υπερπήδησης του πήχη.

Συζήτηση

Η επίσημη επίδοση των αλμάτων ήταν $2.13\text{m} \pm 0.07$, η οποία ήταν χαμηλότερη κατά 0.18m από την αντίστοιχη επίδοση σε προηγούμενες μελέτες από Παγκόσμια Πρωταθλήματα και Ολυμπιακούς Αγώνες (Ae et al. 2008, Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Loch 1992, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Dapena 2000, Iiboshi et al. 1993, Isolehto et al. 2007, Killing 2009). Η μέση κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του πήχη και του υψηλότερου σημείου της τροχιάς του ΚΜΣ στην παρούσα μελέτη ήταν 0.05m και υποδηλώνει ικανοποιητική τεχνική υπερπήδησης του πήχη (Dapena 1992). Οι Έλληνες άλτες φάνηκε ότι υπερτερούν σε αυτήν την παράμετρο συγκριτικά με άλτες επιπέδου Παγκόσμιων Πρωταθλημάτων και Ολυμπιακών Αγώνων, για τους οποίους έχει παρατηρηθεί μέση τιμή 0.07m .

Από την ποιοτική αξιολόγηση της τεχνικής των εξεταζόμενων αλτών διαπιστώθηκε ότι αποκλίσεις από τις βασικές απαιτήσεις τεχνικής (Hay 1985, Tansley 2004, Tidow, 1993) εμφανίστηκαν κατά την εκτέλεση του τελευταίου διασκελισμού (αιώρηση άκρων, κάμψη γόνατος του ποδιού

στήριξης, διεύθυνση ώθησης) και της τοποθέτησης για το άλμα (κλίση ποδιού ώθησης, κλίση σώματος, θέση και κίνηση των μελών του σώματος). Στη διαφοροποίηση αυτή μπορούν να αποδοθούν οι διαφορές μεταξύ των Ελλήνων και των κορυφαίων διεθνώς αλτών, καθώς στις παραπάνω χρονικές στιγμές δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξη, κατά τη στιγμή της απογείωσης, των ευνοϊκών συνθηκών αναφορικά με τις παραμέτρους που καθορίζουν την επίδοση. Η συχνότερη αρνητική ποιοτική αξιολόγηση, δηλαδή η αδυναμία λήψης κατακόρυφης θέσης του κορμού από τους Έλληνες άλτες, μπορεί να αποδοθεί στη λανθασμένη κίνηση των μελών αιώρησης, η οποία έχει υποστηριχθεί ότι μία σημαντική αδυναμία του σώματος για τη λήψη μιας αποδεκτής θέσης απογείωσης (Hay 1985).

Οι εξεταζόμενοι παρουσίασαν μεγαλύτερη ανύψωση του ΚΜΣ στη φάση πατήματος-απογείωσης ($0.50\text{m} \pm 0.03$ ή $75.7\% \pm 1.8$ του σωματικού αναστήματος) σε σχέση με άλτες επιπέδου Ολυμπιακών Αγώνων και Παγκοσμίων Πρωταθλημάτων, οι οποίοι ανύψωσαν το ΚΜΣ κατά $0.45 - 0.53\text{m}$ (Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Loch 1992, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Isolehto et al. 2007) και είχαν ύψος απογείωσης του ΚΜΣ που αντιστοιχούσε στο 68-73% περίπου του σωματικού τους αναστήματος (Dapena 1980, Dapena 2000, Isolehto et al. 2007). Ωστόσο, παρατηρήθηκε μειωμένη ποσοστιαία αναλογία της κατακόρυφης μετατόπισης του ΚΜΣ από τη στιγμή της απογείωσης έως το υψηλότερο σημείο της τροχιάς του ΚΜΣ (33.6% των Ελλήνων έναντι 43.2% των κορυφαίων διεθνώς αλτών).

Τα παραπάνω αποτελέσματα οφείλονται πιθανά στο συνδυασμό της μικρότερης γωνίας απογείωσης με τη μειωμένη κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ στους Έλληνες άλτες. Η γωνία απογείωσης στην παρούσα μελέτη ($44.6^\circ \pm 2.1$) ήταν μικρότερη κατά 5° περίπου συγκριτικά με αυτή που έχει αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες (Ae et al., 2008; Brüggemann and Conrad, 1986; Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Iiboshi et al. 1993, Isolehto et al. 2007). Ωστόσο, ήταν σε συμφωνία με άλτες παρόμοιων επιδόσεων (Dapena 1980). Ακόμα, σε σχέση με άλτες διεθνούς επιπέδου, η μέση κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ των εξεταζόμενων ήταν μικρότερη κατά 0.3m/sec περίπου (Ae et al. 2008, Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Loch 1992, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Dapena 2000, Iiboshi et al. 1993, Isolehto et al. 2007, Killing 2009). Καθώς η κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ θεωρείται ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την επίδοση στο άλμα σε ύψος (Coh and Suprej 2008), η μειωμένη επίδοση των Ελλήνων αλτών μπορεί να αποδοθεί στις μικρότερες τιμές που καταγράφηκαν για αυτήν την παράμετρο. Στην κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ συμβάλλει η κατακόρυφη ταχύτητα των μελών αιώρησης κατά τη διάρκεια της φάσης πατήματος-απογείωσης (Brüggemann and Loch 1992, Dapena et al. 1990, Dapena 2000). Η μικρότερη τιμή κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ μπορεί να αποδοθεί στο εύρημα ότι οι Έλληνες άλτες, παρότι ανέπτυξαν μεγαλύτερες μέγιστες κατακόρυφες ταχύτητες των μελών αιώρησης, εμφάνισαν μεγαλύτερη επι-

βράδυνση των μελών αιώρησης τη στιγμή της απογείωσης, με συνέπεια μικρότερες τιμές κατακόρυφης ταχύτητας των μελών αιώρησης στην απογείωση σε σχέση με κορυφαίους διεθνώς άλτες (Brüggemann and Loch 1992). Η βελτιστοποίηση της χρήσης των μελών αιώρησης, ως προς τη μέγιστη συνεισφορά στην επίδοση, απαιτεί τη συναρμογή των κινήσεών τους κατά την τοποθέτηση, το συντονισμό αυτής της κίνησης, την έντονη προς τα πάνω κίνησή τους κατά τη διάρκεια της ώθησης και την ολοκλήρωση της κίνησής τους ακριβώς πριν την απογείωση (Lees et al. 2000). Τα αίτια της μη αποδοτικής αιώρησης των άνω άκρων κατά την ώθηση εντοπίζονται στη λανθασμένη θέση και κίνησή τους κατά τη διάρκεια του τελευταίου διασκελισμού (Dapena 2000). Για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση της ενέργειας των άνω άκρων, οι άλτες θα πρέπει να εκτελέσουν μια εκρηκτική αιώρηση των χεριών προς τα κάτω κατά τη στιγμή της τοποθέτησης για το άλμα (Lees et al. 2000).

Επιπρόσθετος παράγοντας για τη μειωμένη κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ στους Έλληνες άλτες πιθανά να αποτέλεσε ο μειωμένος συντελεστής μετατροπής μείωσης της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ προς την αύξηση της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ στη φάση πατήματος-απογείωσης, καθώς διαπιστώθηκε ότι μόνο τα δύο τρίτα περίπου της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στην τοποθέτηση των Ελλήνων αλτών μετατράπηκαν σε κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στην απογείωση, ενώ η αναλογία για τους κορυφαίους διεθνώς άλτες είναι τα τρία τέταρτα. Έχει αναφερθεί ότι η περιορισμένη μετατροπή της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης αποτελεί τεκμήριο μιας αναποτελεσματικής διαμόρφωσης της φόρας (Dapena 2000).

Αύξηση της κατακόρυφης ταχύτητας και του ύψους απογείωσης του ΚΜΣ προκαλείται από την αποτελεσματική λειτουργία του κύκλου διάτασης-βράχυνσης στους μύες του ποδιού ώθησης (Dapena and Chung 1988, Dapena et al. 1990), της οποίας ένδειξη αποτελούν οι μεταβολές στη γωνία της άρθρωσης του ποδιού ώθησης κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης (Greig and Yeadon 2000). Αναφορικά με τη γωνία της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού ώθησης κατά την τοποθέτηση για το άλμα, για τους Έλληνες άλτες καταγράφηκαν τιμές 147-165°. Αντίστοιχες τιμές είχαν καταγραφεί και σε άλτες ιδίου περίπου επιπέδου (Ae et al., 1986). Αντιθέτως, έχουν καταγραφεί τιμές 151-174° στους κορυφαίους διεθνώς άλτες (Ae et al. 2008, Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Iiboshi et al. 1993, Isolehto et al. 2007), με το ιδανικό να αποτελεί η ελάχιστη δυνατή κάμψη της άρθρωσης (Greig and Yeadon 2000). Η μέση γωνία ($135.4^{\circ} \pm 1.7$) της άρθρωσης του γόνατος στη μέγιστη κάμψη του στη φάση πατήματος-απογείωσης για τους εξεταζόμενους άλτες ήταν μικρότερη κατά 8° περίπου από τις τιμές που έχουν καταγραφεί σε άλλες μελέτες (Ae et al. 2008, Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Iiboshi et al. 1993, Isolehto et al. 2007), ενώ ήταν όμοια με αυτή αλτών ιδίου επιπέδου (Dapena 1980).

Από τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών σε αθλητές υψηλού επιπέδου φάνηκε ότι η οριζόντια ταχύ-

τητα του ΚΜΣ στο τέλος της φόρας συσχετίζεται με την κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης (Dapena et al. 1990, Dapena 2000), η οποία με τη σειρά της έχει βρεθεί να συσχετίζεται με το ύψος του άλματος (Isolehto et al. 2007). Αυτές η αλληλουχία συσχετίσεων διαπιστώθηκε και στην παρούσα έρευνα, αλλά η οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη φόρα των Ελλήνων αλτών ήταν μικρότερη συγκριτικά με αποτελέσματα άλλων ερευνών (Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Conrad and Ritzdorf 1990, Dapena et al. 1990, Dapena 2000, Iiboshi et al. 1993). Η υιοθέτηση της τεχνικής «μεγαλύτερος προτελευταίος-μικρότερος τελευταίος διασκελισμός» στο τελευταίο τμήμα της φόρας, καθώς και το μήκος του τελευταίου διασκελισμού είναι σε συμφωνία με παλαιότερες έρευνες (Brüggemann and Conrad 1986, Brüggemann and Arampatzis 1997α, Dapena 1980, Dapena 2000, Isolehto et al. 2007). Η υιοθέτηση αυτής της τεχνικής συντέλεσε σε μειωμένη κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ κατά την τοποθέτηση στη φάση πατήματος-απογείωσης, όπως έχει προταθεί αναφορικά με την αποτελεσματικότητα του άλματος (Ae et al. 2008).

Η κλίση της διεύθυνσης του τελευταίου διασκελισμού των εξεταζόμενων αλτών ήταν μικρότερη σε σύγκριση με άλτες διεθνούς επιπέδου (Brüggemann and Arampatzis, 1997α, Dapena 1980, Isolehto et al. 2007), αλλά μέσα στο προτεινόμενο εύρος τιμών (20-40°) σύμφωνα με προηγούμενους ερευνητές (Coh and Suprej 2008, Dapena 2000, Hay 1985). Στην κλίση της διεύθυνσης του τελευταίου διασκελισμού θα μπορούσε να αποδοθεί μερικώς το μεγαλύτερο ύψος του ΚΜΣ των εξεταζόμενων αλτών κατά την τοποθέτηση στη φάση πατήματος-απογείωσης, καθώς τοποθετήθηκαν για το άλμα με το ΚΜΣ να βρίσκεται σε ύψος αντίστοιχο με το 53.4% του σωματικού τους αναστήματος, ενώ η αντίστοιχη τιμή σε άλτες διεθνώς δεν υπερβαίνει το 49% (Dapena 1980, Dapena 2000, Isolehto et al. 2007). Άλλη μία παράμετρος που συνέβαλε στο παρατηρούμενο μεγαλύτερο ύψος του ΚΜΣ κατά την τοποθέτηση για το άλμα ήταν πιθανόν η μικρότερη κλίση του ποδιού ώθησης τη στιγμή της προσγείωσης για το άλμα. Η μέση τιμή της κλίσης του ποδιού ώθησης ήταν 63.3°, με τις 56° να έχουν υποδειχθεί σε μελέτες εξομοίωσης ως η ιδανική κλίση τοποθέτησης (Greig and Yeadon 2000).

Η προς τα πίσω κλίση του σώματος κατά την τοποθέτηση για το άλμα επιτρέπει την εκμετάλλευση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ που αποκτήθηκε στη φόρα, τη μεγαλύτερη κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΜΣ κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης και τη συναρμογή των κινήσεων των μελών αιώρησης (Hay 1985). Είναι επιθυμητό η κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ να έχει θετική τιμή τη στιγμή της τοποθέτησης, έτσι ώστε να είναι αποτελεσματική η μετατροπή της οριζόντιας σε κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη διάρκεια της φάσης πατήματος-απογείωσης (Iiboshi et al. 1993). Το δεδομένο αυτό παρατηρήθηκε στους μισούς από τους εξεταζόμενους άλτες και διαπιστώθηκε ότι αποτελούσε και αυτή μια παράμετρο που συσχετίστηκε με την επίδοση. Όμως, οι μικρότερες τιμές που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη σε σύγκριση με κορυφαίους διεθνώς άλτες υποδηλώνει την μη ευνοϊκή αξιοποίηση της μετατρο-

πής από τους Έλληνες άλτες.

Έχει υποστηριχθεί ότι η βελτίωση του ύψους του άλματος συνδέεται με το μειωμένο ύψος του ΚΜΣ στο τελευταίο τμήμα της φόρας και στην τοποθέτηση για το άλμα (Dapena and Chung 1988) και τα ακόλουθα στοιχεία τεχνικής προτείνονται να υιοθετούνται, έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η επίδοση. Πιο συγκεκριμένα, το χαμηλό ύψος του ΚΜΣ στην τοποθέτηση έχει βρεθεί ότι συσχετίζεται με αυξημένη κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ (Dapena et al. 1990, Isolehto et al. 2007). Με το ΚΜΣ σε χαμηλότερη θέση αναφορικά με τη θέση που είχε κατά τη φόρα, ο άλτης αποκτά πλεονέκτημα αναφορικά με την αποτελεσματικότητα του κύκλου διάτασης-βράχυνσης στους μύες του ποδιού ώθησης, με επακόλουθο την αύξηση της κατακόρυφης ταχύτητας και του ύψους απογείωσης του ΚΜΣ (Dapena and Chung 1988, Dapena et al. 1990). Στο χαμηλό ύψος του ΚΜΣ στο τελευταίο τμήμα της φόρας συνεισφέρει και η τεχνική χρησιμοποίησης της αιώρησης των άνω άκρων, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι η χρήση της δρομικής τεχνικής αιώρησης των άνω άκρων επιτρέπει την περαιτέρω μείωση του ύψους του ΚΜΣ κατά την τοποθέτηση (Isolehto et al. 2007). Όμως, για τη μείωση του ύψους του ΚΜΣ στο τέλος της φόρας είναι απαραίτητη η μεγαλύτερη κάμψη της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού στήριξης στον τελευταίο διασκελισμό της φόρας. Αυτό έχει σαν αρνητικό επακόλουθο την αύξηση του χρόνου στήριξης και για να αποφευχθεί η μείωση της ταχύτητας του ΚΜΣ, έχει προταθεί η χρησιμοποίηση της τεχνικής με ταυτόχρονη αιώρησης των δύο χεριών στους λιγότερο ταχείς άλτες (Ae et al. 1986). Επιπρόσθετα, στην συντελούμενη μείωση του ύψους του ΚΜΣ συμβάλλει η κλίση του σώματος προς το

κέντρο της καμπύλης της φόρας (Ae et al. 1986, Dapena 1980). Η αυξημένη κλίση του σώματος επιτρέπει το τρέξιμο σε καμπύλη χωρίς μείωση της ταχύτητας του ΚΜΣ και αποτελεί παράγοντα δημιουργίας στροφορμής και αυξημένης κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ κατά τη στιγμή της απογείωσης (Dapena and Chung 1988, Dapena 2000, Hay 1985, Tan and Yeadon 2005).

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι κορυφαίοι Έλληνες άλτες του ύψους:

- παρουσίασαν ικανοποιητική τεχνική υπερπήδησης του πήχη,
- απέτυχαν να λάβουν την ενδεδειγμένη θέση απογείωσης,
- δεν αξιοποίησαν αποτελεσματικά την κίνηση των μελών αιώρησης.

Σε σχέση με τους κορυφαίους διεθνώς άλτες του ύψους, οι εξεταζόμενοι Έλληνες αθλητές:

- διαμόρφωσαν τους δύο τελευταίους διασκελισμούς της φόρας με τον ίδιο τρόπο,
- υπολείπονταν στις τιμές των κινηματικών παραμέτρων που άπτονται των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης (ταχύτητα ΚΜΣ, γωνίες της άρθρωσης του γόνατος του ποδιού ώθησης).

Ωστόσο, φάνηκε πως οι κορυφαίοι Έλληνες άλτες διαφοροποιήθηκαν:

- στις ποσοστιαίες αναλογίες των επί μέρους υψών της τροχιάς του ΚΜΣ,
- στη μετατροπή της οριζόντιας σε κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη φάση πατήματος-απογείωσης.

Καθώς η τεχνική ενός αθλητή δεν είναι κάτι προκαθορισμένο, κοινό και σταθερό, αλλά κάτι που συνεχώς αλλάζει, ανάλογα με τη φάση της αθλητικής του εξέλιξης (Κόλλιας 1997), οι προσαρμογές στην τεχνική του άλματος θα πρέπει να συνοδεύονται και από μια αντίστοιχη βελτίωση στις ικανότητες φυσικής κατάστασης.

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τον κ. Κοσμά Χατζόπουλο για τη συμβολή του στη βιντεοσκόπηση.

Βιβλιογραφία

- AE M, M SAKATANI, T YOKOI, Y HASHIHARA and K SHIBUKAWA. Biomechanical analysis of the preparatory motion for takeoff in the Fosbury Flop. *Int J Sport Biomech* 2(1):66-77, 1986.
- AE M, R NAGAHARA, Y OHSHIMA, H KOYAMA, M TAKAMOTO and K SHIBAYAMA. Biomechanical analysis of the top three male high jumpers at the 2007 World Championships in Athletics. *New Stud Athl* 23(2):45-52, 2008.
- BRÜGGEMANN G-P and T CONRAD. Άλμα σε ύψος. Στο: Βιομηχανική Έρευνα στον Κλασικό Αθλητισμό: 1ο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Εφήβων, Αθήνα 1986, P Susanka, G-P Brüggemann and E Τσαρούχας (συντονιστές). Αθήνα: Σ.Ε.Γ.Α.Σ.-Ε.Κ.Α.Ε., 1986, σσ. 121-148.
- BRÜGGEMANN G-P and M LOCH. The high jump. *New Stud Athl* 7(1):67-72, 1992.
- BRÜGGEMANN G-P and ARAMPATZIS A. Men's high jump. In: Biomechanical Research Project at the VIth World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report, H Müller and H Hommel (eds). *New Stud Athl* 12(2-3):66-69, 1997α.
- BRÜGGEMANN G-P and A ARAMPATZIS. Όρια αθλητικών επιδόσεων: άλμα σε μήκος και ύψος. *Κινησιολογία* 2(2):103-114, 1997β.
- COH M and M SUPEJ. Biomechanical model of the take-off action in the high jump – A case study. *New Stud Athl* 23(4):63-73, 2008.
- CONRAD A and W RITZDORF. Biomechanical analysis of the high jump. In: Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad, Seoul 1988, G-P Brüggemann and B Glad (eds). London: International Amateur Athletic Federation, 1990, pp. 177-217.
- DAPENA J. Mechanics of translation in the Fosbury-flop. *Med Sci Sports Exerc* 12(1): 37-44, 1980.
- DAPENA J and CS CHUNG. Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Med Sci Sports Exerc* 20(3):290-302, 1988.
- DAPENA J, C McDONALD and J CAPPAERT. A regression analysis of high jumping technique. *Int J Sport Biomech* 6(3):246-261, 1990.
- DAPENA J. Biomechanical studies in the high jump and the implications to coaching. *Track Field Q Rev* 92(4):34-38, 1992.
- DAPENA J. The high jump. In: Biomechanics in Sport, V Zatsiorsky (ed). Oxford: Blackwell Publishing, 2000, pp. 284-311.
- DAPENA J. The evolution of high jumping technique: biomechanical analysis. In: Scientific Proceedings of the XX International Symposium on Biomechanics in Sports, KE Gianikellis (ed). Extremadura: Universidad de Extremadura, 2002, pp. 3-7.
- GREIG MP and MR YEADON. The influence of touchdown parameters on the performance of a high jumper. *J Appl Biomech* 16(4):367-378, 2000.
- HAY JG. The biomechanics of sports techniques (3rd ed). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.
- IIBOSHI A, M AE, J TKAMATSU, M NAGASAWA, H-P TANG and M YUUKI. Techniques of elite high jumpers at the 3rd IAAF World

- Championships in Athletics. Abstracts of the XIV ISB Congress, Paris – France, 1993, pp. 608-609.
- ISOLETHO J, M VIRMAVIRTA, H KYRÖLÄINEN and P KOMI. Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Stud Athl* 22(2):17-27, 2007.
- KILLING W. Zweimal bronze für Deutschlands Höhenjäger. *Leichtathletik Training* 20(10-11):26-35, 2009.
- KOLLIAS, I. Three-dimensional analysis of hammer throwing. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Alberta, Canada. 1984.
- ΚΟΛΛΙΑΣ ΗΑ. Βιοκινητική της Αθλητικής Κίνησης. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, 1997.
- LEES A, J ROJAS, M CEPERO, V SOTO and M GUTIERREZ. How the free limbs are used by elite high jumpers in generating vertical velocity. *Ergonomics* 43(10):1622-1636, 2000.
- PLAGENHOEF S. Patterns of human motion: A cinematographic analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.
- SCHIFFER J. The high jump. *New Stud Athl* 24(3):9-22, 2009.
- TAN JCC and MR YEADON. Why do high jumpers use a curved approach? *J Sports Sci* 23(8):775-780, 2005.
- TANSLEY J. High jump biomechanics. In: The 16th International Track & Field Coaches Association Congress Proceedings, GG Dales and L Mead Tricard (Eds). Kalamazoo, MI: I.T.F.C.A., 2004, pp. 198-205.
- THEODOROU A and E SKORDILIS. Consequences of the new competition rules for the high jump at the European Team Championships. *New Stud Athl* 24(3):23-30, 2009.
- TIDOW G. Model technique analysis sheets. Part VIII: The Flop High Jump. *New Stud Athl* 8(1):31-44, 1993.
- TIDOW G. Models for teaching techniques and assessing movements in athletics. *New Stud Ath* 4(3):43-45, 1989.
- WINTER DA, HD SIDWALL and DA HOBSON. Measurement and reduction of noise in kinematics of locomotion. *J Biomech* 7(2):157-159, 1974.

