

Κεφάλαιο 8

Μέτρηση και αξιολόγηση ταχύτητας

Γρηγόρης Μπογδάνης PhD, Χριστίνα Καρατζαφέρη PhD

8 Εισαγωγή

Η ταχύτητα και η ευκινησία, δηλαδή η ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης χωρίς απώλεια ταχύτητας ή ακρίβειας, αποτελούν φυσικές ικανότητες με καθοριστικό ρόλο για την επιτυχία ενός αθλητή σε ατομικά ή ομαδικά αθλήματα που εξαρτώνται από την αναερόβια ικανότητα. Εκτός από τα ατομικά αγωνίσματα που απαιτούν από τη φύση τους υψηλή ταχύτητα (δρόμοι μικρών αποστάσεων, άλματα, ρίψεις), η ταχύτητα αποτελεί σημαντική ικανότητα σε πολλά ομαδικά αθλήματα, όπως το ποδόσφαιρο, η καλαθοσφαίριση, η χειροσφαίριση κ.ά., καθώς και σε ατομικά αθλήματα όπως η αντισφαίριση. Πολλές επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει ότι η ταχύτητα και η ευκινησία παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή παικτών στο ποδόσφαιρο καθώς και στον χρόνο αγωνιστικής συμμετοχής στο μπάσκετ [1]. Σε πολλές ακαδημίες ποδοσφαίρου παγκοσμίου εμβέλειας (π.χ. AJAX), η ταχύτητα είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιλογή των νεαρών παικτών, αφού χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται τα ακρωνύμια SPIT (Speed, Personality, Insight, Technique) για την είσοδο ενός παίκτη στις ακαδημίες και TIPS για την παραμονή του, δηλώνοντας την πρωταρχική σημασία της ταχύτητας στην αρχική επιλογή των ταλέντων [2].

8.1 Προσδιοριστικές παράμετροι της ταχύτητας

Η ταχύτητα στον αθλητισμό μπορεί να οριστεί ως η ικανότητα του ατόμου να εκτελεί μια κίνηση ή να μετακινείται σε μια απόσταση στο συντομότερο δυνατό χρόνο. Η ταχύτητα συγκαταλέγεται στις έξι βασικές συνιστώσες που ορίζουν την ειδική φυσική κατάσταση που συνδέεται με την επιδεξιότητα (skill) των αθλητών (πίνακας 8.1 [3]). Οι έξι αυτές συνιστώσες, μαζί με τις πέντε συνιστώσες της φυσικής κατάστασης που συνδέονται και με την υγεία (καρδιοαναπνευστική αντοχή, μυϊκή δύναμη, μυϊκή αντοχή, ευλυγισία και σωματική σύσταση), συμπληρώνουν το προφίλ φυσικής κατάστασης κάθε αθλητή. Η ταχύτητα είναι σημαντική για την επιτυχία σε πολλά ατομικά και ομαδικά αθλήματα (π.χ. ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση).

Ταχύτητα (Speed): Η ικανότητα του ατόμου να εκτελεί μια κίνηση ή να μετακινείται σε μια απόσταση στο συντομότερο δυνατό χρόνο.

Ευκινησία (Agility): Η ικανότητα του ατόμου να μεταβάλλει τη θέση του σώματος στον χώρο με ταχύτητα και ακρίβεια.

Ισχύς [4]: Ο ρυθμός παραγωγής μυϊκού έργου.

Ισορροπία (Balance): Η διατήρηση της θέσης των μελών ή όλου του σώματος σε στατική θέση ή σε κίνηση.

Συντονισμός (Coordination): Η ικανότητα του ατόμου να χρησιμοποιεί τις αισθήσεις (π.χ. όραση, ακοή) και να ρυθμίζει τις κινήσεις του σώματος με ακρίβεια, ταχύτητα και ομαλότητα.

Χρόνος αντίδρασης (Reaction Time): Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ ενός ερεθίσματος (π.χ. οπτικού, ακουστικού) και της έναρξης της κίνησης-αντίδρασης σε αυτό.

Πίνακας 8.1 Συνιστώσες της ειδικής φυσικής κατάστασης που καθορίζουν την επιδεξιότητα (skill) των αθλητών [3].