Φυσικές ικανότητες αθλητών με κινητικές αναπηρίες

Εμμανουήλ Ζαχαράκης¹ και Νίκος Γελαδάς²

¹ Τομέας Αθλοπαιδιών, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

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

Περίληψη

ΖΑΧΑΡΑΚΗΣ Ε. και ΓΕΛΑΔΑΣ Ν. Φυσικές ικανότητες αθλητών με κινητικές αναπηρίες. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 85-93. Παλαιότερα άτομα με κάκωση στο νωτιαίο μυελό ακινητοποιούνταν σε αμαξίδιο και επιβίωναν για μικρό χρονικό διάστημα μετά τον τραυματισμό τους. Από το 1944, όταν η Βρετανική κυβέρνηση προέβη στην ίδρυση του κέντρου περίθαλψης των τραυματιών του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, προέκυψε ένα κίνημα αθλητικών δραστηριοτήτων με ραγδαία εξέλιξη ανάμεσα στα άτομα με κινητικές αναπηρίες (ΑΚΑ). Σήμερα, τα άτομα αυτά ασχολούνται με αθλήματα όπως: καλαθοσφαίριση, αντισφαίριση, στίβος, κολύμβηση, μαραθώνιος, ξιφασκία, σκοποβολή, ράγκμπι, επιτραπέζια αντισφαίριση, χορός, μπότσια κ.α. Παράλληλα με την ανάπτυξη των αθλητικών δραστηριοτήτων πολλοί ερευνητές άρχισαν να μελετούν την επίδραση της ενασχόλησης με τον αθλητισμό στα ψυχολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των ΑΚΑ. Αρχικά η παρούσα ανασκόπηση αναλύει και σχολιάζει τι μεθοδολογικές δυσκολίες μέτρησης εκείνων των παραμέτρων που καθορίζουν την αθλητική απόδοση στα άτομα με κινητικές αναπηρίες. Έπειτα περιγράφει και αναλύει τις φυσικές ικανότητες των αθλητών με κινητικές αναπηρίες που χρησιμοποιούν αμαξίδιο για τις απαιτήσεις των αθλημάτων τους (στίβος, καλαθοσφαίριση, αντισφαίριση κλπ). Φαίνεται ότι: α) όσο υψηλότερα στο νωτιαίο μυελό βρίσκεται η κάκωση των αθλητών, τόσο χαμηλότερες είναι οι επιδόσεις τόσο στην αερόβια, όσο και την αναερόβια ικανότητα, β) από τους αθλητές που χρησιμοποιούν αμαξίδιο, τις υψηλότερες επιδόσεις (στην αερόβια ικανότητα καθώς και στη μυϊκή δύναμη και αντοχή) εμφανίζουν οι αθλητές του στίβου και έπονται οι αθλητές της καλαθοσφαίρισης και των λοιπών αθλημάτων.

Λέξεις κλειδιά: ΑΘΛΗΤΕΣ ΜΕ ΑΝΑΠΗΡΙΕΣ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ, ΑΕΡΟΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Οι αθλητικές δραστηριότητες των ατόμων με κινητικές αναπηρίες (ΑΚΑ) χρονολογούνται από τον 19^ο αιώνα. Παλαιότερα, άτομα με κάκωση στο νωτιαίο μυελό επιβίωναν για μικρό χρονικό διάστημα μετά τον τραυματισμό τους. Οι βασικότερες αιτίες θανάτου ήταν η σηπτική λοίμωξη, η νεφρική ανεπάρκεια και το έλκος από κατάκλιση. Η συστηματική ενασχόληση των ΑΚΑ με τον αθλητισμό ξεκίνησε μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, κυρίως ως μέσο αποκατάστασης και κοινωνικής επανένταξης των ατόμων αυτών στις απαιτήσεις της καθημερινότητας (ατομική εξυπηρέτηση, επαγγελματική αποκατάσταση κλπ). Συγκεκριμένα, όλα ξεκίνησαν το 1944, όταν η Βρετανική κυβέρνηση ζήτησε από τον Dr. Guttman να ιδρύσει ένα κέντρο περίθαλψης των τραυματιών του Β΄ παγκοσμίου πολέμου στην περιοχή του νοσοκομείου Stoke Mandeville. Στο πρόγραμμα εντάχθηκαν αθλητικές δραστηριότητες και μετά τους πρώτους ανεπίσημους αγώνες το 1944, η εξέλιξη των αγώνων ήταν ραγδαία. Στη Ρώμη το 1960 διεξήχθη η πρώτη Παραολυμπιάδα με συμμετοχή 400 αθλητών από 23 χώρες. Στην Παραολυμπιάδα του Λονδίνου το 2012 συμμετείχαν πάνω από 4000 αθλητές και 123 χώρες (αρχαία Ομοσπονδία Σωματείων Ελλήνων Καλαθοσφαιριστών με

Καρότσι, www.osekk.gr, www.IWBF.com). Σήμερα η καλαθοσφαίριση, η αντισφαίριση, ο στίβος, η κολύμβηση, ο μαραθώνιος δρόμος, η ξιφασκία, η σκοποβολή, το ράγκμπι, η επιτραπέζια αντισφαίριση, ο χορός και το μπότσια είναι οι πιο δημοφιλείς δραστηριότητες στις οποίες επιδίδονται άτομα με κινητικές αναπηρίες.

Παράλληλα με τις αθλητικές δραστηριότητες, πολλοί ερευνητές άρχισαν να μελετούν την επίδραση του αθλητισμού στα ψυχολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των ΑΚΑ. Έχει αποδειχθεί, δε ότι η συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες ατόμων με κάκωση του νωτιαίου μυελού επιδρά θετικά στην ψυχολογία καθώς και στην κινητική τους εξέλιξη και αυξάνει την αυτοπεποίθηση και την αποδοχή της δυσλειτουργικής τους κατάστασης (Robinson, 1975). Βοηθάει στη βελτίωση και αποκατάσταση της δύναμης, της ισορροπίας, του συγχρονισμού και της αντοχής του αθλητή διεγείρει τη δραστηριοποίηση του μυαλού, προάγει την κοινωνικότητα και την αυτοπεποίθησή (Bromley, 1998). Όσον αφορά στις βιολογικές προσαρμογές το ενδιαφέρον των ερευνητών έχει εστιαστεί στην: α) καταγραφή και αξιολόγηση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας των αθλητών (Coutts et al. 1983, Veeger et al. 1991, Lira et al. 2010), β) σύγκριση των διαφόρων οργάνων μέτρησης, σχετικά με την εγκυρότητα και αξιοπιστία αυτών (Glaser et al. 1979, Gass and Camp 1984, Arabi et al. 1997), γ) διαφορά στην επίδοση, ανάλογα με το είδος και το εύρος της αναπηρίας (Coutts et al. 1983, Hoffman 1986), δ)

Συγγραφέας επικοινωνίας
Zacharakis E: emzach@phed.uoa.gr

σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα των αθλητών χωρίς κινητικές αναπηρίες, κατά την άσκηση των άνω άκρων (Flandrois et al., 1986) και ε) δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης των αθλητών μέσω της συστηματικής άσκησης (ή προπόνησης), (Kofsky et al. 1983, Glaser 1989, Van Der Woude et al. 1999).

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να περιγράψει και να συζητήσει τις τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά και προσαρμογές των αθλητών με κινητικές αναπηρίες που χρησιμοποιούν αμαξίδιο για τις απαιτήσεις των αθλημάτων τους (στίβος, καλαθοσφαίριση, αντισφαίριση). Συγκεκριμένα, θα γίνει: α) καταγραφή της αερόβιας και αναερόβιας τους ικανότητας, β) εξέταση των διαφορών στις φυσικές ικανότητες ανάλογα με το είδος της αναπηρίας, γ) σύγκριση των τιμών μεταξύ ατόμων με και χωρίς κινητικές αναπηρίες και δ) συζήτηση προπονητικών προγραμμάτων βελτίωσης αυτών.

Κατηγοριοποίηση

Οι κινητικές αναπηρίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) εκ γενετής και β) επίκτητες. Στην εκ γενετής κατηγορία συγκαταλέγονται μορφές όπως η δισχιδής ράχη και η εγκεφαλική παράλυση. Στις επίκτητες μορφές συγκαταλέγονται οι κακώσεις του νωτιαίου μυελού, οι ακρωτηριασμοί και οι αναπηρίες από πολιομυελίτιδα. Τέλος, όλοι οι άλλοι αθλητές με κινητικές αναπηρίες που δεν εμπίπτουν σε καμιά από τις παραπάνω κατηγορίες, συμπεριλαμβάνονται σε μια ειδική κατηγορία η οποία ονομάζεται «λοιπές αναπηρίες».

Για να μπορέσει ένας αθλητής με κινητικές αναπηρίες να συμμετάσχει σε ένα οποιοδήποτε άθλημα θα πρέπει να έχει μια ιατρική διάγνωση κινητικότητας σε σχέση με την κινητική του αναπηρία. Το σύστημα αυτό έχει δημιουργηθεί για να καθορίζει τη μέγιστη λειτουργικότητα ενός αθλητή που μπορεί να έχει σε μία συγκεκριμένη κατηγορία. Η κατηγοριοποίηση (classification) αυτή των αθλητών, γίνεται από εξειδικευμένο παρατηρητή, που ονομάζεται κατηγοροποιητής. Η ταξινόμηση των αθλητών είναι ξεχωριστή για κάθε άθλημα.

Η κατηγοριοποίηση στον κλασικό αθλητισμό. Οι αθλητές οι οποίοι είναι σε αγωνιστικό αμαξίδιο λόγω κάκωσης νωτιαίου μυελού ή λόγω ακρωτηριασμού και ασχολούνται με αγωνίσματα του στίβου χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες, τις επονομαζόμενες T51-T54 (IPC Classifications Rules 2006). Ένας αθλητής T54 έχει πλήρη κινητικότητα στα χέρια, ενώ ο βαθμός λειτουργικότητας του κορμού μπορεί να ποικίλει από μερική έως φυσιολογική· επίσης μπορεί να έχει σημαντική λειτουργικότητα στα πόδια. Ένας αθλητής T53 έχει φυσιολογική λειτουργικότητα στα χέρια, αλλά όχι στην περιοχή των κοιλιακών μυών ή το κάτω μέρος της σπονδυλικής στήλης. Οι αθλητές T52 έχουν φυσιολογική κινητικότητα στον ώμο, αγκώνα και καρπό, φτωχή έως φυσιολογική λειτουργικότητα στους καμπτήρες και εκτεινόντες των δακτύλων. Ως αθλητές T51 χαρακτηρίζονται εκείνοι οι οποίοι έχουν μειωμένη λειτουργικότητα ώμου, κάμψη αγκώνα και ραχιαία κάμψη καρπού.

Οι αθλητές οι οποίοι είναι σε αγωνιστικό αμαξίδιο λόγω κάκωσης νωτιαίου μυελού ή λόγω ακρωτηριασμού και συμμετέχουν σ' αγωνίσματα κόνιστρας (ρίψεων) χωρίζονται σε οκτώ κατηγορίες (F51-F58). Οι αθλητές F51 έχουν μειωμένη λειτουργικότητα στην άρθρωση του ώμου, στην κάμψη του αγκώνα και την ραχιαία κάμψη του καρπού σε επίπεδο βαθμολόγησης 5 (κλίμακα 0-5) όσο αφορά στη δύναμη. Η αντίστοιχη βαθμολόγηση στην δύναμη του τρικέφαλου βραχιονίου μυός κυμαίνεται από 0-3. Οι αθλητές F52 έχουν καλή λειτουργικότητα στην άρθρωση του ώμου, σχεδόν φυσιολογική στον αγκώνα, καλή στον καρπό, αλλά η λειτουργικότητα στους καμπτήρες και στους εκτεινόντες των δακτύλων φτάνει μέχρι το μέγιστο βαθμό δύναμης 3. Οι αθλητές F53 φέρουν φυσιολογική λειτουργικότητα στην άρθρωση του ώμου, στον αγκώνα και στον καρπό, καλή ή φυσιολογική στους εκτεινόντες και καμπτήρες των δακτύλων. Οι αθλητές F54 έχουν φυσιολογική λειτουργικότητα στα χέρια, χωρίς λειτουργικότητα όμως στους κοιλιακούς μύς ή στην περιοχή του κάτω μέρους της σπονδυλικής στήλης. Ως αθλητές F55 χαρακτηρίζονται εκείνοι οι οποίοι φέρουν φυσιολογική λειτουργικότητα στα χέρια και μπορεί να έχουν μερική ή γενική φυσιολογική λειτουργικότητα στον κορμό, με πιθανή ένδειξη μυϊκού τρέμουλου στους καμπτήρες του ισχίου. Η κατηγορία F56 εμπεριέχει αθλητές οι οποίοι έχουν φυσιολογική λειτουργικότητα στα χέρια και στον κορμό, επιδεικνύουν κάμψη ισχίου και προσαγωγή, έκταση του γονάτου και βαθμό δύναμης 3 στον γαστροκνήμιο. Η κατηγορία F57 αναφέρεται σε αθλητές που έχουν φυσιολογική λειτουργικότητα στα χέρια και στον κορμό, επιδεικνύουν κάμψη ισχίου, προσαγωγή-απαγωγή, κάμψη και έκταση του γονάτου και κάποια λειτουργικότητα στην ραχιαία και πελματιαία κάμψη και τέλος, οι αθλητές F58 που έχουν φυσιολογική λειτουργικότητα στα χέρια και στον κορμό, έχουν κάμψη ισχίου, προσαγωγή-απαγωγή, κάμψη και έκταση γονάτου και κάποια λειτουργικότητα στην ραχιαία και πελματιαία κάμψη, οι συγκεκριμένοι αθλητές χαρακτηρίζονται ως αθλητές με μικρή αναπηρία.

Η κατηγοριοποίηση στην καλαθοσφαίριση. Η κατηγοριοποίηση αθλητών καλαθοσφαίρισης με αμαξίδιο βασίζεται σε συνδυασμό των εξής παραγόντων: α) επίπεδο και έκταση της κάκωσης (πλήρη ή μερική ρήξη του νωτιαίου μυελού), β) κινητική δεξιότητα (ικανότητα χειρισμού στους ελιγμούς με και χωρίς την μπάλα, τη μεταβίβαση, τη βολή, και τη διεκδίκηση) και γ) φυσική κατάσταση. Η αξιολόγηση της κινητικής δεξιότητας του παίκτη γίνεται κατά τη διάρκεια ενός επίσημου αγώνα καλαθοσφαίρισης σε αμαξίδιο με βάση τις παραπάνω αρχές, από έναν κατηγοροποιητή. Η βαθμολογία του παίκτη κυμαίνεται από 1 ως 4,5 βαθμούς. Η υψηλή βαθμολογία σημαίνει και υψηλή λειτουργική ικανότητα. Από το 1940 ως το 1983 μπορούσαν να συμμετέχουν σε μια ομάδα άτομα με ελάχιστη αναπηρία έως τετραπληγικοί. Από το 1984 ισχύει το νέο σύστημα κατηγοριοποίησης, στο οποίο αρχικά υπήρχαν μόνο τέσσερις (4) κατηγορίες (1,2,3,4), αλλά αργότερα προστέθηκαν άλλες τέσσερις διαβαθμίσεις «μισών κατηγοριών» (1.5, 2.5, 3.5,4.5). Κάθε παίκτης βαθμολογείται κινητικά και του προσδίδεται σε πόντους μια από τις 8 κατηγορίες. Το άθροισμα

των πόντων των παικτών μιας ομάδας που συμμετέχει σε έναν αγώνα δεν μπορεί να ξεπερνά ένα όριο πόντων, το οποίο τίθεται από τη διοργανώτρια αρχή. Για τους Διεθνείς αγώνες, η αντίστοιχη ομοσπονδία έχει οριοθετήσει ως μέγιστο όριο το άθροισμα 14 για την εκάστοτε πεντάδα που συμμετέχει στον αγώνα. Σκοπός αυτού του κανονισμού είναι να δίνει την ευκαιρία σε όλους τους αθλητές με βαριές αναπηρίες να έχουν αρκετό χρόνο συμμετοχής στους αγώνες. Σε διαφορετική περίπτωση στους αγώνες θα συμμετείχαν μόνο οι αθλητές με ελαφριές αναπηρίες (πχ αθλητές με ακρωτηριασμό) που έχουν καλύτερη δυνατότητα απόδοσης. Ορισμένες ομοσπονδίες στα εθνικά τους πρωταθλήματα εφαρμόζουν εσωτερικό κανονισμό, όπου επιτρέπεται σε κάθε ομάδα να συμμετέχει στον αγώνα με μεγαλύτερο άθροισμα πόντων από εκείνο της Διεθνούς ομοσπονδίας (π.χ. Ο.Σ.Ε.Κ.Κ. Α' Εθνική 14.5 και Β' Εθνική 15).

Η κατηγοριοποίηση στην αντισφαίριση. Η κατηγοριοποίηση των αθλητών αντισφαίρισης σε αναπηρικό αμαξίδιο γίνεται βάσει των κανονισμών της διεθνούς ομοσπονδίας αντισφαίρισης, ITF. Για να συμμετάσχει ένας αθλητής σε τουρνουά αντισφαίρισης σε παραολυμπιακούς αγώνες θα πρέπει να έχει μια ιατρική διάγνωση κινητικότητας σε σχέση με την κινητική του αναπηρία. Αυτή η μόνιμη φυσική αναπηρία θα πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα μία σημαντική έλλειψη λειτουργικότητας σε ένα ή και στα δύο πόδια.

Βιολογικές ορίζουσες

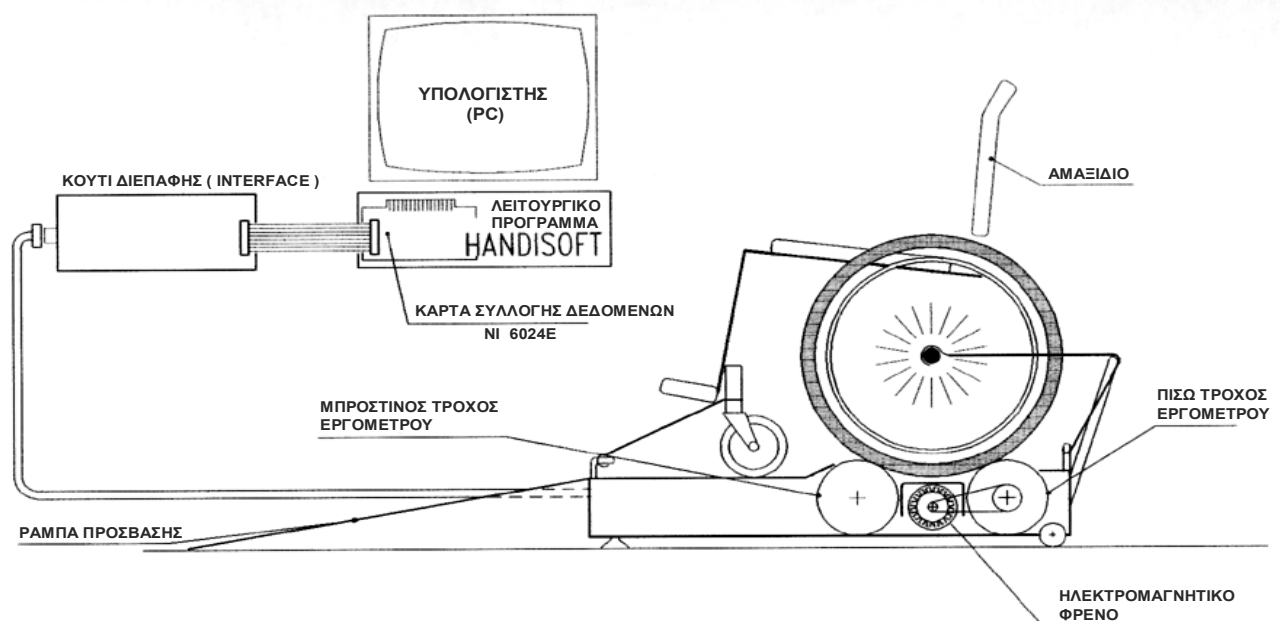
Η μεγάλη συμμετοχή των ΑΚΑ σε αθλητικές δραστηριότητες τα τελευταία χρόνια και η εμπλοκή τους με τον πρωταθλητισμό, οδήγησε τους ερευνητές στην καταγραφή και την ανάλυση των βιολογικών τους οριζουσών (Cooper et al.

1992, Bhambhani et al. 1995, Janssen et al. 1996). Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον των ερευνητών εντοπίζεται στη μέτρηση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας, καθώς και στον προσδιορισμό του αναερόβιου αναπνευστικού κατωφλιού (Van der Woude et al. 1997, Gass and Camp 1987, Veeger et al. 1989, Bhambhani et al. 1991). Κύρια εξετάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των ατόμων με κινητικές αναπηρίες, τόσο κατά τις καθημερινές τους λειτουργίες, όσο και κατά την άσκηση των άνω άκρων (Coutts et al. 1983, Veeger et al. 1989, Jehl et al. 1991, Bhambhani et al. 1995).

Μεθοδολογικά ζητήματα αξιολόγησης

Όργανα μέτρησης. Για την αξιολόγηση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας των ΑΚΑ έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικού τύπου εργόμετρα. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν τροποποιημένα κλασικά κυκλοεργόμετρα εργαστηρίων, τα οποία είχαν ήδη χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις ατόμων χωρίς αναπηρίες (Glaser et al. 1979, 1980).

Ειδικότερα, όσον αφορά στη μέτρηση της αναερόβιας ικανότητας ο Hutzler αναφέρει το 1998 ότι γνωστή ερευνητική ομάδα από την Ολλανδία (Janssen et al. 1993a-1993b-1994, Veeger et al. 1991a-1991b-1992) χρησιμοποιεί στις μελέτες της ένα εργόμετρο για αμαξίδια, το οποίο είναι σταθερό, υποστηρίζεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή και λειτουργεί ως συσκευή προσομοίωσης της κίνησης του αμαξιδίου. Στο συγκεκριμένο εργόμετρο, τα χαρακτηριστικά του αμαξιδίου ήταν ίδια για όλους τους δοκιμαζόμενους. Από την άλλη μεριά, είχαν γίνει ήδη μελέτες στις οποίες είχε χρησιμοποιηθεί εργόμετρο, που έδινε τη δυνατότητα με τη χρήση κυλίνδρων να αυξάνεται η επιβάρυνση στο ατομικό αμαξίδιο των δοκιμαζόμενων (Lees, 1987, Lees et al. 1988



Εικόνα 1. Κυλινδροεργόμετρο για αμαξίδια (Roller System).

Πίνακας 1. Αναερόβια ικανότητα ατόμων με κινητικές αναπηρίες.

Έρευνα	Εργόμετρο	n	ISMGF (κατηγοριοποίηση)	Επίπεδο βλάβης	Μέγιστη δύναμη (W)	Μέγιστη δύναμη W/kg)	Μέση δύναμη (W)	Μέση δύναμη (W/kg)
Τετραπληγία								
Coutts & Stogryn (1987)	WERG	2WA	IA,IB	A6-A7	46	0.77	41.4	0.51
Dallmeijer et al (1994)	WERG	6UT	IA,IB,IC	A4-A8	121.8a	1.47a	21.5	0.26
Janssen et al (1993a)	WERG	9UT	I				33.3	0.41
Van der Woude et al (1997)	WERG 4WA	3WA	A7	A5/6-A7 68	23 1.03	0.36		
Παραπληγία								
Dallmeijer et al (1994)	WERG	5UT	II	Θ1-Θ5	248.7a	3.0a	46.9	0.57
		5UT	III	Θ6-Θ10	398.1a	5.1a	63.7	0.81
		7UT	IV	Θ11-Θ4	310.3a	4.0a	49.1	0.63
Hutzler et al (1998)	ACE 15WA	13WA III-VI	II	Θ1-Θ5 336	280			
Hutzler et al (2000)	WERG	11WB	1ΠΟΛ	Θ5-Θ3	169.3	2.32	149.3	2.07
Janssen et al (1994)	WERG	6UT	II				70.4	0.85
		15UT	III			95.9	1.22	
		12UT	IV			114.0	1.45	
		2UT	V			100.5	1.47	
Lees & Arthur (1998)	WERG	6WA	II-V	Θ1-Θ5	124.8-221.6b	2.1-3.7b	102.1-148.6b	1.7-2.5b
Van der Woude et al (1999)	WERG 23WA	8WA	Θ6-I1	Θ5-Θ1 170	118 2.85	1.95 1.38	100 2.36	1.65
Veeger et al (1991)	WERG	4WA	II	Θ1-Θ5	65.8d	0.78d		
		7WA	III	Θ6-Θ10	79.8d	1.08d		
		11WA	IV	Θ11-Θ3	85.4d	1.27d		
		7WA	V	Θ4-I1	79.3d	1.34d		
Veeger et al (1992)	WERG	9UT		Θ8 και κάτω	57.7	0.79	50.2c	0.69c
Zacharakis et al (2006)	WERG	8WA	I-III	A7-Θ12	222,3		157	

a : Μετρημένη από τον μέσο όρο των τριών πιο υψηλών προσπαθειών

b: Παραγωγή δύναμης κατά την άσκηση με πεδίο επιβάρυνσης μεταξύ 1.2 και 2.4 kg κατά την διάρκεια των δοκιμασιών Wingate

c: Δύναμη μετρημένη για το δεξί χέρι μόνο

d: Δύναμη που έχει προσδιοριστεί κατά την διάρκεια σε δοκιμασία με επιβάρυνση (drag) αναπηρικό αμαξίδιο σε τροχό

ACE: στροφαλοεργόμετρο, **ISMGF:** Διεθνές Αγώνες Ομοσπονδίας Stoke Mandeville Λειτουργικής Κατηγοριοποίησης, **WERG:** σταθερό εργόμετρο με κυλίνδρους για αμαξίδια, που υποστηρίζεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή, **n:** αριθμός των συμμετεχόντων, **UT:** μη προπονημένοι συμμετέχοντες, **WA:** αθλητές σε αναπηρικό αμαξίδιο (μεκτική ομάδα αθλητών), **WB:** καλαθοσφαιριστές σε αναπηρικό αμαξίδιο. **Θ:** Οσφυϊκή μοίρα, **Θ:** Θωρακική μοίρα

& 1993, Coutts et al. 1987, Hutzler et al. 1995). Τελικά τα εργόμετρα των άνω άκρων, τα οποία επικράτησαν και χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση ΑΚΑ, είναι: α) το στροφαλοεργόμετρο (Arm Cranking), β) το κυλινδροεργόμετρο για αμαξίδια (Roller System, Σχήμα, 1) και γ) το δαπεδοεργόμετρο για αμαξίδια (Motor Driven Treadmill). Τα δύο τελευταία εργόμετρα υποστηρίζονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του οποίου ρυθμίζεται αυτόματα η επιβάρυνση, ενώ μέσω της οθόνης ο δοκιμαζόμενος και ο εξεταστής μπορούν να παρακολουθούν πλήθος πληροφοριών, ανάλογα με τον τύπο του λογισμικού που χρησιμοποιείται (π.χ. ταχύτητα, περιστροφές ανά λεπτό μέγιστη και μέση παραγόμενη ισχύς, καλυπτόμενη απόσταση κ.λ.π).

Κάθε εργόμετρο φέρει ερευνητικά και χρηστικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Αρκετές έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει ως όργανο μέτρησης και αξιολόγησης το στροφαλοεργόμετρο (Bar-Or et al. 1976, Hutzler 1993 a, Bolotin 1994, Tsukagoshi et al. 1994). Το όργανο αυτό διακρίνεται για το χαμηλό του κόστος, την ευκολία μεταφοράς του και την ευκολία της εξοικείωσης του δοκιμαζόμενου με το όργανο μέτρησης. Το στροφαλοεργόμετρο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν η αξιολόγηση γίνεται σε αθλητές με κινητικές αναπηρίες, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούν αμαξίδιο στις αγωνιστικές τους υποχρεώσεις (π.χ. αθλητές κολύμβησης, άρσης βαρών κλπ.). Η επιλογή του στροφαλοεργόμετρου ως οργάνου μέτρησης, λόγω της

Πίνακας 2. Αερόβια ικανότητα ατόμων με κινητικές αναπηρίες.

Έρευνα	Εργόμετρο	n	ISMGF (κατηγοριοποίηση)	Κάκωση	VO ₂ (L/min)	VO ₂ (ml/kg/min)	Καρδιακή συχνότητα (beats/min)
Coutts (1987)	WERG	3WR	III-IV	NA	3.28	51.2	183.7
Cooper et al (1992)	WERG	11WR	II-IV	Θ3-01	2.46	37.4	186.5
Ericsson et al (1988)	WCR	17WR			2.16	33.6	183
Gass και Camp	WCT	6WR	III-IV	Θ10-03	2.86	47.5	190
Hooker και Wells (1989)	ACE	6WR	II-IV	Θ4-Θ12	2.72	43.1	180.3
Huonker et al (1998)	WERG	20UT	II-V	Θ1-12	1.76	23.9	161.8
	29WA	II-V		2.42	34.5	183.3	
Price και Campell (1997)	ACE	11WA		Θ3-4/01	2.04	30.5	185
Van der Woude et al (1999)	WERG	8WA		Θ3-01	2.04	32.9	
	23WA		Θ6-11, Polio, Spina Bifida	2.29	38.1		
Veeger et al (1991)	WCT	6WA	II	Θ1-Θ5	1.84	23.0	170
	10WA	III	Θ6-Θ10	1.97	26.8	175	
	13WA	IV	Θ11-03	2.42	36.9	182	
	7WA	V	04-11	2.38	40.6	182	
Vinet et al (1991)	WCT	8WA	III-V	Θ8-05	2.67	40.6	174
Zacharakis et al (2006)	WERG	8WA	I-III	A7-Θ12	1.92	26,7	181

ACE: στροφαλοεργόμετρο, ISMGF: Διεθνές Αγώνες Ομοσπονδίας Stoke Mandeville Λειτουργικής Κατηγοριοποίησης, WERG σταθερό εργόμετρο με κυλινδρικός για αμαξίδια, που υποστηρίζεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή, n: αριθμός των συμμετεχόντων, UT: μη προπονημένοι συμμετέχοντες, WA: αθλητές σε αναπηρικό αμαξίδιο (μεικτή ομάδα αθλητών), WB: καλαθοσφαιριστές σε αναπηρικό αμαξίδιο. Polio, Spina, Bifida. Ο:Οσφυϊκή μοίρα, Θ:Θωρακική μοίρα.

συνεχούς επαφής των άνω άκρων του δοκιμαζόμενου με αυτό, πλησιάζει περισσότερο στην αντίστοιχη δοκιμασία, που εκτελούν τα άτομα χωρίς κινητικές αναπηρίες στο κυκλοεργόμετρο. Το μειονέκτημα του στροφαλοεργόμετρου είναι ότι οι κινήσεις, που εκτελούν οι δοκιμαζόμενοι, που συμμετέχουν σε αθλήματα όπου απαιτείται η χρήση αμαξιδίου, δεν είναι όμοιες με αυτές που εκτελούν στις καθημερινές ή/και αθλητικές τους υποχρεώσεις. Αντίθετα, στα εργόμετρα για αμαξίδια, οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποιούν παρόμοια κίνηση με αυτή που χρησιμοποιούν στις καθημερινές τους δραστηριότητες ή/και στις αγωνιστικές τους υποχρεώσεις (Glaser et al. 1979 & 1980, Gass and Camp 1984). Τα περισσότερα εργόμετρα για αμαξίδια παρέχουν δυνατότητα ελέγχου της επιβάρυνσης, της ταχύτητας, της παραγωγής ισχύος, της διάρκειας της διαδικασίας, των περιστροφών το λεπτό κ.λ.π. Όλες οι λειτουργίες ρυθμίζονται με ακρίβεια μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνεται το μεγάλο κόστος αυτών των εργομέτρων, καθώς και η δυσκολία μετακίνησης και μεταφοράς τους έξω από το εργαστήριο. Φαίνεται ότι και οι τρεις ανωτέρω τύποι χειροεργομέτρων είναι αξιόπιστες συσκευές αξιολόγησης των βιολογικών χαρακτηριστικών των ατόμων με κινητικές αναπηρίες (Martel et al. 1991; Arabi et al. 1997· Πίνακας 1).

Διαδικασία επιβάρυνσης. Ανεξάρτητα από το εργόμετρο το οποίο χρησιμοποιείται, η διαδικασία επιβάρυνσης των ΑΚΑ για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας, είναι παρόμοια με εκείνες των ατόμων χωρίς αναπηρίες (Bhambhani, 2002). Μοναδικό μέλημα είναι ο δοκιμαζόμενος να συνεχίσει μέχρι την εξάντληση του.

Αερόβια ικανότητα. Η αερόβια ικανότητα των αθλητών με κινητικές αναπηρίες υστερεί από αυτή των ατόμων χωρίς κινητικές αναπηρίες. Η ικανότητα αυτή επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ο κύριος παράγοντας χαμηλής αερόβιας ικανότητας είναι η ενεργοποίηση μικρής μυϊκής μάζας κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ακόμα, το είδος της αναπηρίας μεταξύ των ΑΚΑ εκφράζει την αερόβια ικανότητα. Ως παράδειγμα αναφέρουμε ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό παρουσιάζουν υψηλότερη αερόβια ικανότητα συγκριτικά με τους αθλητές με κάκωση στο νωτιαίο μυελό. Επιπρόσθετα, μεταξύ των ατόμων με κάκωση στο νωτιαίο μυελό, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου επηρεάζεται τόσο από το επίπεδο τραυματισμού, όσο και από το βαθμό λύσης του νωτιαίου μυελού (Veeger et al. 1989, Bhambhani et al. 1994, Hopman et al. 1992, Lin et al. 1993, Vinet et al. 1997, Lira et al. 2010). Συγκεκριμένα, όσο υψηλότερα στο νωτιαίο μυελό βρίσκεται ο τραυματισμός, τόσο χαμηλότερη είναι

να η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των αθλητών (Coutts et al. 1983, 1985, Lasko et al. 1990, Bhambhani et al. 1994). Συμπληρωματικά, πλήρης λύσης του νωτιαίου μυελού συνεπάγεται και μεγαλύτερη ανικανότητα (μικρότερη VO_{2max}), σε σχέση με τη μερική (Sawka et al. 1989). Γενικά η συμμετοχή των μυϊκών ομάδων, κατά την άσκηση για άτομα με τετραπληγία ή παραπληγία όπου η κάκωση εντοπίζεται σε υψηλό επίπεδο της θωρακικής μοίρας είναι μικρότερη. Η συμμετοχή μυϊκής μάζας κατά την άσκηση, επιφέρει μείωση της αερόβιας ικανότητας των δοκιμαζόμενων. Σε έρευνα, που δημοσίευσαν οι Coutts και οι συνεργάτες του (1983), παρατήρησαν ότι οι τετραπληγικοί αθλητές είχαν σημαντικά χαμηλότερη VO_{2max} ($0.97 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), συγκριτικά με άλλους παραπληγικούς αθλητές με κάκωση σε υψηλό ($1.62 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) ή χαμηλό ($2.42 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) σημείο του νωτιαίου μυελού.

Η VO_{2max} αθλητών με κινητικές αναπηρίες κυμαίνεται από $1.8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ έως $3.3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (βλέπε Bhamdhani, 2002). Στις περισσότερες μελέτες (McConnell et al. 1989, Holland et al. 1994), η VO_{2max} στο εργόμετρο για αμαξίδια δεν διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη στο στροφαλοεργόμετρο. Αντίθετα, οι Gass και Camp (1984) κατέγραψαν σημαντικά υψηλότερη VO_{2max} στο εργόμετρο για αμαξίδια, σε σχέση με το στροφαλοεργόμετρο (Πίνακας 2).

Όσον αφορά τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου καλαθοσφαιριστών με αμαξίδιο, σε δύο δημοσιεύσεις (Rotstein et al. 1994, Coutts 1990) η VO_{2max} κυμάνθηκε από $16.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ έως $38.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Συγκεκριμένα, η Coutts (1990) εξέτασε την αερόβια ικανότητα τριών Άγγλων καλαθοσφαιριστών υψηλού επιπέδου. Η μέση τιμή της VO_{2max} ήταν $34.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, ενώ ο Rotstein και οι συνεργάτες (1994) παρουσίασαν τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου 11 καλαθοσφαιριστών του Ισραήλ, που ήταν $23.09 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Οι διαφορές αυτές αποδίδονται στο υψηλότερο επίπεδο των καλαθοσφαιριστών της πρώτης έρευνας και πιθανόν στο εύρος κάκωσης των δοκιμαζόμενων. Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Ζαχαράκης και συνεργάτες (2003) σε κυλινδροεργόμετρο εξετάστηκε η αερόβια ικανότητα Ελλήνων καλαθοσφαιριστών με αμαξίδιο της Εθνικής Ομάδας και βρέθηκε ότι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ήταν $2.18\pm 0.44 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ενώ όταν εκφραζόταν σε σχέση με τη σωματική μάζα, έφτασε τα $27.2\pm 5.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Συνοπτικά, η αερόβια ικανότητα αθλητών ΑΚΑ ανά αθλητική δραστηριότητα απεικονίζεται στο Σχήμα 1.

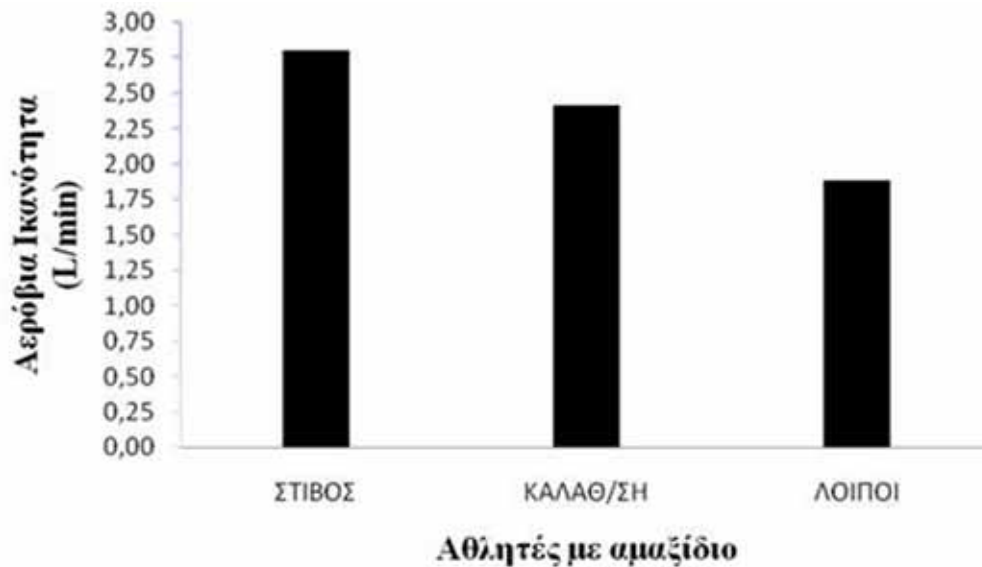
Αναερόβια ικανότητα ατόμων με κινητικές αναπηρίες. Η σωστή και ακριβής μέτρηση της αναερόβιας ικανότητας ατόμων με κινητικές αναπηρίες επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες. Ιδιαίτερα: (Bhambhani, 2002) α) οι περισσότερες έρευνες έχουν περιορισμένο αριθμό δοκιμαζόμενων, β) ορισμένες μελέτες αναμειγνύουν, στη στατιστική ανάλυση, άτομα με διαφορετικού τύπου αναπηρία, γεγονός που επιφέρει δυσκολίες στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, γ) ο βαθμός κάκωσης του νωτιαίου μυελού (πλήρης λύση ή μη) επηρεάζει σημαντικά τις βιολογικές αποκρίσεις και επιφέρει σύγχυση στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, δ) οι διαφορές των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων αξιολόγησης κάνουν δύσκολη τη σύγκριση των ευρημάτων και ε) οι περισσότερες έρευνες έχουν διε-

ξαχθεί σε άνδρες, ενώ υπάρχει ένδειξη σε δείγμα γυναικών. Ο ανομοιομορφος καθορισμός ιδανικής επιβάρυνσης των δοκιμαζόμενων για την εκτέλεση της δοκιμασίας για τον προσδιορισμό της αναερόβιας ικανότητας, αλλά και η επιλογή του κατάλληλου εργομέτρου αποτελούν πηγές παραγωγής ποικιλότητας αποτελεσμάτων ανάμεσα σε διάφορες μελέτες (βλέπε Hutzler 1998).

Για την αξιολόγηση της αναερόβιας ικανότητας αθλητών με κινητικές αναπηρίες, το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται, είναι παρόμοιας λογικής με αυτό των ατόμων χωρίς κινητικές αναπηρίες. Οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να εκτελέσουν χειροεργομέτρηση διάρκειας 30 sec με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα (δοκιμασία Wingate). Αντίθετα από την τυποποιημένη εφαρμογή της επιβάρυνσης για τους δοκιμαζόμενους χωρίς αναπηρίες (0.075 kg ανά χιλιόγραμμα του σωματικού βάρους για το κυκλοεργόμετρο και 0.30 N/kg σωματικού βάρους για το στροφαλοεργόμετρο), δεν υπάρχει ομοφωνία όσον αφορά την καταλληλότερη αντίσταση που πρέπει να εφαρμόζεται στη δοκιμασία των δοκιμαζόμενων με κινητικές αναπηρίες (Veeger et al. 1992, Janssen et al. 1993 & 1994). Οι διαφορετικού τύπου αναπηρίες, καθώς και η ποικιλία των χρησιμοποιούμενων οργάνων μέτρησης, καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή μιας ενιαίας επιβάρυνσης για τη μέτρηση της αναερόβιας ικανότητας των ατόμων με κινητικές αναπηρίες. Λόγω της μικρότερης συμμετοχής μυϊκής μάζας των ατόμων με κινητικές αναπηρίες κατά την άσκηση, η εφαρμογή επιβάρυνσης, η οποία θα σχετίζεται αποκλειστικά με το σωματικό βάρος των δοκιμαζόμενων, είναι εξαιρετικά παρακινδυνευμένη και συνήθως οδηγεί σε πλασματικά δεδομένα, υπέρ ή υποεκτίμησης της πραγματικής αναερόβιας ικανότητας.

Το επίπεδο αναερόβιας ικανότητας και κατ' αντιστοιχία το μέγεθος τη επιβάρυνσης, σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με το επίπεδο κάκωσης του νωτιαίου μυελού. Σημειώνεται δε, ότι η αναερόβια ισχύς των αθλητών με κάκωση του νωτιαίου μυελού σε χαμηλό επίπεδο, μπορεί να είναι υψηλότερη αυτών με κάκωση σε υψηλό επίπεδο κατά 3 ή 4 φορές (Van der Woude et al. 1997, 1998, Hutzler 1998, Hutzler et al. 1998). Επιπρόσθετα, όσο υψηλότερα στο νωτιαίο μυελό βρίσκεται η κάκωση, τόσο μικρότερη είναι η αναερόβια ισχύς των δοκιμαζόμενων (23 έως 46 W για τετραπληγικούς και 57 έως 336 W για παραπληγικούς και αθλητές με ακρωτηριασμό). Επίσης, τα άτομα χωρίς κινητικές αναπηρίες δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με τους δοκιμαζόμενους με χαμηλή παραπληγία (επίπεδο κάκωσης από τον 8° θωρακικό σπόνδυλο και κάτω) ή ακρωτηριασμό, στις απόλυτες ή σχετικές τιμές της αναερόβιας ισχύος κατά τη διάρκεια Wingate (WAT). Τέλος, απ' τη σύγκριση των επιδόσεων στο WAT μεταξύ ανδρών και γυναικών (Veeger et al. 1991, Hutzler et al. 2000) προκύπτουν τα εξής δεδομένα: α) οι άνδρες παρουσιάζουν υψηλότερες απόλυτες τιμές στην μέγιστη και μέση ισχύ και μέση ταχύτητα, β) οι γυναίκες επιδεικνύουν υψηλότερο δείκτη κόπωσης, και γ) η μέγιστη ισχύς ανά μάζα σώματος είναι παρόμοια σε άνδρες και γυναίκες.

Οι Hutzler και συνεργάτες (1993) κατέγραψαν την αναερόβια ικανότητα Ισραηλινών καλαθοσφαιριστών με αμαξίδιο υψηλού επιπέδου σε εργόμετρο με κυλίνδρους,



Σχήμα 1. Αερόβια ικανότητα αθλητών με αμαξίδιο. (Παρήχθη με βάση τα δεδομένα των: Coutts (1990), Cooper et al (1992), Ericsson et al (1988), Hooker και Wells (1989) Huonker et al (1998) Price και Campell (1997), Van der Woude et al (1999), Veeger et al (1991), Vinet et al (1991), Zacharakis et al (2006).