Η ικανότητα της ταχύτητας περιλαμβάνει δύο κύριες μορφές κίνησης [5]:

- την κυκλική ταχύτητα, όταν μια κίνηση επαναλαμβάνεται με μέγιστη ταχύτητα, όπως γίνεται σε ένα σπριντ (τρέξιμο ή σε κυκλοεργόμετρο),
- την άκυκλη (acyclic) ταχύτητα ή ταχύτητα κίνησης, που γίνεται μια φορά με μέγιστη ταχύτητα και μηδενική ή πολύ μικρή εξωτερική αντίσταση.

Η έννοια της ταχύτητας μπορεί ακόμα να συμπεριλάβει και την ταχύτητα αντίδρασης, όπως για παράδειγμα γίνεται σε δρόμους με εκκίνηση μετά από οπτικό ή ακουστικό ερέθισμα [6]. Βέβαια, όταν αξιολογούμε την ταχύτητα είναι καλό να εξετάζουμε και να μετρούμε την κάθε «μορφή» της ξεχωριστά. Στην ικανότητα της ταχύτητας μπορούν επίσης να συμπεριληφθούν και σύνθετες μορφές της όπως [5]:

- η ταχυδύναμη ή ταχύτητα κίνησης με διαφορετικές εξωτερικές αντιστάσεις και
- η αντοχή στην ταχύτητα.

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν δοκιμασίες που αφορούν την κυκλική ταχύτητα είτε σε μορφή σπριντ σε ευθεία (δρόμοι 5-40 m) είτε με αλλαγή κατεύθυνσης καθώς και εργαστηριακές δοκιμασίες μέτρησης μέγιστης ταχύτητας, μέγιστης ισχύος και αναερόβιας ικανότητας σε κυκλοεργόμετρο.

Στο κυκλοεργόμετρο, η αξιολόγηση της ταχύτητας γίνεται με τη μέτρηση της συχνότητας ποδηλασίας, δηλαδή του αριθμού των περιστροφών των ποδιών στη μονάδα του χρόνου ή στην ταχύτητα του τροχού. Στη μέτρηση της ταχύτητας σε κυκλοεργόμετρο, η ταχύτητα εξαρτάται κυρίως από την αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό και βέβαια από την ικανότητα του ατόμου να κινεί τα πόδια του γρήγορα, ενώ το βάρος του σώματος δεν επηρεάζει τη μέτρηση. Όσο αφορά τη δρομική ταχύτητα, αυτή μπορεί να εκφραστεί ως το γινόμενο του μήκους διασκελισμού επί τη συχνότητα διασκελισμών [1, 5]:

$$\text{Δρομική ταχύτητα} = \text{συχνότητα} \times \text{διασκελισμών} \\ (\text{κύκλοι} / \text{δευτερόλεπτο}) \times \text{μήκος διασκελισμού (m)}$$

Για ένα αναλυτικό παράδειγμα της σημασίας του μήκους και της συχνότητας του διασκελισμού βλ. Κεφ. 12 (Περιπτώσιολογία).

8.1.1 Η ταχύτητα σε συνδυασμό με την ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης

Η ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης χωρίς απώλεια ταχύτητας ή ακρίβειας της κίνησης ορίζεται ως ευκινησία [1]. Σε πολλά ομαδικά αθλήματα, όπως το ποδόσφαιρο και η καλαθοσφαίριση, η ικανότητα να εκτελούνται απότομες αλλαγές κατεύθυνσης με μεγάλη ταχύτητα αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την ειδική φυσική κατάσταση του παίκτη [7, 8]. Μελέτες σε αθλητές ομαδικών αθλημάτων διάφορων ηλικιακών κατηγοριών έδειξαν ότι η ικανότητα αυτή εξαρτάται και από την ταχύτητα αλλά και από τη δύναμη (κυρίως την πλειομετρική) και την ισχύ των μυών των κάτω άκρων καθώς και από την ικανότητα νευρομυϊκού συντονισμού [7, 9]. Η μακροχρόνια προπόνηση δύναμης [8] καθώς και η εξειδικευμένη προπόνηση στο γήπεδο με κινήσεις αλλαγής κατεύθυνσης και αλματικές ασκήσεις, κυρίως σε οριζόντια και πλάγια και όχι τόσο σε κατακόρυφη κατεύθυνση [7, 9], μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ικανότητα αυτήν. Η ταχύτητα και η ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης σχετίζονται με την ικανότητα παραγωγής υψηλής ισχύος σε μεγάλες ταχύτητες κίνησης, που χαρακτηρίζουν τους γρήγορους αθλητές. Για τον λόγο αυτόν, παρατηρούνται πάντα συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης σε δοκιμασίες ταχύτητας (π.χ. 30 m σπριντ) και της αλτικής ικανότητας [10].