Η μέγιστη αναερόβια ισχύς κυμάνθηκε από 245 έως 489 W. Σε άλλη έρευνα, οι Vanlandewijck και συνεργάτες (1999) εξετάζοντας την αναερόβια ισχύ 46 καλαθοσφαιριστών του Βελγίου εμφάνισαν μέση ισχύ 852 W. Η μεγάλη διαφορά των τιμών, σε σχέση με την προηγούμενη έρευνα, δικαιολογείται από το γεγονός ότι κατά τη δεύτερη έρευνα η αξιολόγηση της αναερόβιας ισχύος έγινε μόνο κατά τη φάση ώθησης του αμαξιδίου (τη διάρκεια που τα χέρια των δοκιμαζόμενων βρίσκονταν σε επαφή με την στεφάνη των τροχών). Όσον αφορά στο δείκτη κόπωσης των αθλητών με αμαξίδιο υψηλού επιπέδου (καλαθοσφαιριστών με αμαξίδιο) κατά τη διάρκεια του WAT φθάνει το 50 έως 60 % γεγονός που σημαίνει μείωση κατά 50% της ισχύος στη λήξη της δοκιμασίας συγκρινόμενη με τη μέγιστη τιμή, που καταγράφηκε στα πρώτα δευτερόλεπτα της δοκιμασίας (Hutzler et al. 1993, Hutzler 1998).

Οι δυσκολίες αυτές ώθησαν διάφορους ερευνητές σε προσπάθεια εξεύρεσης κατάλληλου πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αναερόβιας ισχύος, για τα άτομα με κινητικές αναπηρίες. Προτάθηκε η διαφοροποίηση του επιπέδου επιβάρυνσης να γίνεται κύρια με το βαθμό αναπηρίας και όχι με το σωματικό βάρος των δοκιμαζόμενων (Janssen et al. 1993). Ορισμένες έρευνες προτείνουν ως κατάλληλο επίπεδο αντίστασης τα 0.25, 0.50, και 0.75 N/kg σωματικής μάζας με βάση την ηλικία, τη δραστηριότητα και το επίπεδο τραυματισμού των δοκιμαζόμενων (Janssen et al., 1993 & 1994, Dallmeijer et al. 1994). Παρόμοια πρόταση με διαφορετικό βαθμό αντίστασης (0.50, 0.75 και 1 N/kg) πρότειναν ο Veeger και οι συνεργάτες (1992). Οι Van Der Woude και συνεργάτες του (1997) αξιολόγησαν την αναερόβια ικανότητα 67 παραπληγικών αθλητών σε ειδικό κυλινδροεργόμετρο. Πιο συγκεκριμένα, οι αθλητές εκτέλεσαν 2 προσπάθειες 30 δευτερολέπτων. Στην πρώτη προσπάθεια χρησιμοποιήθηκε επιβάρυνση ίση με 2.5 ή 5 ή 7.5 ή 10% του σωματικού βάρους του δοκιμαζόμενου (εκφρασμένη σε

N/kg), υπολογίζοντας σε αυτό και το βάρος του αμαξιδίου (20kg), που ήταν το ίδιο για όλους τους δοκιμαζόμενους. Η επιλογή αρχικής επιβάρυνσης ήταν ανάλογη του επιπέδου τραυματισμού τους. Αν και στην πρώτη προσπάθεια η ταχύτητα ξεπερνούσε τα $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ η αντίσταση αυξανόταν στη δεύτερη προσπάθεια κατά 2.5-5% της συνολικής μάζας (μαζί με το αμαξίδιο) ώστε να διατηρείται η σωστή τεχνική προώθησης του αμαξιδίου (Janssen et al., 1993, Dallmeijer et al., 1994).

Προσπαθώντας να αναπτύξουν μια μέθοδο ανίχνευσης της σωστής επιβάρυνσης ώστε οι δοκιμαζόμενοι να έχουν εξαντληθεί στα 30 sec όπως επιτάσσει η κλασική δοκιμασία Wingate, κάποιοι άλλοι ερευνητές προτείνουν ως ιδανική επιβάρυνση το 50% του μέγιστου φορτίου, το οποίο μπορεί να επιτελέσει ο δοκιμαζόμενος. Τούτο καταγράφεται έπειτα από προσπάθεια 7 σειρών με επιβάρυνση που οδηγούν το δοκιμαζόμενο σε εξάντληση έτσι ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα όγδοης σειράς. Κάθε σειρά περιέχει 7 ώθησεις επί της στεφάνης του τροχού με μέγιστη ταχύτητα. Η διάρκεια του διαλείμματος είναι 8 min μεταξύ των σειρών. Η εξαγωγή της κατάλληλης επιβάρυνσης με αυτή τη μέθοδο φαίνεται να έχει υψηλή εγκυρότητα, σε σχέση τουλάχιστον με τη δοκιμασία Wingate σε στροφαλοεργόμετρο, σε παιδιά και έφηβους με νευρομυϊκές ασθένειες (Mil et al. 1996). Επιπρόσθετα, ο Tsukagoshi και οι συνεργάτες (1994) υπέβαλαν σε δοκιμασία 11 αθλητές με αμαξίδιο, χρησιμοποιώντας το παραπάνω πρωτόκολλο των 7 σειρών μέγιστης ταχύτητας και προέκυψε επιβάρυνση που κυμάνθηκε από 1- 7 kp. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος φέρει επίσης υψηλή αξιοπιστία ($r = 0.86$ για τα 6kp ως 0.97 για τα 3kp). Κάποιες άλλες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει τη μέγιστη ταχύτητα, που αναπτύσσουν οι δοκιμαζόμενοι κατά τη διάρκεια των 30 sec, ως δείκτη της αναερόβιας ισχύος. Επιπλέον, προτείνουν ότι η αναερόβια ικανότητα μπορεί να εκφραστεί και ως ποσοστό της υψη-

λότερης ταχύτητας, που διατηρείται κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας 2 min (Hedrick and Morse, 1991). Σ' ένα πρωτόκολλο μέγιστης ταχύτητας 30 sec ο Hutzler και οι συνεργάτες του (1995) ανέφεραν ότι η μέγιστη ταχύτητα κατά μέσο όρο ήταν 5.1 m/sec και η παραγόμενη ισχύς ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη των αθλητών στίβου (152.4 W).

Σε έρευνα των Ζαχαράκη και συνεργατών (2006) σε δείγμα ελλήνων καλαθοσφαιριστών υψηλού επιπέδου, βρέθηκε ότι η μέγιστη, η μέση και ελάχιστη παραγόμενη ισχύς, ήταν 228 ± 37.5 , 163 ± 27.6 και 130 ± 25.7 αντίστοιχα. Τέλος, ο δείκτης κόπωσης, στο ίδιο δείγμα αθλητών, οι οποίοι αξιολογήθηκαν στο κυλινδροεργόμετρο φέροντας το δικό τους αμαξίδιο ανήλθε στο 42.7 ± 7.8 %.

Επίδραση της προπόνησης. Η επίδραση της συστηματικής άσκησης στις βιολογικές ορίζουσες ατόμων με κινητικές αναπηρίες δεν έχει εξετασθεί επαρκώς. Οι περισσότερες προπονητικές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει εργαστηριακές μετρήσεις και αντίστοιχα εργόμετρα με εκείνα που αναφέρθηκαν παραπάνω (Washburn et al. 1983, Hooker and Wells 1989, Hartung et al. 1993). Συνοπτικά φαίνεται ότι, για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας πρέπει να εφαρμόζονται προπονητικά προγράμματα που περιλαμβάνουν: α) άσκηση τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα (Magel et al. 1978, Glaser 1989, Hooker and Wells 1989), β) διάρκεια όχι μικρότερη των πέντε εβδομάδων (Magel et al. 1978, Glaser R. 1989, Hooker and Wells 1989, Glaser et al. 1993, Van Der Voude et al. 1998), γ) ένταση πάνω από 70% και άνω της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Van Der Voude et al. 1998, Hooker and Wells 1989). Η βελτίωση των βιολογικών προσαρμογών των ατόμων με κινητικές αναπηρίες δεν φαίνεται να επηρεάζεται, αν η προπόνηση είναι διαλειμματικής ή συνεχόμενης μορφής (Magel et al. 1978, Glaser et al. 1993).

Μετά από προπόνηση 8 εβδομάδων σε καλαθοσφαιριστές με αμαξίδιο, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου αυξήθηκε σημαντικά, είτε εκφραζόταν σε απόλυτες τιμές (2.1 ± 0.46

$l \cdot \text{min}^{-1}$ πριν την προπόνηση και $2.3 \pm 0.54 l \cdot \text{min}^{-1}$ μετά), είτε σε ποσοστό επί του σωματικού βάρους των δοκιμαζόμενων ($26.7 \pm 5.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ πριν και $29.5 \pm 5.6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ μετά, Ζαχαράκης και συνεργάτες, 2006). Αντίθετα δεν παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά κατά την αξιολόγηση της αναερόβιας ισχύος. Συγκεκριμένα, οι προπονήσεις ήταν διάρκειας οκτώ εβδομάδων και έλαβαν μέρος σε κλειστό γυμναστήριο καλαθοσφαίρισης. Κάθε ημέρα πραγματοποιούνταν δύο προπονήσεις, πρωί και απόγευμα. Η πρωινή προπόνηση περιελάμβανε ασκήσεις φυσικής κατάστασης, ατομικής τεχνικής και συνεργασίες δύο και τριών παικτών. Το απόγευμα οι αθλητές εκτελούσαν ασκήσεις ομαδικής τακτικής. Στην τελευταία προπόνηση πραγματοποιείτο φιλικός αγώνας η εκπαιδευτικό παιχνίδι. Οι δοκιμαζόμενοι, που συμμετείχαν στις προπονήσεις της προαγωνιστικής περιόδου, έπειτα από την πάροδο οκτώ εβδομάδων, επανέλαβαν τις ίδιες δοκιμασίες σύμφωνα με το πρωτόκολλο. Όπως και στις αρχικές μετρήσεις, προηγήθηκε η αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και ακολούθησε αυτή της μέγιστης αναερόβιας ισχύος.

Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται από την παραπάνω ανασκόπηση η συμμετοχή των ατόμων με κινητικές αναπηρίες σε αθλητικές αναπτύσσεται ραγδαία. Όλο και περισσότερα άτομα προπονούνται συστηματικά σε αθλητικούς συλλόγους. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη περαιτέρω επιστημονικής υποστήριξης των προπονητικών προγραμμάτων όπως ακριβώς γίνεται και στους αθλητές που δεν έχουν αναπηρίες. Ακόμα, από την συγκεκριμένη έρευνα φάνηκε ότι η βιβλιογραφία είναι σχετικά φτωχή σε σύγκριση με αυτή των ατόμων χωρίς κινητικά προβλήματα. Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητη τη διαρκή ερευνητική προσπάθεια των επιστημόνων σχετικά με τις ιδιαιτερότητες αυτού του αθλητικού πληθυσμού.

Βιβλιογραφία

- ZACHARAKIS M, ANASTASIADES M, NASSIS G, KOYNALAKIS S & GEALADAS N. Επίδραση της Προπόνησης προαγωνιστικής Περιόδου στην Αερόβια και Αναερόβια Ικανότητα καλαθοσφαιριστών με Αμαξίδιο. *Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός* 2006.
- ARABI H, VANDEWALLE H, PITOR P, DE LATTRE J & MONOD H. Relationship between maximal oxygen uptake on different ergometers, lean arm volume and strength in paraplegic subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 76, 122-7, 1997.
- BAR-OR O, INBAR O & SPIRA R. Physiological effects of a sports rehabilitation program on cerebral palsied and post-poliomyelitic adolescents. *Med Sci Sports* 8, 157-61, 1976.
- BHAMBHANI Y. Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. *Sports Med* 32, 23-51, 2002.
- BHAMBHANI YN, BURNHAM RS, WHEELER GD, ERIKSSON P, HOLLAND LJ & STEADWARD RD. Physiological correlates of simulated wheelchair racing in trained quadriplegics. *Can J Appl Physiol* 20, 65-77, 1995.
- BHAMBHANI YN, ERIKSSON P & STEADWARD RD. Reliability of peak physiological responses during wheelchair ergometry in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 72, 559-62, 1991.
- BHAMBHANI YN, HOLLAND LJ, ERIKSSON P & STEADWARD RD. Physiological responses during wheelchair racing in quadriplegics and paraplegics. *Paraplegia* 32, 253-60, 1994.
- BOLOTIN R. *Physiological, anthropometric and psychological characteristics of the Israeli disabled paralympic team to 1992 Barcelona Games* [PhD thesis]. Budapest: Hungarian University of Sports, 1994.
- BROMLEY J, EMERSON E & CAINE AJ. The development of a self-report measure to assess the location and intensity of pain in people with intellectual disabilities. *Intellect Disabil Res* Feb 42 (Pt 1):72-80, 1998.
- COOPER RA, HORVATH SM, BEDI JF, DRECHSLER-PARKS DM & WILLIAMS RE. Maximal exercise response of paraplegic wheelchair road racers. *Paraplegia* 30, 573-81, 1992.
- COUTTS KD & STOGRYN JL. Aerobic and anaerobic power of Canadian wheelchair track athletes. *Med Sci Sports Exerc* 19, 62-5, 1987.
- COUTTS KD, RHODES EC & MCKENZIE DC. Maximal exercise responses of tetraplegics and paraplegics. *J Appl Physiol* 55, 479-82, 1983.
- COUTTS KD, RHODES EC & MCKENZIE DC. Submaximal exercise responses of tetraplegics and paraplegics. *J Appl Physiol* 55, 479-82, 1985.
- COUTTS KD. Peak oxygen uptake of elite wheelchair athletes. *Adapt Phys Activity Q*, 7, 62-66, 1990.
- CROFT L, DYBRUS S, LENTON J & GOOSEY-TOLFREY V. A comparison

- of the physiological demands of wheelchair basketball and wheelchair tennis. *Int J Sports Physiol Perform* 5(3):301-15, 2010.
- DALLMEIJER AJ, KAPPE YJ, VEEGER DH, JANSSEN TW & VAN DER WOUDE LH. Anaerobic power output and propulsion technique in spinal cord injured subjects during wheelchair ergometry. *J Rehabil Res Dev* 31, 120-8, 1994.
- ERIKSSON P, LOFSTOM L & ELKBLOM B. Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. *Scand J Rehabil Med* 20, 141-147, 1988.
- FLANDROIS R, GRANDMONTAGNE M, GERIN H, MAYET MH, JEHL JL & EYSSETTE M. Aerobic performance capacity in paraplegic subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 55, 604-9, 1986.
- GASS GC & CAMP EM. The maximum physiological responses during incremental wheelchair and arm cranking exercise in male paraplegics. *Med Sci Sports Exerc* 16, 355-9, 1984.
- GASS GC & CAMP EM. Effects of prolonged exercise in highly trained traumatic paraplegic men. *J Appl Physiol* 63, 1846-52, 1987.
- GLASER RM. Arm exercise training for wheelchair users. *Med Sci Sports Exerc* 21, S149-57, 1989.
- GLASER RM, SAWKA MN, BRUNE MF & WILDE SW. Physiological responses to maximal effort wheelchair and arm crank ergometry. *J Appl Physiol* 48, 1060-4, 1980.
- GLASER RM, SAWKA MN, LAUBACH LL & SURYAPRASAD AG. Metabolic and cardiopulmonary responses to wheelchair and bicycle ergometry. *J Appl Physiol* 46, 1066-70, 1979.
- HARTUNG GH, LALLY DA & BLANCQ RJ. Comparison of treadmill exercise testing protocols for wheelchair users. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 66, 362-5, 1993.
- HOFFMAN MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Medicine* 3 (5): 312-30, 1986.
- HOOKER SP & WELLS CL. Effects of low- and moderate-intensity training in spinal cord-injured persons. *Med Sci Sports Exerc* 21, 18-22, 1989.
- HOPMAN MT, OESEBURG B & BINKHORST RA. Cardiovascular responses in paraplegic subjects during arm exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 65, 73-8, 1992.
- HUONKER M, SCHMID A, SORICHTER S, SCHMIDT-TRUCKSAB A, MROSEK P & KEUL J. Cardiovascular differences between sedentary and wheelchair-trained subjects with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 30, 609-13, 1998.
- HUTZLER Y. Physical performance of elite wheelchair basketball players in arm cranking ergometry and in selected wheeling tasks. *Paraplegia* 31, 255-61, 1993.
- HUTZLER Y. Anaerobic fitness testing of wheelchair users. *Sports Med* 25, 101-13, 1998.
- HUTZLER Y, GRUNZE M & KAISER R. Physiological and dynamic responses to maximal velocity wheelchair ergometry. *Adapt Phys Activity Q* 12, 344-361, 1995.
- HUTZLER Y, OCHANA S, BOLOTIN R & KALINA E. Aerobic and anaerobic arm-cranking power outputs of males with lower limb impairments: relationship with sport participation intensity, age, impairment and functional classification. *Spinal Cord* 36, 205-12, 1998.
- HUTZLER Y, VANLANDEWIJCK Y & VAN VLIJDERGHE M. Anaerobic performance of older female and male wheelchair basketball players on a mobile wheelchair ergometer. *Adapt Phys Activity Q* 17, 450-465, 2000.
- JANSSEN TW, VAN OERS CA, HOLLANDER AP, VEEGER HE & VAN DER WOUDE LH. Isometric strength, sprint power, and aerobic power in individuals with a spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc* 25, 863-70., 1993a.
- JANSSEN TW, VAN OERS CA, VAN DER WOUDE LH & HOLLANDER AP. Physical strain in daily life of wheelchair users with spinal cord injuries. *Med Sci Sports Exerc* 26, 661-7, 1993b.
- JANSSEN TW, VAN OERS CA, VAN DER WOUDE LH & HOLLANDER AP. Reliability of heart rate responses to non-steady-state activities of daily living in men with spinal cord injuries. *Scand J Rehabil Med* 26, 71-8, 1994.
- JANSSEN TW, VAN OERS CA, ROZENDAAL EP, WILLEMSSEN EM, HOLLANDER AP & VAN DER WOUDE LH. Changes in physical strain and physical capacity in men with spinal cord injuries. *Med Sci Sports Exerc* 28, 551-9, 1996.
- JEHL JL, GRANDMONTAGNE M, PASTENE G, EYSSETTE M, FLANDROIS R & COUDERT J. Cardiac output during exercise in paraplegic subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 62, 256-60, 1991.
- KOFSKY PR, DAVIS GM, SHEPARD RJ, JACKSON RW & KEENE GC. Field testing: assessment of physical fitness of disabled adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 51, 109-20, 1983.
- LASKO-MCCARTHEY P & DAVIS JA. Protocol dependency of VO_2max during arm cycle ergometry in male quadriplegia. *Med Sci Sports Exerc* 23, 1097-1101, 1991.
- LEES A. Performance characteristics of two wheelchair sprint tests. In: Van der Woude LHV, Meijs PJM, Van der Grinten BA, et al. (eds). *Ergonomics of manual wheelchair propulsion: state of the art*. Amsterdam: IOS Press, 35-44, 1993.
- LEES A. Short term power test for wheelchair athletes [abstract]. *Journal of Sport Science* 5, 72-73, 1987.
- LEES A & ARTHUR S. An investigation into anaerobic performance of wheelchair athletes. *Ergonomics* 31, 1529-37, 1988.
- LIN KH, LAI JS, KAO MJ & LIEN IN. Anaerobic threshold and maximal oxygen consumption during arm cranking exercise in paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 74, 515-20, 1993.
- DE LIRA CA, RL VANCINI, FC MINOZZO, BS SOUSA, JP DUBAS, MS ANDRADE, LL STEINBERG & AC DA SILVA. Relationship between aerobic and anaerobic parameters and functional classification in wheelchair basketball players. *Scand J Med Sci Sports* 20: 638-643, 2010.
- MAGEL JR, MCARDLE WD, TONER M & DELIO DJ. Metabolic and cardiovascular adjustment to arm training. *J Appl Physiol* 45, 75-9, 1978.
- MARTEL G, NOREAU L & JOBIN J. Physiological responses to maximal exercise on arm cranking and wheelchair ergometer with paraplegics. *Paraplegia* 29, 447-56, 1991.
- MIL E, SCHOEBER N, CALVERT RE & BAR-OR O. Optimization of Force in the Wingate Test for Children with a Neuromuscular Disease. *Med Sci Sports Exerc* 28(9):1087-92, 1996.
- PRICE MJ & CAMPBELL IG. Thermoregulatory responses of paraplegic and able-bodied athletes at rest and during prolonged upper body exercise and passive recovery. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 76, 552-60, 1997.
- ROBINSON CJ. *A comparison of the acceptance of disability of wheelchair athletes and wheelchair nonathletes*. Microform Publications, University of Oregon, Eugene, Ore, 1986, 2 microfiches: negative 11x15 cm, 1975.
- ROTSTEIN A, SAGIV M, BEN-SIRA D, WERBER G., HUTZLER J & AN-NENBURG H. Aerobic capacity and anaerobic threshold of wheelchair basketball players. *Paraplegia* 32, 196-201, 1994.
- TSUKAGOSHI KM, LIDA M & KAMIKOZURU et al. A method for determining maximal anaerobic power in wheelchair users. *3rd International Congress of the Asian Society for Adapted Physical Education and Exercise* Oct 22-23: Taipei, 1994.
- VAN DER WOUDE LH, BAKKER WH, ELKHUIZEN JW, VEEGER HE & GWINN T. Anaerobic work capacity in elite wheelchair athletes. *Am J Phys Med Rehabil* 76, 355-65, 1997.
- VAN DER WOUDE LH, HENDRICH KM, VEEGER HE, VAN INGEN SCHENAU GJ, ROZENDAL RH, DE GROOT G & HOLLANDER AP. Manual wheelchair propulsion: effects of power output on physiology and technique. *Med Sci Sports Exerc* 20 70-8, 1988.
- VAN DER WOUDE LH, VAN CROONENBORG JJ, WOLFF I, DALLMEIJER AJ & HOLLANDER AP. Physical work capacity after 7 wk of wheelchair training: effect of intensity in able-bodied subjects. *Med Sci Sports Exerc* 31, 331-41, 1999.
- VANLANDEWIJCK YC, DALY DJ & THEISEN DM. Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and wheelchair basketball skill performances. *Int J Sports Med* 20, 548-54, 1999.
- VEEGER D, VAN DER WOUDE LH & ROZENDAL RH. The effect of rear wheel camber in manual wheelchair propulsion. *J Rehabil Res Dev* 26, 37-46, 1989.
- VEEGER HE, HADJ YAHMED M, VAN DER WOUDE LH & CHARPENTIER P. Peak oxygen uptake and maximal power output of Olympic wheelchair-dependent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 23, 1201-9, 1991.
- VEEGER HE, LUTE EM, ROELEVELD K & VAN DER WOUDE LH. Differences in performance between trained and untrained subjects during a 30-s sprint test in a wheelchair ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 64, 158-64, 1992.
- VEEGER HE, VAN DER WOUDE LH & ROZENDAL RH. Within-cycle characteristics of the wheelchair push in sprinting on a wheelchair ergometer. *Med Sci Sports Exerc* 23, 264-71, 1991a.
- VEEGER HE, VAN DER WOUDE LHV & ROZENDAL RH. Within-cycle characteristics of the wheelchair push in sprinting on a wheelchair ergometer. *Med Sci Sports Exerc* 23, 264-272, 1991b.
- VINET A, LE GALLAIS D, BERNARD PL, POULAIN M, VARRAY A, MERICIER J & MICALLEF JP. Aerobic metabolism and cardioventilatory responses in paraplegic athletes during an incremental wheelchair exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 76, 455-61, 1997.
- WASHBURN RA & SEALS DR. Comparison of peak oxygen uptake in arm cranking. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 51, 3-6, 1983.

Παχυσαρκία και η «σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής»

Ελένη Θεοδωροπούλου¹, Ιωάννα Τσαμίτα² και Κωσταντίνος Καρτερολιώτης³

¹ Καθηγήτρια Φ.Α., Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Αθηνών

² Καθηγήτρια και Σχολική Σύμβουλος Φ.Α., Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Αθηνών

³ Τομέας Θεωρητικών Επιστημών, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ Ε., ΤΣΑΜΙΤΑ Ι. και ΚΑΡΤΕΡΟΛΙΩΤΗΣ Κ. Παχυσαρκία και η «σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής». *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 94-100. Η παχυσαρκία αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου για πολλές ασθένειες, όπως ο διαβήτης, η ινσουλινοαντίσταση, η υπέρταση, η στεφανιαία νόσος και σχετίζεται με το μείζων πρόβλημα της αυξημένης θνησιμότητας. Επιπλέον, η παχυσαρκία επηρεάζει αρνητικά τη «Σχετιζόμενη με την Υγεία Ποιότητα Ζωής», (Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.) (Health-Related Quality of Life) του ατόμου, η οποία αποτελεί την πιο κατάλληλη ερευνητική μέθοδο αξιολόγησης της ποιότητας ζωής στον τομέα των ιατρικών επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, η «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» είναι μία μέθοδος εξέτασης της φυσικής, ψυχολογικής και κοινωνικής υγείας του ατόμου. Στην παρούσα επισκόπηση παρουσιάζονται έρευνες όπου εξετάστηκε η σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.». Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται μία διεξοδική περιγραφή των σχέσεων μεταξύ παχυσαρκίας και φυσικής, ψυχολογικής και κοινωνικής υγείας. Επίσης, γίνεται μία συνοπτική περιγραφή της έννοιας της παχυσαρκίας, των κινδύνων υγείας που συνδέονται με την παχυσαρκία, των εννοιών και των θεωριών για την ποιότητα ζωής, καθώς και των εννοιών και των μεθόδων αξιολόγησης της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.».

Λέξεις κλειδιά: ΠΑΧΥΣΑΡΚΙΑ, ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ, ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ

Έρευνες έχουν δείξει ότι η παχυσαρκία εξελίσσεται παγκοσμίως με ρυθμούς επιδημίας, γεγονός που αποδεικνύεται από ενός από τα υψηλά ποσοστά παχυσαρκίας στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. και από ετέρου από το ότι θεωρείται η κυριότερη αιτία πρόκλησης θανάτων μετά το κάπνισμα στις Η.Π.Α. (Allison et al. 1999, Flegal et al. 2002, Karantais et al. 2006, Martinez et al. 1999). Εκτός αυτών, η παχυσαρκία εμφανίζεται να επιδρά αρνητικά στην υγεία, στις λειτουργικές ικανότητες και στην ποιότητα ζωής του ατόμου (Bray 2004, Jia and Lubetkin 2005, Serrano-Aguilar et al. 2009). Η ποιότητα ζωής αναφέρεται στην ευρύτερη έννοια της υγείας και της ευημερίας και υποδηλώνει την πλήρη ψυχοσωματική και κοινωνική ευεξία και όχι απλά την έλλειψη προβλημάτων υγείας ή αναπηρίας (World Health Organization 1948). Ένας βασικός τομέας της ποιότητας ζωής είναι η «Σχετιζόμενη με την Υγεία Ποιότητα Ζωής» (Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.), η οποία συνήθως εξετάζεται από ερευνητές που μελετούν τις συνέπειες των ασθενειών στη φυσική, ψυχολογική και κοινωνική υγεία του ατόμου (Mooney 2006, Wadden and Phelan 2002). Στην παρούσα ανασκόπηση παρουσιάζονται μελέτες στις οποίες διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.». Πιο συγκεκριμένα, γίνεται από ενός μία σύντομη περιγραφή των εννοιών, των θεωριών και των μεθόδων αξιολόγησης της ποιότητας ζωής και της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» και από ετέρου αναπτύσσονται διεξοδικά οι σχέσεις μεταξύ παχυσαρκίας και φυσικής, ψυχολογικής και κοινωνικής υγείας.

Παχυσαρκία

Η παχυσαρκία αναφέρεται στην κατάσταση της σωματικής σύστασης του ατόμου που αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του και χαρακτηρίζεται από τιμές δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ) μεγαλύτερες των 30 kg/m², καθώς και από ποσοστά λίπους άνω του 25% στους άνδρες και άνω του 32% στις γυναίκες (Heyward and Stolarczyk 1996). Η παχυσαρκία σχετίζεται με την έλλειψη ενδιαφέροντος για άσκηση, τη χαμηλή φυσική δραστηριότητα, την καθιστική ζωή, την ηλικία, το χαμηλό βιοτικό και μορφωτικό επίπεδο και αποτελεί δε σημαντικό παράγοντα κινδύνου για το μεταβολικό σύνδρομο, όπως διαβήτης τύπου 2, δυσλιπιδαιμία, ινσουλινοαντίσταση, καθώς και για τις καρδιαγγειακές παθήσεις, όπως υπέρταση και στεφανιαία νόσος (Bray 2004, Grundy et al. 1999, Martinez et al. 1999, Tsai et al. 2004). Παράλληλα, η παχυσαρκία συνδέεται τόσο με τις παθήσεις, όπως αναπνευστικά προβλήματα, οστεοαρθρίτιδα, προβλήματα στο ενδοκρινικό σύστημα, ορισμένοι τύποι καρκίνου, ψυχολογικά προβλήματα, όσο και με το μείζων πρόβλημα της αυξημένης θνησιμότητας (Allison et al. 1999, Bray 2004). Επιπλέον, η κοιλιακή παχυσαρκία θεωρείται ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για τις καρδιαγγειακές παθήσεις και το μεταβολικό σύνδρομο, ανεξάρτητα από την ολική παχυσαρκία (Bray 2004, Moreau et al. 2004).

Παρόλο την αρνητική επίδραση της παχυσαρκίας στην υγεία και στην ευημερία του ατόμου, αξιοσημείωτο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ευρήματα μελετών που υποδεικνύουν υψηλά ποσοστά παχυσαρκίας στον πληθυσμό των Η.Π.Α. (Flegal et al. 2002, Mokdad et al. 2001), της

Συγγραφείς επικοινωνίας

Θεωδοροπούλου Ε: eltheodor@phed.uoa.gr, theodorelen@gmail.com

Ευρωπαϊκής Ένωσης (Karantais et al. 2006, Martinez et al. 1999, Panagiotakos et al. 2004) και άλλων χωρών (Tsai et al. 2004). Αναλυτικότερα, σε πρόσφατη έρευνα που διεξήχθη στην Ελλάδα με τη συμμετοχή 17.341 ανδρών και γυναικών, ηλικίας 20-70 ετών, βρέθηκε ότι από το συνολικό δείγμα, το 41.1% των ανδρών και το 29.9% των γυναικών ήταν υπέρβαροι, ενώ το 26% των ανδρών και το 18.2% των γυναικών ήταν παχύσαρκοι (Karantais et al. 2006).

Ποιότητα ζωής

Έννοιες και ορισμοί. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (1998), η ποιότητα ζωής έχει οριστεί ως «οι αντιλήψεις του ατόμου για τη θέση του στη ζωή μέσα στο πλαίσιο της κουλτούρας και του συστήματος αξιών στα οποία ζει, σε σχέση με τους σκοπούς, τις προσδοκίες και τα στάνταρ της ζωής του». Πιο συγκεκριμένα, η ποιότητα ζωής είναι μία πολυσύνθετη και ευρεία έννοια και γι' αυτό το λόγο ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (1998) έχει ορίσει έξι παραμέτρους, οι οποίες περιγράφουν το περιεχόμενο της έννοιας της ποιότητας ζωής: Φυσική υγεία, ψυχολογική υγεία, επίπεδο ανεξαρτησίας, κοινωνικές σχέσεις, περιβάλλον και προσωπικά πιστεύω. Εκτός αυτών των παραμέτρων, έννοιες όπως η οικονομική κατάσταση, η υλική ευημερία, η ασφάλεια της εργασίας, η εκπαίδευση, οι πολιτικές ελευθερίες, η πολιτική σταθερότητα, η ασφάλεια, η δικαιοσύνη, η ισότητα των φύλων, το κλίμα και η γεωγραφία σχετίζονται με την ποιότητα ζωής (Calaminus and Barr, 2008, Mooney 2006, World Health Organization 2003). Τέλος, στον τομέα των ιατρικών επιστημών, οι ερευνητές που μελετούν την επίδραση των ασθενειών στην υγεία και την ευημερία του ατόμου, εστιάζουν συνήθως την προσοχή τους στη «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.», η οποία αποτελεί την πιο κατάλληλη ερευνητική μέθοδο αξιολόγησης της ποιότητας ζωής στον συγκεκριμένο τομέα (Fontaine and Barofsky 2001, Mooney, 2006).

Θεωρία. Η εξέταση της ποιότητας ζωής από τις οικονομικές, κοινωνικές και ιατρικές επιστήμες είχε σαν επακόλουθο αφ' ενός την έλλειψη συμφωνίας για την έννοια και τον ορισμό της ποιότητας ζωής και αφ' ετέρου την ανάπτυξη πολλών και διαφορετικών τρόπων αξιολόγησής της (Cummins 2005, Wilson and Cleary 1995, Wood-Dauphinee 1999). Πιο συγκεκριμένα, στις δεκαετίες του 1980 και του 1990 δημιουργήθηκαν αρκετά όργανα μέτρησης για την ποιότητα ζωής και βελτιώθηκαν πολλές από τις ψυχομετρικές ιδιότητες των συγκεκριμένων οργάνων. Το γεγονός αυτό δεν παρατηρήθηκε στον ίδιο βαθμό και στον τομέα των θεωριών (Hunt 1997, Wood-Dauphinee 1999).

Ειδικότερα, όσον αφορά στον θεωρητικό τομέα, οι ερευνητές αναφέρουν ορισμένες θεωρίες για την ποιότητα ζωής: (α) ιατρικές-βιολογικές θεωρίες, (β) συναισθηματική αντίδραση στις καταστάσεις, (γ) ισορροπία μεταξύ προσδοκιών και πραγματικότητας, (δ) ικανότητα του ατόμου να ικανοποιεί τις ανάγκες του, (ε) ατομική γνωστική προσέγγιση και (στ) υποκειμενική ευημερία (Cummins 2005, Ferriss 2006, Hunt 1997, Ventegodt et al. 2003, Wilson and Cleary, 1995). Ωστόσο, μόνο οι θεωρίες της ικανότητας

του ατόμου να ικανοποιεί τις ανάγκες του και της ατομικής γνωστικής προσέγγισης έχουν εξεταστεί περισσότερο στον τομέα της ποιότητας ζωής (Hunt 1997). Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τη θεωρία της ικανότητας του ατόμου να ικανοποιεί τις ανάγκες του, η ποιότητα ζωής καθορίζεται από τον αριθμό των αναγκών που ικανοποιούνται (Hunt 1997, Ventegodt et al. 2003, Σαρρής 2001). Αντίθετα, με βάση τη θεωρία της ατομικής γνωστικής προσέγγισης, η ποιότητα ζωής είναι μια ιδιοσυγκρασιακή αντίληψη που μπορεί να μετρηθεί μόνο σε ατομικό επίπεδο (Hunt 1997, Joyce et al. 2003). Το πλέον διαδεδομένο όργανο μέτρησης που χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη θεωρία είναι το «Self-Evaluation Instrument for Quality of Life» (Seymour et al. 2008). Τέλος, σε πρόσφατες μελέτες φαίνεται ότι η προσοχή των ερευνητών εστιάζεται και στη θεωρία της υποκειμενικής ευημερίας, σύμφωνα με την οποία η ποιότητα ζωής καθορίζεται τόσο από τις αντιδράσεις του ατόμου στις καταστάσεις της ζωής του, όσο και από τις επιδράσεις του κοινωνικού περιβάλλοντος στο άτομο (Cummins 2005, Ferriss 2006). Ωστόσο, αρκετοί ερευνητές επισημαίνουν την έλλειψη μελετών που επιβεβαιώνουν τη σχέση της ποιότητας ζωής με τις συγκεκριμένες θεωρίες, καθώς και την έλλειψη ερευνών που στηρίζουν την εφαρμογή αυτών των θεωριών στον τομέα της ποιότητας ζωής (Cummins 2005, Guyatt et al. 1993, Hunt 1997, Wilson and Cleary 1995; Wood-Dauphinee 1999).

«Σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής»

Έννοιες και ορισμοί. Στις ιατρικές επιστήμες, οι ερευνητές επικεντρώνουν συνήθως την προσοχή τους στη «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.», η οποία έχει οριστεί ως η επίδραση των ασθενειών (παχυσαρκία, άσθμα, υπέρταση κ.α.) στη λειτουργική κατάσταση, στην κατάσταση της υγείας και γενικότερα στην ευημερία του ατόμου (Calaminus and Barr, 2008; Fontaine and Barofsky 2001, Mooney 2006, Wadden and Phelan 2002). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Kolotkin και συνεργάτες (2001) και Mooney (2006), η «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» σχετίζεται με τρεις βασικούς παράγοντες υγείας του ατόμου: Φυσική, ψυχολογική και κοινωνική υγεία. Η φυσική υγεία συνδέεται με τη φυσική λειτουργικότητα, την κινητικότητα, τη γενική υγεία, τις αντιλήψεις του ατόμου για την υγεία του, τους περιορισμούς φυσικών και καθημερινών δραστηριοτήτων λόγω προβλημάτων υγείας και το σωματικό πόνο. Η ψυχολογική υγεία σχετίζεται με την πνευματική υγεία, τη συναισθηματική υγεία, τις συναισθηματικές αντιδράσεις, τη διάθεση, τη ζωτικότητα και τους περιορισμούς φυσικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων λόγω συναισθηματικών προβλημάτων. Τέλος, η κοινωνική υγεία συνδέεται με τις οικογενειακές και κοινωνικές σχέσεις (Wadden and Phelan 2002).

Αξιολόγηση. Η αξιολόγηση της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» πραγματοποιείται με γενικά και ειδικά ερωτηματολόγια (Garratt et al. 2002, Mooney 2006). Συγκεκριμένα, τα γενικά ερωτηματολόγια αξιολόγησης της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» αποτελούνται από (α) τις επισκοπήσεις υγείας, (β) τις μετρήσεις προσδιορισμού των προτιμήσεων του ατόμου (για τις καταστάσεις υγείας)

και (γ) τις αθροιστικές κλίμακες, ενώ τα ειδικά ερωτηματολόγια διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: (α) ειδικά ερωτηματολόγια για κάποια συγκεκριμένη ασθένεια, όπως η παχυσαρκία, (β) ειδικά ερωτηματολόγια για μία ορισμένη παράμετρο υγείας, όπως η ψυχολογική ευημερία, (γ) ειδικά ερωτηματολόγια για ένα ορισμένο σημείο του σώματος και (δ) εξατομικευμένα ερωτηματολόγια (Fitzpatrick et al. 1998, Garratt et al. 2002).

Πιο αναλυτικά, τα γενικά ερωτηματολόγια αξιολογούν πολλές παραμέτρους υγείας και χρησιμοποιούνται συνήθως σε επιδημιολογικές μελέτες (Garratt et al. 2002, Guyatt et al. 1993). Τα κύρια πλεονεκτήματα των γενικών ερωτηματολογίων είναι: (α) οι δυνατότητες σύγκρισης της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» μεταξύ ποικίλων ιατρικών καταστάσεων και μεταξύ διαφορετικών ομάδων ασθενών και πληθυσμού και (β) η δημιουργία νορμών του γενικού πληθυσμού (Brouwer et al. 2007, Fitzpatrick et al. 1998). Ωστόσο, οι ερευνητές αναφέρουν και μερικά μειονεκτήματα: (α) ο μικρός αριθμός ερωτήσεων που σχετίζονται με ένα ορισμένο πρόβλημα υγείας και (β) η χαμηλότερη ευαισθησία σε αλλαγές που προκύπτουν από την εφαρμογή προγραμμάτων παρέμβασης και από τον χρόνο παρέμβασης (Fontaine and Barofsky, 2001 Garratt et al. 2002).

Αντίθετα, τα ειδικά ερωτηματολόγια προσδιορισμού της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» σχετίζονται πάντα με κάποια συγκεκριμένη ασθένεια ή παράμετρο υγείας, γεγονός που αφ' ενός επιτρέπει τον προσδιορισμό των σχετικών παραμέτρων της ποιότητας ζωής και αφ' ετέρου παρέχει υψηλή ευαισθησία στην ανίχνευση αλλαγών που οφείλονται στον χρόνο ή στην εφαρμογή προγραμμάτων παρέμβασης (Brouwer et al. 2007, Fontaine and Barofsky 2001, Garratt et al. 2002). Ωστόσο, τα μειονεκτήματα των ειδικών αυτών ερωτηματολογίων είναι η αδυναμία εφαρμογής τους σε ασθενείς που αντιμετωπίζουν άλλη πάθηση και η έλλειψη δυνατότητας για σύγκριση της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» μεταξύ διαφορετικών ομάδων ασθενών (Chen et al. 2005, Garratt et al. 2002).

Τέλος, από τα γενικά ερωτηματολόγια, το πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενο, έγκυρο και αξιόπιστο ερωτηματολόγιο είναι το «SF-36 Health Survey» (Garratt et al. 2002, Keller et al. 1998), ενώ από τα ειδικά ερωτηματολόγια για την παχυσαρκία, το πλέον διαδεδομένο, αξιόπιστο και έγκυρο είναι το «Impact of Weight on Quality of Life Questionnaire-Lite - IWQOL-Lite» (Kolotkin and Crosby 2002).

Παχυσαρκία και «Σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής»

Φυσική υγεία και λειτουργικότητα. Σε αρκετές από τις δημοσιευμένες έρευνες, που εξέτασαν τη σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» (Πίνακας 1), παρατηρήθηκε μείωση των τιμών της φυσικής υγείας με την αύξηση των επιπέδων της παχυσαρκίας (Doll et al. 2000, Lebrun et al. 2006, Le Pen et al. 1998, Lopez-Garcia et al. 2003, Sarac et al. 2007, Serrano-Aguilar et al. 2009, Yan et al. 2004). Πιο αναλυτικά, οι Doll και συνεργάτες (2000) εξετάζοντας 13.800 άνδρες και γυναίκες, ηλικίας 18-64 ετών από το Ηνωμένο Βασίλειο, παρατήρησαν στα υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα, σε σχέση με τα άτομα που είχαν φυσιολογικό βά-

ρος, χαμηλότερες τιμές φυσικής λειτουργικότητας, φυσικής υγείας, φυσικού ρόλου και γενικής υγείας. Τα ανωτέρω αποτελέσματα φαίνεται να ενισχύονται από τα ευρήματα μίας άλλης σχετικής έρευνας σε 4.000 άνδρες και γυναίκες άνω των 60 ετών, στην οποία, με την αύξηση της ολικής και κοιλιακής παχυσαρκίας, παρατηρήθηκαν αφ' ενός χαμηλότερες τιμές φυσικής λειτουργικότητας σε άνδρες και γυναίκες και αφ' ετέρου χαμηλότερες τιμές σε όλες τις κλίμακες της φυσικής υγείας μόνο στις γυναίκες, (Lopez-Garcia et al. 2003). Σε άλλη έρευνα, στην οποία μετρήθηκαν ο ΔΜΣ και οι περιφέρειες της μέσης και των ισχίων (δείκτης κοιλιακού λίπους) σε 1.885 άνδρες και 2.156 γυναίκες, ηλικίας 20-59 ετών, εντοπίστηκαν σχέσεις μεταξύ των χαμηλότερων τιμών φυσικής λειτουργικότητας, των λειτουργικών περιορισμών και του σωματικού πόνου και των υψηλότερων τιμών του ΔΜΣ και του δείκτη για το κοιλιακό λίπος (Han et al. 1998). Επίσης, αξιοσημείωτο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ευρήματα μελέτης σε 13.646 άνδρες και γυναίκες, που εμφάνισαν συσχετίσεις μεταξύ των χαμηλότερων τιμών φυσικής υγείας και των υψηλότερων επιπέδων του ΔΜΣ (Jia and Lubetkin 2005).

Παρόμοια ευρήματα έδειξαν υψηλότερες συχνότητες χαμηλών τιμών φυσικής υγείας στα παχύσαρκα άτομα απ' ό,τι στα άτομα με φυσιολογικό βάρος, καθώς και σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ ΔΜΣ και φυσικής λειτουργικότητας και υγείας (Huang et al. 2006; Kolotkin and Crosby, 2002; Surtees et al. 2004).

Ψυχολογική - πνευματική υγεία. Όπως φαίνεται στους Πίνακας 1, αρκετοί ερευνητές δεν εντόπισαν σημαντικές επιπτώσεις της παχυσαρκίας στην ψυχολογική-πνευματική υγεία (Burns et al. 2001, Doll et al. 2000, Han et al. 1998, Huang et al. 2006, Jia and Lubetkin, 2005, Lebrun et al. 2006, Le Pen et al. 1998, Lopez-Garcia et al. 2003, Yan et al. 2004). Αντίθετα, ορισμένοι ερευνητές που χρησιμοποίησαν ειδικά με την παχυσαρκία και άλλα ερωτηματολόγια ψυχολογικού περιεχομένου, μπόρεσαν να αναδείξουν είτε τη σχέση, είτε την επίδραση της παχυσαρκίας σε μερικές μόνο από τις παραμέτρους της ψυχολογικής υγείας, όπως αυτοπεποίθηση, άγχος και κατάθλιψη (Hassan et al. 2003, Kolotkin and Crosby, 2002, Kolotkin et al. 2002, Le Pen et al. 1998, Onyike et al. 2003). Αναλυτικότερα, το γενικό ερωτηματολόγιο «SF-36 Health Survey» και το ειδικό ερωτηματολόγιο «OSQOL» χορηγήθηκαν σε 1000 άνδρες και γυναίκες από τη Γαλλία (Le Pen et al. 1998). Τα αποτελέσματα, σύμφωνα με το «OSQOL», έδειξαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές στην ψυχολογική υγεία με την αύξηση των επιπέδων της παχυσαρκίας, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το «SF-36 Health Survey».