8.2 Χρησιμότητα αξιολόγησης της ταχύτητας

Στην εποχή μας υπάρχουν πλέον πολλές πηγές γνώσης που μπορούν να αξιοποιήσουν οι προπονητές, ώστε να βοηθηθούν στις διαδικασίες αξιολόγησης και επιλογής αθλητών, στη δόμηση της αποδοτικότερης/εξατομικευμένης προπόνησης, στον εντοπισμό αδυναμιών των αθλητών καθώς και

στη διαδικασία επανένταξης τους μετά από μεσοπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη αποχή από την προπόνηση λόγω τραυματισμού. Η μέτρηση της ταχύτητας χρησιμεύει κυρίως στην αξιολόγηση και επιλογή αθλητών καθώς και στη διαδικασία της παρακολούθησης της πορείας της προπονητικής διαδικασίας [11]. Φυσικά, η σπουδαιότητα της ταχύτητας καθώς και η μορφή της ταχύτητας που απαιτείται (π.χ. κυκλική ή μιας μεμονωμένης κίνησης) διαφοροποιείται ανάλογα με το άθλημα, το επίπεδο του αθλητή και τους στόχους του προπονητικού προγράμματος.

Η ταχύτητα είναι μια ικανότητα που μπορεί να βελτιωθεί σε σχετικά μικρό βαθμό με την προπόνηση, σε σύγκριση με άλλες ικανότητες, οπότε η ορθή μέτρηση και αξιολόγησή της είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την επιλογή αθλητικών ταλέντων. Παρόλα αυτά, η γνώση των προσδιοριστικών παραγόντων των διάφορων μορφών ταχύτητας επιτρέπει τον εντοπισμό στοιχείων που μπορούν να βελτιωθούν και να αυξήσουν την ταχύτητα. Για παράδειγμα, η αύξηση του μήκους του διασκελισμού, ο οποίος σε συνδυασμό με τη συχνότητα κίνησης καθορίζει τη δρομική ταχύτητα, μπορεί να επιφέρει σημαντική αύξηση στις ικανότητες της ταχύτητας ή/και της επιτάχυνσης. Έρευνες της τελευταίας δεκαετίας δείχνουν ότι υπάρχουν πολύ υψηλές συσχετίσεις ($r=-0.71$ έως -0.94) μεταξύ της μέγιστης δύναμης στο ημικάθισμα με μπάρα (half-squat) και στον χρόνο των 10 m, των 30 m και του κατακόρυφου άλματος [12], ενώ η αύξηση της μέγιστης δύναμης στο ημικάθισμα με μπάρα μέσω προπόνησης δύναμης με υψηλές επιβαρύνσεις (90% της μέγιστης δύναμης-1RM) που εκτελούνται με πρόθεση για γρήγορη κίνηση βελτιώνει σημαντικά την ικανότητα επιτάχυνσης (10 m), την ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης και την αντοχή στην ταχύτητα [13, 14]. Αυτά επιτυγχάνονται μέσω της βελτίωσης της μέγιστης δύναμης και της μυϊκής συναρμογής, χωρίς να μεταβάλλεται ουσιαστικά η σύσταση των μυϊκών ινών αλλά κυρίως η εγκάρσια επιφάνειά τους [15]. Συνεπώς, παρά το γεγονός ότι η ταχύτητα βελτιώνεται λίγο, κάποια συστατικά της (όπως η ικανότητα επιτάχυνσης) μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά με την κατάλληλη προπόνηση.

8.3 Κριτήρια επιλογής δοκιμασιών αξιολόγησης της ταχύτητας

Η επιλογή των δοκιμασιών ταχύτητας για έναν αθλητή θα πρέπει να βασίζεται σε στέρεες επιστημονικές γνώσεις καθώς και στη γνώση και κατανόηση των κινήσεων και απαιτήσεων του εκάστοτε αθλήματος. Στα πλαίσια αυτά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα [11]:

- **Οι μεταβολικές απαιτήσεις του αθλήματος.** Μία έγκυρη δοκιμασία θα πρέπει να προσομοιάζει τις μεταβολικές απαιτήσεις του αθλήματος. Για παράδειγμα, μία δοκιμασία αντοχής στην ταχύτητα για την καλαθοσφαίριση θα πρέπει να επιλεγεί λαμβάνοντας υπόψη τις αποστάσεις που καλύπτονται με σπριντ στο παιχνίδι καθώς και τα διαλείμματα που μεσολαβούν, ώστε να δώσει έγκυρες πληροφορίες για την ικανότητα του καλαθοσφαιριστή.
- **Η βιομηχανική του αθλήματος και γενικότερα οι κινήσεις που εκτελούνται στην προπόνηση και στον αγώνα.** Μία δοκιμασία ταχύτητας θα πρέπει να προσαρμόζεται στο άθλημα, ακόμα και στη θέση του παίκτη/αθλητή. Για παράδειγμα, ένας παίκτης της πετοσφαίρισης πρέπει να αξιολογηθεί στην ικανότητα επιτάχυνσης σε λίγα βήματα ή στην ταχύτητα κάποιων εξειδικευμένων κινήσεων, ενώ ένας παίκτης ποδοσφαίρου θα λάβει σημαντικές πληροφορίες από τα τεστ 5-10-20-30 και 40 m.

Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη η προπονητική εμπειρία και η παρούσα φυσική κατάσταση, ώστε να μην υπάρξει υπερβολική επιβάρυνση του αθλητή, καθώς και οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η μορφολογία του εδάφους (χόρτο, ταρτάν, παρκέ) αλλά και η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, που μπορεί να επηρεάσουν και να αλλοιώσουν σημαντικά τα αποτελέσματα.

Σημαντικό να τονιστεί στο σημείο αυτό είναι ότι, όταν γίνεται αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης αθλητών, όπου σε μία ημέρα πρέπει να μετρηθούν αρκετές φυσικές ικανότητες, οι δοκιμασίες ταχύτητας θα πρέπει να γίνονται στην αρχή, όταν ο αθλητής είναι ξεκούραστος, ενώ τελευταίες γίνονται οι δοκιμασίες που προκαλούν μεγάλη κόπωση (π.χ. μετρήσεις αντοχής στην ταχύτητα ή μέγιστες αερόβιες δοκιμασίες). Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται επίσης όταν πριν τις δοκιμασίες ταχύτητας γίνονται δοκιμασίες μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων (π.χ. ημικάθισμα) οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν το φαινόμενο της μυϊκής ενεργοποίησης και να αυξήσουν παροδικά την ταχύτητα [1, 16].

Τέλος, για την αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων μετρήσεων που γίνονται σε παιδιά και εφήβους είναι σημαντικό να λαμβάνεται πάντα υπόψη ο βαθμός της βιολογικής

ωρίμανσης, διότι η ικανότητα της ταχύτητας και ισχύος επηρεάζονται σημαντικά από τη βιολογική ηλικία του αθλητή [17]. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία-νόρμες για την αξιολόγηση των επιδόσεων σε δοκιμασίες ταχύτητας νεαρών αθλητών. Σπάνια είναι επίσης τα στοιχεία για αθλήτριες όλων των ηλικιών, γεγονός που δυσκολεύει την αξιολόγηση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων [18].