Παρόμοια, σε συναφείς έρευνες, με την αύξηση των επιπέδων της παχυσαρκίας αναφέρθηκαν χαμηλότερη διάθεση και υψηλότερα ποσοστά κατάθλιψης (Kobau et al. 2004, Onyike et al. 2003). Επιπλέον, παρατηρήθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ ΔΜΣ και αυτοπεποίθησης και δημόσιου άγχους, όταν η «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» αξιολογήθηκε με το ειδικό ερωτηματολόγιο για την παχυσαρκία «IWQOL-Lite» (Kolotkin and Crosby, 2002), εύρημα το οποίο φαίνεται να ενισχύεται από τα ερευνητικά αποτελέσματα των Kolotkin

Πίνακας 1. Έρευνες που εξέτασαν τη σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σχετιζόμενης με την Υγεία Ποιότητας Ζωής».

Μελέτες	Δείγμα	Αξιολόγηση "Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ"	Αξιολόγηση Παχυσαρκίας	Αποτελέσματα
Fine et al. 1999	45.375 γυναίκες-νοσοκόμες, 46-71 ετών (Η.Π.Α.)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής λειτουργικότητας, σωματικού πόνου, φυσικού ρόλου και συναισθηματικού ρόλου με την αύξηση του ΔΜΣ
Doll et al. 2000	13.800 άνδρες και γυναίκες, 18-64 ετών (Αγγλία)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Συσχέτιση παχυσαρκίας με χαμηλά επίπεδα φυσικής υγείας σε άνδρες και γυναίκες
Burns et al. 2001	4.601 άνδρες και γυναίκες, 20-59 ετών (Γερμανία)	RAND-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής υγείας στις γυναίκες (όχι στους άνδρες) με την αύξηση του ΔΜΣ
Zwaan et al. 2002	164 άνδρες και γυναίκες, νοσηρά παχύσαρκοι, 19-67 ετών (Η.Π.Α.)	SF-36, IWQOL	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής, ψυχολογικής και κοινωνικής υγείας σε σχέση με τις νόρμες του γενικού πληθυσμού των Η.Π.Α.
Hassan et al. 2003	182.372 άνδρες και γυναίκες >18 ετών (Η.Π.Α.)	4 ερωτήσεις	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής, πνευματικής και γενικής υγείας με την αύξηση των επιπέδων της παχυσαρκίας
Heo et al. 2003	155.989 άνδρες και γυναίκες > 18 ετών (Η.Π.Α.)	4 ερωτήσεις	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Συσχέτιση J-shaped μεταξύ ΔΜΣ και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ» και χαμηλότερες τιμές φυσικής και πνευματικής υγείας με την αύξηση του ΔΜΣ
Lopez-Garcia et al. 2003	3.605 άνδρες και γυναίκες, > 60 ετών (Ισπανία)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ), περιφέρεια μέσης	Χαμηλότερες τιμές «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ» στις γυναίκες και χαμηλότερες τιμές φυσικής λειτουργικότητας στους άνδρες με την αύξηση της παχυσαρκίας
Surtees et al. 2004	20.921 άνδρες και γυναίκες, 40-80 ετών (Αγγλία)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Σημαντική συσχέτιση μεταξύ παχυσαρκίας και φυσικής υγείας και πιο χαμηλές τιμές φυσικής υγείας με την αύξηση του ΔΜΣ
Tsai et al. 2004	6.318 άνδρες και γυναίκες, 20-79 ετών (Ταϊβάν)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής λειτουργικότητας, σωματικού πόνου και επιπλέον φυσικού ρόλου στις γυναίκες με την αύξηση της παχυσαρκίας
Villareal et al. 2004	156 άνδρες και γυναίκες, > 65 ετών (Η.Π.Α.)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ),	Χαμηλότερες τιμές «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ» με την αύξηση της παχυσαρκίας και της ευπάθειας
Yan et al. 2004	7.080 άνδρες και γυναίκες, > 65 ετών (Η.Π.Α.)	HSQ-12	ΣΑ, ΣΒ	Χαμηλότερες τιμές φυσικής υγείας με την αύξηση της παχυσαρκίας
Jia and Lubetkin, 2005	13.646 άνδρες και γυναίκες, > 18 ετών (Η.Π.Α.)	SF-12, EQ-5D	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής υγείας με το «SF-12» και χαμηλότερη «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ» με το «EQ-5D» με την αύξηση των επιπέδων παχυσαρκίας
Kortt and Clarke, 2005	12.767 άνδρες και γυναίκες, 18-79 ετών (Αυστραλία)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Αρνητική συσχέτιση μεταξύ ΔΜΣ και δείκτη SF-6D και χαμηλότερες τιμές του SF-6D με την αύξηση της παχυσαρκίας
Huang et al. 2006	14.221 άνδρες και γυναίκες, 18-96 ετών (Ταϊβάν)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές φυσικής υγείας με την αύξηση των επιπέδων της παχυσαρκίας
Lebrun et al. 2006	402 γυναίκες, 55-75 ετών (Ολλανδία)	QLS	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Συσχέτιση μεταξύ των χαμηλότερων τιμών γενικής υγείας και των υψηλότερων τιμών του ΔΜΣ και του ΣΛ
Sach et al. 2007	1.865 ασθενείς, > 45 ετών (Ηνωμένο Βασίλειο)	SF-36, EQ-5D	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ του ΔΜΣ και των δεικτών EQ-5D, EQ-VAS, SF-6D
Sarac et al. 2007	1.752 παχύσαρκοι άνδρες και γυναίκες και 400 με φυσιολογικό βάρος (Τουρκία)	SF-36	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Χαμηλότερες τιμές «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ» στους παχύσαρκους άνδρες και γυναίκες, σε σχέση με αυτούς που είχαν φυσιολογικό βάρος
Serrano-Aguilar et al. 2009	4.110 άνδρες και γυναίκες, >16 ετών (Ισπανία)	EQ-5D	ΣΑ, ΣΒ (ΔΜΣ)	Αρνητική συσχέτιση μεταξύ του ΔΜΣ και του δείκτη EQ-5D

Επεξήγηση συντομογραφιών: (1) ΣΑ: σωματικό ανάστημα, (2) ΣΒ: σωματικό βάρος, (3) ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος, (4) ΣΛ: σωματικό λίπος, (5) ΑΜ: άλιπη μάζα, (6) SF-6D: δείκτης της ποιότητας ζωής που υπολογίστηκε από τις οκτώ κλίμακες του SF-36 ερωτηματολογίου, (7) EQ-5D, EQ-VAS: δείκτες της ποιότητας ζωής που υπολογίστηκαν από τις ερωτήσεις του EQ-5D ερωτηματολογίου.

και συνεργατών (2002).

Τέλος, αξιοσημείωτα είναι τα ευρήματα μελετών, που έδειξαν ότι η παχυσαρκία σχετίζεται αρνητικά με την ψυχολογική υγεία μόνο των γυναικών και όχι των ανδρών (Fine et al. 1999, Huang et al. 2006, Livingston and Ko, 2002,

Lopez-Garcia et al. 2003, Surtees et al. 2004). Πιο συγκεκριμένα, οι Lopez-Garcia και συνεργάτες (2003) βρήκαν στις γυναίκες σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και πνευματικής υγείας, ενώ στους άνδρες μεταξύ παχυσαρκίας και φυσικής λειτουργικότητας. Επίσης, οι Surtees και συνεργάτες (2004)

εντόπισαν στις γυναίκες συσχέτιση μεταξύ πνευματικής υγείας και παχυσαρκίας, εύρημα που δεν επιβεβαιώθηκε στους άνδρες.

Συνοψίζοντας, φαίνεται ότι η παχυσαρκία επηρεάζει αρνητικά την ψυχολογική υγεία περισσότερο των γυναικών απ' ό,τι των ανδρών. Εν τούτοις, σε έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν ειδικά ερωτηματολόγια για την αξιολόγηση της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.», η παχυσαρκία εμφανίστηκε να έχει επιπτώσεις σε ορισμένες μόνο παραμέτρους της ψυχολογικής υγείας των ανδρών, όπως αυτοπεποίθηση, άγχος και κατάθλιψη. Σύμφωνα με τους Fontaine και Barofsky (2001) και Garratt και συνεργάτες (2002), τα ειδικά ερωτηματολόγια μπορούν να εντοπίζουν τις σχέσεις και τις επιδράσεις της παχυσαρκίας σε ορισμένες από τις παραμέτρους της ψυχολογικής υγείας, επειδή διαθέτουν υψηλότερη ευαισθησία σε σχέση με τα γενικά ερωτηματολόγια.

Κοινωνική υγεία. Όσον αφορά στην κοινωνική υγεία, παρατηρήθηκε τόσο η σχέση, όσο και η αρνητική επίδραση της παχυσαρκίας στην κοινωνική υγεία των γυναικών και όχι των ανδρών (Ball et al. 2004, Burns et al. 2001, Larsson et al. 2002, Lopez-Garcia et al. 2003, Yan et al. 2004). Πιο αναλυτικά, οι Burns και συνεργάτες (2001), που μέτρησαν τον ΔΜΣ σε 4.601 άνδρες και γυναίκες ηλικίας 20-59 ετών, βρήκαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές στην κλίμακα της κοινωνικής λειτουργικότητας εξαιτίας της παχυσαρκίας μόνο στις υπέρβαρες γυναίκες και όχι στους υπέρβαρους άνδρες. Κατά τον ίδιο τρόπο, οι Lopez-Garcia και συνεργάτες (2003) εντόπισαν συσχέτιση μεταξύ παχυσαρκίας και κοινωνικής λειτουργικότητας στις γυναίκες και όχι στους άνδρες. Παράλληλα, σε σχετική έρευνα παρατηρήθηκαν χαμηλότερες τιμές ευχαρίστησης για καριέρα, εργασία, μόρφωση, για προσωπικές, οικογενειακές σχέσεις και για κοινωνικές δραστηριότητες στις παχύσαρκες γυναίκες, σε σχέση με τις υπέρβαρες και με τις φυσιολογικές (Ball et al. 2004). Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ευρήματα μελετών, που έδειξαν ότι η παχυσαρκία απ' ενός σχετίζεται και απ' ετέρου επιδρά αρνητικά στις κλίμακες της σεξουαλικής ζωής και της εργασίας στους άνδρες και στις γυναίκες, όταν χρησιμοποιήθηκε το ειδικό ερωτηματολόγιο για την παχυσαρκία «IWQOL-Lite» (Kolotkin and Crosby, 2002, Kolotkin et al. 2002).

Συμπερασματικά, από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι τα αυξημένα επίπεδα παχυσαρκίας έχουν αρνητικές επιπτώσεις σε σημαντικές παραμέτρους της κοινωνικής υγείας των γυναικών, εύρημα που δεν επιβεβαιώνεται συνήθως στους άνδρες.

Έρευνες στην Ελλάδα. Στον ελληνικό πληθυσμό, δεν έχουν βρεθεί έρευνες που έχουν μελετήσει τη σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.». Ωστόσο, αξιοσημείωτα είναι τα ευρήματα πρόσφατης μελέτης που διεξήχθη σε 229 άνδρες και γυναίκες από τη Μυτιλήνη και στην οποία εξετάστηκε η σχέση μεταξύ «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» και διαβήτη τύπου 2 (Papadopoulos et al. 2007). Στη μελέτη αυτή εξετάστηκε ο ΔΜΣ των ασθενών και βρέθηκε ότι τα παχύσαρκα και υπέρβαρα άτομα έχουν χαμηλότερες τιμές φυσικής λειτουργικότητας απ' ό,τι τα άτομα με φυσιολογικό βάρος και

ότι ο ΔΜΣ αποτελεί σημαντικό παράγοντα πρόβλεψης της φυσικής λειτουργικότητας.

Γενικότερα, στον Ελλαδικό χώρο, η έρευνα σχετικά με την ποιότητα ζωής έχει αναπτυχθεί τα τελευταία περίπου δέκα με δώδεκα χρόνια (Anagnostopoulos et al. 2009, Pappa et al. 2009, Pappa and Niakas, 2006). Συγκεκριμένα, μέχρι τώρα, έχει διερευνηθεί κυρίως η σχέση μεταξύ ποιότητας ζωής και διαφόρων παθήσεων (Argyriou et al. 2004, Hatziagorou et al. 2002, Papadopoulos et al. 2007) και έχει εξεταστεί η αξιοπιστία και η εγκυρότητα ερωτηματολογίων αξιολόγησης της ποιότητας ζωής (Anagnostopoulos et al. 2005, Anagnostopoulos et al. 2009, Kontodimopoulos et al. 2004, Pappa et al. 2005).

Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, από την ανασκόπηση των βιβλιογραφικών ερευνών προέκυψε ότι τα παχύσαρκα άτομα έχουν χαμηλότερες τιμές στη φυσική υγεία και ιδιαίτερα στη φυσική λειτουργικότητα, σε σύγκριση με τα άτομα που έχουν φυσιολογικό βάρος. Επίσης, η παχυσαρκία εμφανίστηκε να σχετίζεται και να επηρεάζει αρνητικά περισσότερο την ψυχολογική και την κοινωνική υγεία των γυναικών παρά των ανδρών. Το γεγονός αυτό μπορεί εν μέρει να εξηγηθεί από την άποψη, ότι οι γυναίκες δέχονται μεγαλύτερες κοινωνικές πιέσεις να είναι αδύνατες σε σχέση με τους άνδρες (Bray, 2004, Larsson et al. 2002). Ωστόσο, οι ερευνητές, που χρησιμοποίησαν ειδικά με την παχυσαρκία ή άλλα ερωτηματολόγια ψυχολογικού περιεχομένου, εντόπισαν τόσο την αρνητική επίδραση, όσο και τη συσχέτιση της παχυσαρκίας με ορισμένες από τις παραμέτρους της ψυχολογικής υγείας των ανδρών. Συνεπώς, φαίνεται ότι απ' ενός το φύλο λειτουργεί σαν «μεσολαβητής» στη σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» και απ' ετέρου η μεθοδολογία αξιολόγησης της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» μπορεί να διαφοροποιήσει τα αποτελέσματα των ερευνών.

Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις. Είναι πλέον αποδεδειγμένη η σχέση και η αρνητική επίδραση της παχυσαρκίας στην υγεία και γενικότερα στην ποιότητα ζωής του ατόμου. Προϋπόθεση της μείωσης των κινδύνων της παχυσαρκίας αποτελεί η ακριβής διάγνωση και η αντικειμενική αξιολόγησή της. Η «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.», που αποτελεί ένα βασικό τομέα της ποιότητας ζωής του ατόμου, σχετίζεται με τη φυσική, ψυχολογική και κοινωνική υγεία και παρέχει μία ολοκληρωμένη εικόνα των επιπτώσεων των ασθενειών στο άτομο. Επομένως, η χρήση της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» σε πρακτικό επίπεδο από τους ειδικούς, δίνει τη δυνατότητα ολόπλευρης αξιολόγησης και αντιμετώπισης του προβλήματος της παχυσαρκίας. Με άλλα λόγια αποτελεί σημαντικό βήμα ουσιαστικών προσπαθειών και κατάλληλων σχεδιασμών παρεμβατικών προγραμμάτων για την πρόληψη και άμεση αντιμετώπιση της παχυσαρκίας. Η εφαρμογή των συγκεκριμένων προγραμμάτων πρέπει να αφορά: (α) στην ενημέρωση και παροχή γνώσεων στα άτομα σχετικά με το πρόβλημα της παχυσαρκίας, (β) στην ενθάρρυνση, υποστήριξη και ενίσχυση των ατόμων να διατηρούν το

φυσιολογικό τους βάρος, (γ) στην παρακίνηση για υιοθέτηση θετικών στάσεων και συμπεριφορών απέναντι στην υγιεινή διατροφή και άσκηση, (δ) στη συμμετοχή των ατόμων σε προγράμματα άσκησης και απώλειας σωματικού βάρους. Οι ανωτέρω τομείς μπορούν να ενισχυθούν και να βελτιωθούν με τη συμβολή της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» και να οδηγήσουν στην επιτυχή εφαρμογή και αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων παρεμβατικών προγραμμάτων.

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες. Αναμφισβήτητα, η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» έχει τη δυνατότητα να συμβάλει τόσο στον σχεδιασμό παρεμβατικών προγραμμάτων για την πρόληψη και αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και τη βελτίωση της «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.», όσο και στον προσδιορισμό άλλων

παραγόντων που θα αποτελέσουν ίσως μελλοντικά, τους επιμέρους στόχους των συγκεκριμένων προγραμμάτων παρέμβασης. Το γεγονός αυτό, καθώς και ο μη εντοπισμός σχετικών ερευνών στην Ελλάδα, αναδεικνύουν την ανάγκη να εξεταστεί η σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.» στον ελληνικό πληθυσμό, όχι μόνο σε ομάδες ενηλίκων αλλά και σε ομάδες παιδιών και εφήβων. Παράλληλα, προτείνεται η διερεύνηση της επίδρασης άλλων παραγόντων, όπως το φύλο, η ηλικία, οι χρόνιες ασθένειες, η φυσική δραστηριότητα, το μορφωτικό και βιοτικό επίπεδο, στη σχέση μεταξύ παχυσαρκίας και «Σ.Υ.ΠΟΙ.Ζ.». Η εξέταση των συγκεκριμένων παραγόντων μπορεί να οδηγήσει σε πιο αξιόπιστα συμπεράσματα και να συμβάλει στον προσδιορισμό παραμέτρων που επιδρούν ευεργετικά στην ποιότητα ζωής του ατόμου.

Βιβλιογραφία

- ΣΑΡΡΗΣ Μ, Σ ΣΟΥΛΗΣ και Γ ΥΦΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ. Η θεωρία της κοινωνικής παραγωγής λειτουργιών. *Αρχαία Ελληνική Ιατρική* 18:230-238, 2001.
- ALLISON DB, KR FONTAINE, JE MANSON, J STEVENS and TB. VANITALLIE. Annual deaths attributable to obesity in the United States. *The Journal of the American Medical Association* 282:1530-1538, 1999.
- ANAGNOSTOPOULOS F, D NIAKAS and E PAPPA. Construct validation of the Greek SF-36 health survey. *Quality of Life Research* 14:1959-1965, 2005.
- ANAGNOSTOPOULOS F, D NIAKAS and Y TOUNTAS. Comparison between exploratory factor-analytic and SEM-based approaches to constructing SF-36 summary scores. *Quality of Life Research* 18:53-63, 2009.
- ARGYRIOU AA, S PAPAPEΤΡΟΠΟΥΛΟΣ, P POLYCHRONOPOULOS, M CORCONDILAS, K ARGYRIOY and P HERAS. Psychosocial effects and evaluation of the health-related quality of life in patients suffering from well-control epilepsy. *Journal of Neurology* 251:310-313, 2004.
- BALL K, D CRAWFORD and J KENARDY. Longitudinal relationships among overweight, life satisfaction, and aspirations in young women. *Obesity Research* 12: 1019-1030, 2004.
- BRAY GA. Medical consequences of obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 89:2583-2589, 2004.
- BROUWER CNM, AGM SCHILDER, HF STEL, MM ROVERS, RH VEENHOVEN, DE GROBBEE, EAM. SANDERS and AR MAILLE. Reliability and validity of functional health status and health-related quality of life questionnaires in children with recurrent acute otitis media. *Quality of Life Research* 16:1357-1373, 2007.
- BURNS CM, MAR TIJHUIS and JC SEIDELL. The relationship between quality of life and perceived body weight and dieting history in Dutch men and women. *International Journal of Obesity* 25:1386-1392, 2001.
- CALAMINUS G, and R. BARR. Review: Economic evaluation and health-related quality of life. *Pediatric Blood Cancer*, 50:1112-1115, 2008.
- CHEN TH, L LI and MM KOCHEN. A systematic Review: How to choose appropriate health-related quality of life (HRQOL) measures in routine general practise? *Journal of Zhejiang University Science* 6:936-940, 2005.
- CUMMINS, R.A. Moving from the quality of life concept to a theory. *Journal of Intellectual Disability Research* 49:699-706, 2005.
- DOLL HA, SEK PETERSEN and SL STEWART-BROWN. Obesity and physical and emotional well-being: Associations between body mass index, chronic illness, and the physical and mental components of the SF-36 questionnaire. *Obesity Research* 8:160-170, 2000.
- FERRISS AL. A theory of social structure and the quality of life. *Applied Research in Quality of Life*, 1:117-123, 2006.
- FINE JT, GA COLDITZ, EH COAKLEY, G MOSELEY, JE MANSON, WC WILLETT and I KAWACHI. A prospective study of weight change and health-related quality of life in women. *The Journal of the American Medical Association* 282:2136-2142, 1999.
- FINKELSTEIN MM. Body mass index and quality of life in a survey of primary care patients. *The Journal of Family Practice* 49:734-737, 2000.
- FITZPATRICK R, C DAVEY, MJ BUXTON and DR JONES. Evaluating patient-based outcome measures for use in clinical trials. *Health Technology Assessment (Electronic Version)* 2, 1998.
- FLEGAL, K.M., M.D. CARROLL, C.L. OGDEN, and C.L. JOHNSON. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2000. *Journal of the American Medical Association* 288:1723-1727, 2002.
- FONTAINE KR and I BAROFSKY. Obesity and health-related quality of life: Review. *Obesity Reviews* 2:173-182, 2001.
- FONTAINE KR, SJ BARTLETT and I BAROFSKY. Health-related quality of life among obese persons seeking and not currently seeking treatment. *International Journal of Eating Disorders* 27:101-105, 2000.
- FORD ES, DG MORIARTY, MM ZACK, AH MOKDAD and DP CHAPMAN. Self-reported body mass index and health-related quality of life: Findings from the behavioural risk factor surveillance system. *Obesity Research* 9:21-31, 2001.
- GARRATT A, L SCHMIDT, A MACKINTOSH and R FITZPATRICK. Quality of life measurement: Bibliographic study of patient assessed health outcomes measures. *British Medical Journal* 324:1417-1423, 2002.
- GRUNDY SM, G BLACKBURN, M HIGGINS, R LAUER, MG PERRI and D. RYAN. Physical activity in the prevention and treatment of obesity and its comorbidities. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31:5502-509, 1999.
- GUYATT GH, DH FEENY and DL PATRICK. Measuring health-related quality of life. *Annals of Internal Medicine* 118:622-629, 1993.
- HAN TS, MAR TIJHUIS, MEJ LEAN and JC SEIDELL. Quality of life in relation to overweight and body fat distribution. *American Journal of Public Health* 88:1814-1820, 1998.
- HASSAN MK, AV JOSHI, SS MADHAVAN and MM AMONKAR. Obesity and health-related quality of life: A cross-sectional analysis of the US population. *International Journal of Obesity* 27:1227-1232, 2003.
- HATZIAGOROU E, P KARAGIANNI, A VIDALIS, M BULLINGER and I TSANAKAS. Association of asthma severity and health-related quality of life in children. *Hippokratia* 6:88-90, 2002.
- HEO M, DB ALLISON, MS FAITH, S ZHU and KR FONTAINE. Obesity and quality of life: Mediating effects of pain and comorbidities. *Obesity Research* 11:209-216, 2003.
- HEYWARD VH and LM STOLARCZYK. *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
- HUANG IC, C FRANGAKIS and AW WU. The relationship of excess body weight and health-related quality of life: Evidence from a population study in Taiwan. *International Journal of Obesity* 30:1250-1259, 2006.
- HUNT SM. The problem of quality of life. *Quality of Life Research* 6:205-212, 1997.
- JIA H and EI LUBETKIN. The impact of obesity on health-related quality of life in the general adult US population. *Journal of Public Health* 27:156-164, 2005.
- JOYCE CRB, A HICKEY, HM MCGEE and CA O'BOYLE. A theory-based method for the evaluation of individual quality of life: The SEIQoL. *Quality of Life Research* 12:275-280, 2003.
- KAPANTAIS E, T TZOTZAS, I IOANNIDIS, A MORTOGLU, S BAKATSELOS, M KAKLAMANOY, L LANARAS, and I KAKLAMANOS. First national epidemiological survey on the prevalence of obesity and abdominal fat distribution in Greek adults. *Annals of Nutrition and Metabolism* 50:330-338, 2006.

- KELLER SD, JE WARE, PM BENTLER, NK AARONSON, J ALONSO, G APOLONE, JB BJORNER, J BRAZIER, M BULLINGER, S KAASA, A LEPLAGE, M SULLIVAN, and B GANDEK. Use of structural equation modelling to test the construct validity of the SF-36 health survey in ten countries: Results from the IQOLA project. *Journal of Clinical Epidemiology* 51:1179-1188, 1998.
- KOBAU R, MA SAFRAN, MM ZACK, DG MORIARTY and D CHAPMAN. Sad, blue, or depressed days, health behaviours and health-related quality of life, Behavioural Risk Factor Surveillance System, 1995-2000. *Health and Quality of Life Outcomes (Electronic version)* 2, 2004.
- KOLOTKIN RL and RD CROSBY. Psychometric evaluation of the impact of weight on quality of life-lite questionnaire (IWQOL-Lite) in a community sample. *Quality of Life Research* 11:157-171, 2002.
- KOLOTKIN RL, RD CROSBY and GR WILLIAMS. Health-related quality of life varies among obese subgroups. *Obesity Research* 10:748-756, 2002.
- KOLOTKIN RL, K METER and GR WILLIAMS. Quality of life and obesity: Review. *Obesity Reviews* 2:219-229, 2001.
- KONTODIMOPOULOS N, D FRAGOULI, E PAPPA and D NIAKAS. Statistical tests of the validity and reliability of the Greek SF-36. *Archives of Hellenic Medicine* 21:451-462, 2004.
- KORTT MA and PM CLARKE. Estimating utility values for health states of overweight and obese individuals using the SF-36. *Quality of Life Research* 14:2177-2185, 2005.
- LARSSON U, J KARLSSON and M SULLIVAN. Impact of overweight and obesity on health-related quality of life-a Swedish population study. *International Journal of Obesity* 26:417-424, 2002.
- LEBRUN CEL, YT SCHOUW, FH JONG, HAP POLS, DE GROBBEE and SWJ LAMBERTS. Relations between body composition, functional and hormonal parameters and quality of life in healthy postmenopausal women. *Maturitas* 55:82-92, 2006.
- LE PEN C, E LEVY, F LOOS, MN BANZET and A BASDEVANT. Specific scale compared with generic scale: A double measurement of the quality of life in a French community sample of obese subjects. *Journal of Epidemiology and Community Health* 52:445-450, 1998.
- LEON-MUNOZ LM, P GUALLAR-CASTILLON, JR BANEGAS, JL GUTIERREZ-FISAC, E LOPEZ-GARCIA, FJ JIMENEZ and F RODRIGUEZ-ARTALEJO. Changes in body weight and health-related quality of life in the older adult population. *International Journal of Obesity* 29:1385-1391, 2005.
- LIVINGSTON EH and CY KO. Use of the Health and Activities Limitation Index as a measure of quality of life in obesity. *Obesity Research* 10:824-832, 2002.
- LOPEZ-GARCIA E, JR BANEGAS, JL GUTIERREZ-FISAC, AG PEREZ-REGADERA, L DIEZ-GANAN and F RODRIGUEZ-ARTALEJO. Relation between body weight and health-related quality of life among the elderly in Spain. *International Journal of Obesity* 27:701-709, 2003.
- MATHIAS SD, CL WILLIAMSON, HH COLWELL, MG CISTERNAS, DJ PASTA, BS STOLSHEK and DL PATRICK. Assessing health-related quality of life and health state preference in persons with obesity: A validation study. *Quality of Life Research* 6:311-322, 1997.
- MARTINEZ JA, JM KEARNEY, A KAFATOS, S PAQUET, and MA MARTINEZ-GONZALEZ. Variables independently associated with self-reported obesity in the European Union. *Public Health Nutrition* 2:125-133, 1999.
- MOKDAD AH, BA BOWMAN, ES FORD, F VINICOR, JS MARKS and JP KOPLAN. The continuing epidemics of obesity and diabetes in the United States. *Journal of the American Medical Association* 286:1195-1200, 2001.
- MOONEY A. Quality of life: Questionnaires and questions. *Journal of Health Communication* 11:327-341, 2006.
- MOREAU M, F VALENTE, R MAK, E PELFRENE, P SMET, G BACKER and M KORNITZER. Obesity, body fat distribution and incidence of sick leave in the Belgian workforce: The Belstress study. *International Journal of Obesity* 28:574-582, 2004.
- ONYIKE CU, RM CRUM, HB LEE, CG LYKETSOS and WW EATON. Is obesity associated with major depression? Results from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *American Journal of Epidemiology* 158:1139-1147, 2003.
- PANAGIOTAKOS DB, C PITSAVOS, C CHRYSOHOOU, G RISVAS, MD KONTOGIANNI, A ZAMPELAS and C STEFANADIS. Epidemiology of overweight and obesity in a Greek adult population: The Attica study. *Obesity Research* 12:1914-1920, 2004.
- PAPADOPOULOS AA, N KONTODIMOPOULOS, A FRYDAS, E IKONOMAKIS and D NIAKAS. Predictors of health-related quality of life in type II diabetic patients in Greece. *BioMed Central Public Health (Electronic version)* 7, 2007.
- PAPPA E, N KONTODIMOPOULOS and D NIAKAS. Validating and norming of the Greek SF-36 Health Survey. *Quality of Life Research* 14:1433-1438, 2005.
- PAPPA E, N KONTODIMOPOULOS, AA PAPADOPOULOS and D. NIAKAS. Assessing the socio-economic and demographic impact on health-related quality of life: Evidence from Greece. *International Journal of Public Health* 54:1-9, 2009.
- PAPPA E and D NIAKAS. Assessment of health care needs and utilization in a mixed public-private system: The case of the Athens area. *Health Services Research (Electronic version)* 6, 2006.
- SACH TH, GR BARTON, M DOHERTY, KR MUIR, C JENKINSON and AJ AVERY. The relationship between body mass index and health-related quality of life: Comparing the EQ-5D, EuroQol VAS and SF-6D. *International Journal of Obesity* 31:189-196, 2007.
- SARAC F, S PARYLDAR, E DUMAN, F SAYGYLY, M TUZUN and C YYLMAZ. Quality of life for obese women and men in Turkey. *Preventing Chronic Disease (Electronic version)* 4, 2007.
- SERRANO-AGUILAR P, SR MUNOZ-NAVARRO, Y RAMALLO-FARINA, and MM TRUJILLO-MARTIN. Obesity and health related quality of life in the general adult population of the Canary Islands. *Quality of Life Research* 18:171-177, 2009.
- SEYMOUR DG, JM STARR, HC FOX, HA LEMMON, IJ DEARY, GJ PRESCOTT and LJ WHALLEY. Quality of life and its correlates in octogenarians. Use of the SEIQoL-DW in wave 5 of the Aberdeen birth cohort 1921 study (ABC1921). *Quality of Life Research* 17:11-20, 2008.
- SURTEES PG, NWJ WAINWRIGHT and KT KHAW. Obesity, confidant support and functional health: Cross-sectional evidence from the EPIC-Norfolk cohort. *International Journal of Obesity* 28:748-758, 2004.
- TSAI WL, CY YANG, SF LIN and FM FANG. Impact of obesity on medical problems and quality of life in Taiwan. *American Journal of Epidemiology* 160:557-565, 2004.
- VENTEGODT S, J MERRICK and NJ ANDERSEN. Quality of life theory 1. The IQOL theory: An integrative theory of the global quality of life concept. *The Scientific World Journal* 3:1030-1040, 2003.
- VILLAREAL DT, M BANKS, C SIENER, DR SINACORE and S KLEIN. Physical frailty and body composition in obese elderly men and women. *Obesity Research* 12: 913-920, 2004.
- WADDEN TA and S PHELAN. Assessment of quality of life in obese individuals. Review. *Obesity Research* 10:50-57, 2002.
- WHITE MA, PM O'NEIL, RL KOLOTKIN and TK BYRNE. Gender, race and obesity-related quality of life at extreme levels of obesity. *Obesity Research* 12:949-955, 2004.
- WILSON IB and PD CLEARY. Linking clinical variables with health-related quality of life. *The Journal of the American Medical Association* 273:59-65, 1995.
- WOOD-DAUPHINEE S. Assessing quality of life in clinical research: From where have we come and where are we going. *Journal of Clinical Epidemiology* 52:355-363, 1999.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health promotion glossary. Switzerland: Geneva (Electronic version), 1998.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Concepts and methods of community-based initiatives*. Switzerland: Geneva (Electronic version), 2003.
- YAN LL, ML DAVIGLUS, K LIU, A PIRZADA, DB GARSIDE, L SCHIFFER, AR DYER and P. GREENLAND. BMI and health-related quality of life in adults 65 years and older. *Obesity Research* 12:69-76, 2004.
- YANCY WS, MK OLSEN, EC WESTMAN, HB BOSWORTH and D. EDELMAN. Relationship between obesity and health-related quality of life in men. *Obesity Research* 10:1057-1064, 2002.
- ZWAAN M, JE MITCHELL, LM HOWELL, N MONSON, L SWAN-KREMEIER, JL ROERIG, RL KOLOTKIN and RD CROSBY. Two measures of health-related quality of life in morbid obesity. *Obesity Research* 10:1143-1151, 2002.

Αρθρική γωνιακή θέση και σχέση μεταξύ ρυθμού ανάπτυξης δύναμης και μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου

Ελισάβετ Ρουσάνογλου¹ και Κωσταντίνος Μπουντόλος²

^{1,2} Τομέας Αθλητιατρικής & Βιολογίας της Άσκησης, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

ΡΟΥΣΑΝΟΓΛΟΥ Ε. και ΜΠΟΥΝΤΟΛΟΣ Κ. Αρθρική γωνιακή θέση και σχέση μεταξύ ρυθμού ανάπτυξης δύναμης και μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου. *Κινησιολογία*, Τομ. 5, Τεύχος 2, Σελ. 101-105. Η μέγιστη παραγόμενη δύναμη και ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (ΡΑΔ) αποτελούν σημαντικά στοιχεία μελέτης του ανθρώπινου κινητικού μηχανισμού. Όμως, η μεταξύ τους σχέση εμφανίζει αντικρουόμενα αποτελέσματα, άλλοτε με σημαντικότητα της σχέσης αυτής και άλλοτε με μη σημαντικές αυξήσεις του ΡΑΔ παρά την αύξηση της μέγιστης δύναμης. Η τάση για μετατόπιση της μικρο-δυναμικής καμπύλης προς τις αρθρικές γωνιακές θέσεις (ΓΘ) όπου παρατηρείται η συστηματική φόρτιση σε μια αθλητική δραστηριότητα οδηγούν στην υπόθεση ότι η σχέση μεταξύ ΡΑΔ και μέγιστης δύναμης μπορεί να επηρεάζεται από τη ΓΘ αξιολόγηση της μυϊκής λειτουργίας. Συνεπώς, η μη εξειδικευμένη, ως προς την συγκεκριμένη αθλητική δράση επιλογή της ΓΘ αξιολόγηση της μυϊκής λειτουργίας ενδεχομένως να οδηγήσει σε μη ασφαλή αποτελέσματα. Σκοπός της μελέτης ήταν να εξεταστεί ο ρόλος της ΓΘ στη σχέση μεταξύ ΡΑΔ και της μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου. Σε 20 νεαρές αθλήτριες αλμάτων του κλασσικού αθλητισμού και σε 20 νεαρά μη αθλούμενα κορίτσια αντίστοιχης ηλικίας, μετρήθηκε η ισομετρική δύναμη (ΡΔΙΣΟΜ) των εκτεινόντων του γονάτου (Cybex II+) στις ΓΘ των 10°, 60° και 90° (πλήρης έκταση = 0°, μέγιστη προσπάθεια 2 s, διάλειμμα 2, τυχαίοποιημένη σειρά). Η ανάλυση με MatLab 6 αφορούσε στην τιμή της ΡΔΙΣΟΜ στις χρονικές στιγμές: 25, 50, 75, ..., 250, 275 και 300 ms από την έναρξη της συστολής, τη μέγιστη τιμή ΡΔΙΣΟΜ (ΡΔΜΑΧ) και τον υπολογισμό του ΡΑΔ (Nm/s) για κάθε χρονικό διάστημα. Ξεχωριστά για κάθε γωνιακή θέση υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ ΡΑΔ και ΡΔΜΑΧ, ενώ ακολούθησε σύγκριση των συντελεστών συσχέτισης και προσαρμογή αυτών σε γραμμική εξίσωση (SPSS 13.0). Οι σχέσεις μεταξύ ΡΑΔ και ΡΔΜΑΧ εμφάνισαν σημαντικούς συντελεστές συσχέτισης ($p=0.001$) για όλα τα χρονικά διαστήματα και σε όλες τις ΓΘ, χωρίς όμως να παρατηρηθεί σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών, όσο και μεταξύ ΓΘ. Βρέθηκε συστηματική και σημαντική ($p=0.000$) γραμμική εξασθένηση των συντελεστών συσχέτισης με τη μείωση του χρόνου της μυϊκής συστολής. Η μεγαλύτερη τάση εξασθένησης (μεγαλύτερος συντελεστής κλίσης) εντοπίστηκε στις αθλήτριες και στη ΓΘ των 10° (θέση μέγιστης φόρτισης των εκτεινόντων του γονάτου) με σχεδόν διπλάσιο συντελεστή κλίσης συγκριτικά με τις ΓΘ των 60° και των 90°. Για να υπάρχουν ασφαλή αποτελέσματα σε αξιολογήσεις της μυϊκής λειτουργίας αθλητών, σε ό,τι αφορά τη σχέση μεταξύ ΡΑΔ και ΡΔΜΑΧ, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν τόσο το χρονικό διάστημα ανάπτυξης της δύναμης όσο και η ΓΘ που ορίζει τη συστηματική μέγιστη φόρτιση για την εκάστοτε αθλητική δραστηριότητα.

Λέξεις κλειδιά: ΝΕΑΡΕΣ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ, ΙΣΟΜΕΤΡΙΚΗ ΡΟΠΗ, ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ, ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ, ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Οι διάφορες εκφάνσεις παραγωγής της μυϊκής δύναμης αποτελούν αντικείμενο μελέτης τόσο προς την κατεύθυνση θεωρητικής ενίσχυσης της μυϊκής λειτουργίας, όσο και προς την αξιολογική προσέγγιση της αθλητικής απόδοσης. Ως εκρηκτική δύναμη ορίζεται η ικανότητα για γρήγορη ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης (υψηλός ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης) (Aagaard et al, 2002). Σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες (π.χ. δρόμος ταχύτητας, κατακόρυφο άλμα) ο κρίσιμος χρόνος που διατίθεται για την ανάπτυξη της απαιτούμενης δύναμης είναι περιορισμένος και κυμαίνεται μεταξύ 50-250ms. Αυτό έχει ως συνέπεια η ανάπτυξη υψηλού μεγέθους δύναμης στην αρχική χρονική φάση της μυϊκής συστολής να είναι

καθοριστικής σημασίας για την επιτυχή αθλητική εκτέλεση, καθώς για την επίτευξη της μέγιστης δύναμης απαιτείται χρόνος αρκετά μεγαλύτερος (>500ms) (Narici et al 1996, Thorstensson et al, 1976) από τον διαθέσιμο χρόνο στις αθλητικές δράσεις εκρηκτικού χαρακτήρα. Οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί με σκοπό να ελέγξουν τη σχέση μεταξύ εκρηκτικής εκδήλωσης της δύναμης και της μέγιστης δύναμης δίνουν αντικρουόμενα αποτελέσματα, σε άλλες περιπτώσεις με σημαντικότητα της σχέσης αυτής (Aagaard et al 2002, Bell et al 1989, Driss et al 2002, Hakkinen et al 1985, Jensen et al 1996, Mirkov et al 2004, Narici et al 1996, Stone et al 2003, Thorstensson et al 1976) αλλά και μη σημαντικές αυξήσεις του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης παρά την αύξηση της μέγιστης δύναμης (Hakkinen et al 1985, 1998). Με βάση τις μελέτες αυτές πιθανολογείται πως το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο υπολογίζεται ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης μπορεί να καθορίζει τη σημαντικότητα αυτής της σχέσης. Μια τέτοια μελέτη αναφορικά με τη ση-

Συγγραφέας επικοινωνίας
ΡΟΥΣΑΝΟΓΛΟΥ Ε. erousan@phed.uoa.gr

μασία του χρονικού διαστήματος υπολογισμού του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης στη σχέση αυτού με τη μέγιστη μυϊκή δύναμη κατέληξε πως στην πολύ αρχική φάση της συστολής (<50 ms) ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης εμφάνισε μέτρια σχέση με τη μέγιστη δύναμη (Andersen and Aagaard 2006). Η μέγιστη δύναμη όμως βρέθηκε να εξηγεί περίπου το 80% της συνολικής διασποράς της ανάπτυξης της δύναμης στη συνέχεια της συστολής (150–250 ms).

Λαμβάνοντας υπ' όψη τη μικρο-δυναμική ιδιότητα της μυϊκής λειτουργίας, η ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης παρατηρείται σε ορισμένη γωνιακή θέση μέσα στο αρθρικό εύρος κίνησης (βέλτιστη γωνιακή θέση). Κατά την εκτέλεση μιας αθλητικής δράσης, η βέλτιστη αυτή γωνιακή θέση ενδεχομένως να μην ταυτίζεται με την απαιτούμενη αρθρική τοποθέτηση στην οποία η υψηλή εκρηκτική δύναμη θα έπαιζε σημαντικό ρόλο. Προς αυτή την κατεύθυνση προτείνεται η αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης να γίνεται σε αρθρικές γωνίες αντίστοιχες με αυτές στις οποίες απαιτείται η παραγωγή υψηλής δύναμης σε μια ορισμένη αθλητική δραστηριότητα (Murphy et al 1995, Marcora et al 2000) έτσι ώστε να αποφεύγονται εσφαλμένα συμπεράσματα κατά την αθλητική αξιολόγηση. Αντίστοιχες μελέτες έχουν δείξει υψηλότερες σχέσεις όταν η αρθρική γωνία αξιολόγησης της δύναμης ήταν αντίστοιχη με την κρίσιμη αρθρική γωνία για συγκεκριμένη αθλητική δραστηριότητα (Marcora et al 2000, Murphy et al 1995, Rousanoglou et al 2009). Ενδιαφέρον προκαλούν οι ενδείξεις που φέρουν την αλλαγή της μικρο-δυναμικής καμπύλης με μετατόπιση της βέλτιστης γωνιακής θέσης προς εκείνη όπου παρατηρείται η συστηματική μέγιστη φόρτιση στην εξεταζόμενη αθλητική δραστηριότητα (Herzog et al 1991). Η προσαρμογή αυτή οδηγεί στη λογική υπόθεση ότι η σχέση μεταξύ της δύναμης που αναπτύσσεται στην αρχική φάση της μυϊκής συστολής και της μέγιστης παραγόμενης δύναμης μπορεί να επηρεάζεται από τη γωνιακή θέση μέτρησης της μυϊκής δύναμης. Η επίδραση αυτή ενδέχεται να διαφοροποιείται σε περιπτώσεις όπου η συστηματική μυϊκή φόρτιση σε κρίσιμες φάσεις εκτέλεσης μιας αθλητικής δράσης παρατηρείται σε διακριτές διαφορετικές γωνιακές θέσεις μέσα στο εύρος κίνησης της άρθρωσης. Η μη εξειδικευμένη ως προς την συγκεκριμένη αθλητική δράση επιλογή της γωνιακής θέσης για την αξιολόγηση της μυϊκής λειτουργίας ενδεχομένως να οδηγήσει σε μη ασφαλή αποτελέσματα κατά την αθλητική αξιολόγηση (Murphy et al 1995, Rousanoglou and Boudolos 2009).

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξεταστεί ο ρόλος της αρθρικής γωνιακής θέσης στη σχέση μεταξύ της δύναμης κατά την αρχική φάση της μυϊκής συστολής και της μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου σε αθλήτριες και μη αθλήτριες.

Μέθοδος και Διαδικασία

Δείγμα. Είκοσι (20) νεαρές αθλήτριες αλμάτων του κλασικού αθλητισμού που διέθεταν υψηλή αγωνιστική κατάρτιση, καθώς και 20 νεαρά μη αθλούμενα κορίτσια αντίστοι-

Πίνακας 1. Μέση τιμή (τυπική απόκλιση) των χαρακτηριστικών του δείγματος.

	Αθλήτριες (n=20)	Μη αθλήτριες (n=20)
Ηλικία (έτη)	16.9 (1.8)	16.7 (2.2)
Ανάστημα (εκ)	168.7 (5.8)	161.0 (5.1)
Μάζα (κιλά)	58.0 (5.7)	54.7 (5.8)

χης ηλικίας, συμμετείχαν στη μελέτη. Τα χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι αθλήτριες, μετά από τη σχετική έγγραφη αλλά και προφορική ενημέρωση, υπέγραψαν έγγραφη δήλωση συγκατάθεσης, προκειμένου να συμμετάσχουν στη μελέτη, ενώ ακολουθήθηκε με κάθε επιμέλεια η ερευνητική – ηθική δεοντολογία του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Στην περίπτωση που η συμμετέχουσα ήταν ανήλικη, ζητήθηκε και η έγγραφη συγκατάθεση του γονέα/κηδεμόνα αυτής. Στις νεαρές αθλήτριες, με χρονολογική ηλικία μικρότερη των 16 ετών προηγήθηκε έλεγχος της σκελετικής ηλικίας με ακτινογραφία της άκρας χειρός. Από την ανάλυση δε προέκυψαν διαφορές μεταξύ σκελετικής και χρονολογικής ηλικίας.

Διαδικασία Μετρήσεων. Η ΡΔΙΣΟΜ των εκτεινόντων μυών στο γόνατο, μετρήθηκε στο κυρίαρχο κάτω άκρο, με το ισοκίνητικό δυναμόμετρο Cybex II+, σε τρεις διακριτές γωνιακές θέσεις του γονάτου στις 10° κάμψης (εκτεταμένη θέση), στις 60° κάμψης (βέλτιστη γωνιακή θέση) και στις 90° κάμψης (κεκαμμένη θέση). Η πλήρης έκταση του γονάτου ορίσθηκε ως 0°. Η κάθε δοκιμαζόμενη καταλάμβανε την καθιστική θέση στο δυναμόμετρο, με την άρθρωση του ισχίου σε γωνιακή θέση 100° ως προς τη θέση του κορμού. Η μέτρηση γινόταν σε κάθε μία από τις 3 γωνιακές θέσεις και η δοκιμαζόμενη εκτελούσε μέγιστη προσπάθεια ισομετρικής έκτασης, χρονικής διάρκειας δύο δευτερολέπτων (2 s) και με διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ των επαναλήψεων (Herzog et al, 1991). Η σειρά των γωνιακών θέσεων ήταν τυχαιοποιημένη για κάθε αθλήτρια. Στη διάρκεια της μέτρησης γινόταν συστηματικός έλεγχος, που αφορούσε τυχόν μεταπτώσεις της παραγόμενης δύναμης, τόσο κατά τη φάση ανάπτυξης της δύναμης, όσο και κατά τη φάση σταθεροποίησης της ισομετρικής καμπύλης. Εάν η ισομετρική καμπύλη δύναμης, για κάθε ξεχωριστή προσπάθεια, εμφάνιζε διαστήματα πτώσης στη φάση ανάπτυξης και πριν το χρονικό σημείο έναρξης της σταθεροποίησης της μέγιστης τιμής, η προσπάθεια επαναλαμβανόταν.

Να σημειωθεί πως η διαδικασία εξοικείωσης είχε ως στόχο να γίνει η καλύτερη δυνατή κατανόηση της εκτέλεσης της ισομετρικής προσπάθειας, με ιδιαίτερη έμφαση στην επιθυμητή «ταχύτατη» ανάπτυξη της παραγόμενης δύναμης. Η εξετάστρια αναπαριστούσε σε πίνακα και επιδείκνυε γραφικά την καμπύλη της ΡΔΙΣΟΜ, με σημεία αναφοράς τη γρήγορη ανάπτυξη στο μέγιστο μέγεθος, τη διατήρηση αυ-

τού του μεγέθους και την παύση της μυϊκής συστολής, μόλις θα ακουγόταν το παράγγελα «ΣΤΟΠ». Επισημαίνονταν τα πιθανά λάθη, που θα οδηγούσαν σε ακύρωση της προσπάθειας και τονίζονταν με ακρίβεια τα ίδια παραγγέλματα για την εκτέλεση της προσπάθειας: ΕΤΟΙΜΗ- ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΟΥ ΣΤΟ ΠΟΔΙ ΣΟΥ – ΠΑΜΕ - ΣΤΟΠ. Ιδιαίτερη έμφαση δινόταν στη «ταχύτατη» ανάπτυξη της δύναμης, καθώς η βάση και η σημαντικότητα της ανάλυσης της καμπύλης εστιάζονταν κυρίως στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (Sahaly et al, 2001). Η διαδικασία μέτρησης ξεκινούσε μόνον εφ' όσον υπήρχε η βεβαιότητα ότι η δοκιμαζόμενη είχε κατανοήσει πλήρως το σκοπό που εξυπηρετούσε αυτή η δοκιμασία.

Η ανάλυση των δεδομένων της ΡΔΙΣΟΜ έγινε με χρήση του λογισμικού προγράμματος MatLab 6®, Student Version. Τα μεγέθη που εξήχθησαν από την ισομετρική καμπύλη ήταν η τιμή ΡΔ (Nm) στην αρχική φάση της μυϊκής συστολής ανά 25ms από την έναρξη της μυϊκής συστολής έως τα 300ms (χρονικές στιγμές: 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 και 300ms) και η μέγιστη τιμή της ΡΔ (ΡΔ-MAX) (Nm). Υπολογίσθηκε ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (ΡΑΔ) στα επιλεγμένα αρχικά χρονικά διαστήματα μετά την έναρξη της μυϊκής συστολής διαιρώντας την εκάστοτε τιμή της ΡΔ δια του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος και εκφράσθηκε σε Nm/s. Ως έναρξη της μυϊκής συστολής ορίσθηκε το πρώτο χρονικό σημείο που η καμπύλη της ΡΔ υπερέβαινε τη γραμμή ηρεμίας (ΡΔΗΡΕΜ) κατά 2% της διαφοράς ΡΔ-MAX-ΡΔΗΡΕΜ (Aagaard et al 2002, De Ruyter et al 2004).

Στατιστική Ανάλυση. Η στατιστική επεξεργασία έγινε με χρήση του συντελεστή Pearson (r) για τη διμεταβλητή ανάλυση γραμμικής συσχέτισης μεταξύ ΡΑΔ και ΡΔ-MAX, σε κάθε επιλεγμένο χρονικό διάστημα της αρχικής φάσης της μυϊκής συστολής και ξεχωριστά για κάθε γωνιακή θέση. Για τη σύγκριση των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ γωνιακών θέσεων εφαρμόσθηκε το στατιστικό κριτήριο z και το λογισμικό πρόγραμμα Med Calc, Version 8.1.1.0. Ξεχωριστά για κάθε γωνιακή θέση, ακολούθησε προσαρμογή των συντελεστών συσχέτισης σε γραμμική εξίσωση ($y = ax + b$, όπου $y =$ ο συντελεστής συσχέτισης και $x =$ το χρονικό διάστημα

συστολής), προκειμένου να οριστεί η σημαντικότητα της μεταβολής αυτών με τη μείωση του χρονικού διαστήματος συστολής. Για τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα SPSS 13.0. εκτός εάν σημειώνεται διαφορετικά. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίσθηκε σε $p < 0.05$.

Αποτελέσματα

Η σχέση μεταξύ ΡΑΔ και ΡΔ-MAX εμφάνισε σημαντικούς συντελεστές συσχέτισης ($p = 0.001$), για όλα τα επιλεγμένα χρονικά διαστήματα και σε όλες τις γωνιακές θέσεις, χωρίς όμως να παρατηρηθεί σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών, όσο και μεταξύ γωνιακών θέσεων (Σχήμα 1). Βρέθηκε συστηματική και σημαντική ($p = 0.000$) η γραμμική εξασθένηση των συντελεστών συσχέτισης με τη μείωση του χρόνου συστολής (Πίνακας 2). Η μεγαλύτερη τάση εξασθένησης (μεγαλύτερος συντελεστής κλίσης) εντοπίστηκε στις αθλήτριες και στη γωνιακή θέση των 10° με σχεδόν διπλάσιο συντελεστή κλίσης συγκριτικά με τις γωνιακές θέσεις των 60° και των 90° (Πίνακας 2).

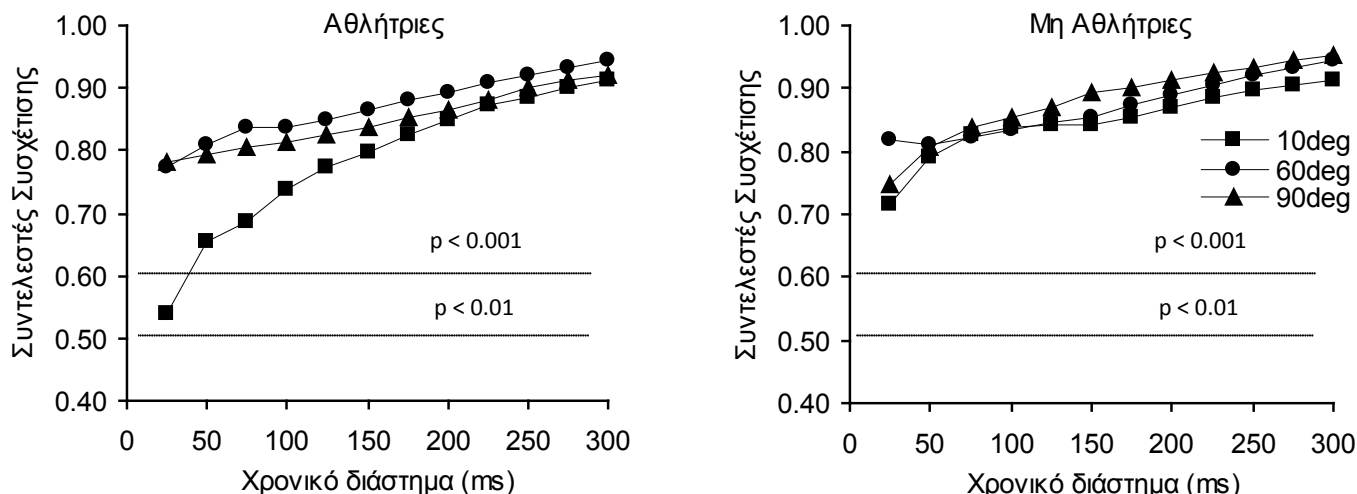
Συζήτηση

Το βασικό εύρημα της παρούσας μελέτης είναι ότι η αρθρική γωνιακή θέση του γονάτου φαίνεται να επηρεάζει τη σχέση μεταξύ του ΡΑΔ και ΡΔ-MAX μόνον στις αθλήτριες και ειδικά στην εκτεταμένη γωνιακή θέση των 10° . Η επίδραση αυτή σημειώνεται με τη σχεδόν διπλάσια εξασθένηση των συντελεστών συσχέτισης με τη μείωση του χρονικού διαστήματος συστολής για τη γωνιακή θέση των 10° , συγκριτικά με τις γωνιακές θέσεις μεγαλύτερης κάμψης όπως είναι αυτές των 60° και 90° .

Οι υψηλοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ ΡΑΔ και ΡΔ-MAX συμφωνούν με αποτελέσματα προηγούμενων μελετών. Ειδικότερα, η μυϊκή ισχύς (Bell et al 1989, Jensen et al 1996, Stone et al 2003), όπως και ο ρυθμός ανάπτυξης της ισομετρικής δύναμης (Driss et al 2002, Mirkov et al, 2004) έχουν εμφανίσει μέτριες με τάση προς ισχυρές σχέσεις με

Πίνακας 2. Στατιστικά της προσαρμογής σε γραμμική συνάρτηση των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ του ΡΑΔ σε επιλεγμένα χρονικά διαστήματα κατά την αρχική φάση της μυϊκής συστολής (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 και 300ms) και της μέγιστης ροπής, για κάθε γωνιακή θέση (10° , 60° και 90°) στις αθλήτριες και στις μη αθλήτριες.

Ομάδα	ΓΘ	a (κλίση)	b (σταθερά)	p	R ²
Αθλήτριες	10°	.0012	.59	.000	.91
	60°	.0006	.78	.000	.98
	90°	.0005	.76	.000	.99
Μη Αθλήτριες	10°	.0006	.76	.000	.85
	60°	.0005	.79	.000	.98
	90°	.0007	.78	.000	.92



Σχήμα 1. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ PAF και PAFMAX για τα αρχικά χρονικά διαστήματα μυϊκής συστολής των 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 και 300ms από την έναρξη της μυϊκής συστολής στις γωνιακές θέσεις των 10 μοιρών (τετράγωνο), των 60 μοιρών (κύκλος) και των 90 μοιρών (τρίγωνο). Οι διακεκομμένες γραμμές δηλώνουν τα αντίστοιχα επίπεδα σημαντικότητας.

τη μέγιστη τιμή της δύναμης. Το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο υπολογίζεται η ροπή δύναμης στην αρχική φάση της μυϊκής συστολής δεν φαίνεται να επηρεάζει το βαθμό συσχέτισης, με εξαίρεση τη γωνιακή θέση των 10° και ειδικά στις αθλήτριες. Το εύρημα αυτό φαίνεται να μην συμφωνεί με τη μελέτη των Andersen και Aagaard (2006) για μη αθλούμενους άνδρες (23±3 ετών, 181±7 cm, 75.7±7.9 kg, γωνιακή θέση 90° κάμψης), όπου παρατηρήθηκε μέτρια συσχέτιση για τα πολύ αρχικά χρονικά διαστήματα της μυϊκής συστολής (<150ms) και η οποία αποδόθηκε περισσότερο στις εγγενείς συσταλτές ιδιότητες του μυός, παρά στην ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης. Μεταξύ των παραμέτρων που ενδεχομένως μπορούν να επηρεάσουν το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης στην αρχική φάση της μυϊκής συστολής είναι η μέγιστη μυϊκή δύναμη (Schmidtbleicher 1992), καθώς και εγγενείς συσταλτές ιδιότητες του μυός (Andersen and Aagaard, 2006), όπως ο τύπος των μυϊκών ινών και η σύνθεση myosin heavy chain (MHC) composition (Harridge et al, 1996), η επιφάνεια της εγκάρσιας διατομής του μυός, (Aagaard and Thorstensson 2003), visco-elastic ιδιότητες του μυοτενόντιου συμπλέγματος (Bojsen-Moller et al, 2005) και η μυϊκή ώση προς το μυ (Aagaard et al, 2002). Στην παρούσα μελέτη οι παρατηρούμενοι υψηλότεροι συντελεστές συσχέτισης πιθανότατα μπορούν να δηλώνουν ότι, λόγω του νεαρού της ηλικίας των αθλητριών, το επίπεδο της μέγιστης δύναμης εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής διασποράς του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης ήδη από την έναρξη της μυϊκής συστολής και όχι οι εγγενείς συσταλτές ιδιότητες του μυός όπως αναφέρουν οι Andersen και Aagaard (2006).

Η γωνιακή θέση αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης φάνηκε να επηρεάζει τη σχέση μεταξύ PAF και της μέγιστης ροπής μόνο στις αθλήτριες και για την γωνιακή θέση των 10° κάμψης. Ειδικότερα, στις αθλήτριες είναι γνωστό πως λόγω της τεχνικής του δρομικού διασκελισμού και της κρίσιμης φάσης της ώθησης, η θέση αυτή προσομοιάζει στην

αρθρική τοποθέτηση του γονάτου, όπου απαιτείται μέγιστη και εκρηκτική ανάπτυξη δύναμης. Η σχεδόν διπλάσια κλίση στη γραμμική εξασθένιση των συντελεστών συσχέτισης με τη μείωση του αρχικού διαστήματος συστολής στη γωνιακή θέση των 10° μπορεί ενδεχομένως να αντανακλά σε παραμέτρους με τις οποίες συνοδεύεται η ταχεία και υψηλή εκδήλωση της δύναμης στη συγκεκριμένη αθλητική δράση. Σύμφωνα και με τα ευρήματα των Andersen και Aagaard (2006), στις 10ο συγκριτικά με τις αρθρικές γωνίες των 60° και 90° κάμψης, η εκρηκτική εκδήλωση της δύναμης των εκτεινόντων φαίνεται να εξαρτάται σε μικρότερο βαθμό από το επίπεδο της μέγιστης δύναμης και ίσως σε μεγαλύτερο βαθμό από εγγενείς συσταλτές ιδιότητες του μυός.

Φαίνεται πως η μη εξειδικευμένη (ορθολογιστική) επιλογή της αρθρικής γωνιακής θέσης στη συγκεκριμένη αθλητική δραστηριότητα, μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα σε περίπτωση που επιχειρείται η αξιολόγηση της ικανότητας της δύναμης. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι Murphy και συνεργάτες (1995) εξετάζοντας την επίδραση της γωνιακής θέσης του αγκώνα (60° και 120°) στη σχέση μεταξύ της δύναμης των καμπτήρων του αγκώνα και της επίδοσης σε άσκηση πίεσεων πάγκου κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πάνω από το 50% της διασποράς δεν ήταν κοινό και για τις δύο αρθρικές γωνιακές θέσεις. Παρομοίως, για την ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων του γονάτου, η παραγόμενη δύναμη στη βέλτιστη γωνιακή θέση βρέθηκε πως όχι μόνο εμφάνιζε διαφορετικές συσχετίσεις με την παραγόμενη δύναμη σε άλλες γωνιακές θέσεις του εύρους κίνησης, αλλά και ο βαθμός της συσχέτισης καθοριζόταν από την ηλικία, την αθλητική ειδικότητα, αλλά και την ενασχόληση ή μη με τον αθλητισμό (Rousanoglou and Boudolos, 2008). Τέλος, αναφέρονται υψηλότερες σχετικές τιμές μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης σε πιο εκτεταμένη θέση του γονάτου (30° κάμψης) συγκριτικά με γωνιακές θέσεις μεγαλύτερης κάμψης (60° και 90°) (De Ruiter et al, 2004). Με βάση και τα αποτελέσματα της παρούσας με-

λέτης, είναι φανερό πως η εξειδίκευση της αξιολόγησης της μυϊκής λειτουργίας όχι μόνο ως προς τη χρονική διάρκεια εκτέλεσης των κρίσιμων φάσεων της αθλητικής δραστηριότητας, αλλά και ως προς το συγκεκριμένο εύρος κίνησης που εκτελείται αυτή φαίνεται να χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. καθώς δεν υπάρχουν μελέτες που να τεκμηριώνεται ότι η αξιολόγηση σε μία συγκεκριμένη γωνιακή θέση και η παραγόμενη μέγιστη τιμή δίνει αντιπροσωπευτικές πληροφορίες για όλο το εύρος κίνησης. Αντιθέτως, υπάρχουν ενδείξεις για τη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων, λόγω αλλαγής της αρθρικής γωνιακής θέσης και της χρονικής δι-

άρκειας που παράγεται η δύναμη.

Συμπερασματικά, η αρθρική γωνιακή θέση παίζει σημαντικό ρόλο στη σχέση μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης σε αρχικές φάσεις της μυϊκής συστολής και της μέγιστης τιμής που παράγουν οι εκτείνοντες του γονάτου σε αθλητικές ειδικεύσεις όπου η γωνιακή θέση προσομοιάζει σε κρίσιμες φάσεις της τεχνικής εκτέλεσης των κινήσεων. Αυτό οδηγεί στην εκτίμηση πως για να υπάρχουν ασφαλή αποτελέσματα σε αξιολογήσεις μυϊκών ομάδων θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν τόσο η γωνιακή θέση όσο και ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σε αρχικούς χρόνους της μυϊκής λειτουργίας.

Βιβλιογραφία

- AAGAARD P, EB SIMONSEN, JL ANDERSEN, P MAGNUSSEN and P DYHRE-POULSEN. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 93:1318–1326, 2002.
- AAGAARD P and A THORSTENSSON. Neuromuscular aspects of exercise—adaptive responses evoked by strength training. In: *Textbook of sport medicine*. Kjær M, M Krosgaard, P Magnusson, L Engebretsen, H Roos, T Takala, and S L-Y Woo (eds). Blackwell, London, 2003, pp 70–106.
- ANDERSEN LL and P AAGAARD. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol* 96:46–52, 2006.
- BELL GJ, SR PETERSEN, HA QUINNEY and HA WENGER. The effect of velocity-specific strength training on peak torque and anaerobic rowing power. *J Sports Sci* 7:205–214, 1989.
- BOJSEN-MOLLER J, SP MAGNUSSEN, LR RASMUSSEN, M KJAER and P AAGAARD. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *J Appl Physiol* 99:986–994, 2005.
- De RUITER CJ, RD KOOISTRA, MI PAALMAN and A DE HAAN. Initial phase of maximal voluntary and electrically stimulated knee extension torque development at different knee angles *J Appl Physiol* 97:1693–1701, 2004.
- DRISS T, H VANDEWALLE, JM Le CHEVALIER and H MONOD. Force-velocity relationship on a cycle ergometer and knee-extensor strength indices. *Can J Appl Physiol* 27:250–262, 2002.
- HAKKINEN K, M ALEN and PV KOMI. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* 125:573–585, 1985.
- HAKKINEN K, RU NEWTON, SE GORDON, M MCCORMICK, JS VOLEK, BC NINDL, LA GOTSHALK, WW CAMPBELL, WJ EVANS, A HAKKINEN, BJ HUMPHRIES and WJ KRAEMER. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 53:B415–B423, 1998.
- HARRIDGE SD, R BOTTINELLI, M CANEPARI, MA PELLEGRINO, C REGGIANI, M ESBJORNSSON and B SALTIN. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. *Pflugers Arch* 432:913–920, 1996.
- HERZOG W, AC GUIMARAES, A C, ANTON, MG and KA CARTER-ERDMAN. Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters / cyclists and runners. *Med Sci Sports Exerc* 11:1289–1296, 1991.
- JENSEN RL, PS FREEDSON and J HAMILL. The prediction of power and efficiency during near-maximal rowing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 73:98–104, 1996.
- MARCORA S, and MK MILLER. The effect of knee angle on the external validity of isometric measures of lower body neuromuscular function. *J Sports Sci* 18:313–319, 2000.
- MIRKOV DM, A NEDELJKOVIC, S MILANOVIC and S JARIC. Muscle strength testing: evaluation of tests of explosive force production. *Eur J Appl Physiol* 91:147–154, 2004.
- MURPHY AJ, GJ WISLSON, JF PRYOR and RU NEWTON. Isometric assessment of muscular function: The effect of joint angle. *J Appl Biomech* 11:205–215, 1995.
- NARICI MV, H HOPPELER, B KAYSER, L LANDONI, H CLAASSEN, C GAVARDI, M CONTI and P CERRETELLI. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand* 157:175–186, 1996.
- ROUSANOGLU E and K BOUDOLOS. Angle Specificity of the Knee Extensor Age-Related Profile in Young Female Athletes. *Int J Sports Med* 29:66–69, 2008.
- ROUSANOGLU EN, G GEORGIADIS and K BOUDOLOS. Muscular Strength and Jumping Performance Relationships In Young Women Athletes. *J Strength Cond Res* 22:1375–1378, 2009.
- SAHALY R, H VANDEWALLE, T DRISS and H MONOD. Maximal voluntary force and rate of force development in humans—importance of instruction. *Eur J Appl Physiol* 85:345–350, 2001.
- SCHMIDTBLEICHER D. Training for power events. In: *Strength and power in sport*, Komi PV (eds). Blackwell, London, 1992, pp 381–395.
- STONE MH, K SANBORN, HS O'BRYANT, M HARTMAN, ME STONE, C PROULX, B WARD and J HRUBY. Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J Strength Cond Res* 17:739–745, 2003.
- THORSTENSSON A, J KARLSSON, JH VIITASALO, P LUHTANEN, and PV KOMI. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 98:232–236, 1976.



ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ
ΣΧΟΛΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΘΝΙΚΟΥ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΥ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