8.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα

8.4.1 Τύπος μυϊκών ινών

Ο τύπος των μυϊκών ινών παίζει καθοριστικό ρόλο στην ικανότητα της ταχύτητας είτε σε κυκλικές/επαναλαμβανόμενες κινήσεις, όπως ένα σπριντ, είτε σε μεμονωμένες γρήγορες κινήσεις. Η ταξινόμηση των μυϊκών ινών με βάση την έκφραση των ισομορφών των βαριών αλυσίδων της μυοσίνης (myosin heavy chain — MHC) βοηθά στην κατανόηση των διαφορετικών λειτουργικών χαρακτηριστικών που έχει ο κάθε μυϊκός τύπος, όπως δύναμη, ταχύτητα, ισχύς και αντίσταση στην κόπωση [19, 20]. Με βάση τις κύριες ισομορφές των MHC, μπορούμε να διαχωρίσουμε τις μυϊκές ίνες σε αργές (τύπου I) και γρήγορες (τύπου ΙΙΑ και ΙΙΧ). Αν και όλοι οι τύποι μυϊκών ινών έχουν παρόμοια δύναμη ανά μονάδα εγκάρσιας επιφάνειας (cm^2), διαφέρουν σημαντικά στη μέγιστη ταχύτητα σύσπασης (οι ίνες τύπου I είναι περίπου 4-5 φορές πιο αργές από τις ίνες τύπου ΙΙΧ) και συνεπώς στην ικανότητα παραγωγής ισχύος, αφού η ισχύς είναι το γινόμενο της δύναμης επί την ταχύτητα σύσπασης [21]. Επίσης, το μεταβολικό και ενζυμικό προφίλ των ινών τύπου ΙΙΧ υποστηρίζει περισσότερο τον αναερόβιο μεταβολισμό (υψηλή συγκέντρωση φωσφοκρεατίνης και δραστηριότητα γλυκολυτικών ενζύμων) [22], με συνέπεια τη μεγάλη παραγωγή γαλακτικού και ιόντων υδρογόνου, η οποία, σε συνδυασμό με τη χαμηλότερη πυκνότητα τριχοειδικού δικτύου και τη μικρότερη περιεκτικότητα σε μιτοχόνδρια, καθιστά τις ίνες αυτές πιο ευαίσθητες στην κόπωση σε σχέση με τις ίνες τύπου I. Ως αποτέλεσμα αυτού, άτομα που έχουν μυς με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ίνες τύπου I (π.χ. αθλητές αντοχής με 65% ίνες τύπου I [23]), είναι πιο αργοί, αλλά εμφανίζουν μεγαλύτερη αντίσταση στην κόπωση, σε σύγκριση με άτομα που έχουν περισσότερες ίνες τύπου ΙΙΑ και ΙΙΧ. Αντίθετα, αθλητές αγωνισμάτων ισχύος, οι οποίοι έχουν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό ινών ταχείας σύσπασης (περίπου 65% ίνες τύπου ΙΙΑ και ΙΙΧ), είναι πιο γρήγοροι και παράγουν υψηλότερη ισχύ, αλλά είναι πολύ πιο ευάλωτοι στη μυϊκή κόπωση [24].

Φυσικά, η ταχύτητα δεν εξαρτάται μόνο από τον τύπο των μυϊκών ινών αλλά και από την τεχνική τρεξίματος και γενικότερα από τον νευρομυϊκό συντονισμό, δηλαδή τον συγχρονισμό και την ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων στους εργαζόμενους μυς καθώς και τη μυϊκή συναρμογή [25, 26].

8.4.2 Ηλικία, φύλο

Είναι πλέον καλά τεκμηριωμένο ότι η ταχύτητα και η αναερόβια ικανότητα των παιδιών αυξάνεται με την ηλικία και είναι σημαντικά χαμηλότερη σε σύγκριση με αυτήν των ενηλίκων μέχρι την ηλικία των 20 ετών [17, 27]. Αυτό οφείλεται στη διαδικασία της βιολογικής ανάπτυξης και έχει διαφορετική επίδραση στα δύο φύλα, με τα κορίτσια να έχουν χαμηλότερες επιδόσεις σε σχέση με τα αγόρια στις ηλικίες από 12 ετών και πάνω. Στο διάστημα αυτό η ταχύτητα αυξάνεται σταδιακά και στα δύο φύλα, αρχικά με γρήγορο ρυθμό (στην ηλικία των 12-15 ετών) και στη συνέχεια με αργότερο ρυθμό [17]. Η αξιολόγηση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας παιδιών και εφήβων, μετρώντας τη μέγιστη ισχύ στο κυκλοεργόμετρο, δείχνει ότι στην ηλικία των 8 ετών η αναερόβια ισχύς είναι περίπου διπλάσια σε σχέση με την αερόβια ισχύ και στα αγόρια και στα κορίτσια. Στη συνέχεια παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση της αναερόβιας ισχύος σε σύγκριση με την αερόβια ισχύ όσο αυξάνεται η ηλικία, φτάνοντας να γίνεται τριπλάσια από την ηλικία των 14-15 ετών και μετά [17]. Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι τα παιδιά δεν μπορούν να αξιοποιήσουν πλήρως την αναερόβια γλυκόλυση ούτε να ενεργοποιήσουν πλήρως το νευρομυϊκό τους σύστημα πριν την εφηβεία (χαμηλή αναερόβια ικανότητα), ενώ έχουν μεγαλύτερο ποσοστό ινών βραδείας σύσπασης, γρηγορότερη κινητική οξυγόνου και υψηλή δραστηριότητα μιτοχονδριακών ενζύμων (καλή αερόβια ικανότητα) [17]. Η

αυξημένη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού, σε συνδυασμό με τη μικρότερη μεταβολική οξέωση και την αυξημένη ικανότητα ανασύνθεσης φωσφοκρεατίνης μεταξύ μέγιστων προσπάθειών [28], έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της μυϊκής κόπωσης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενης άσκησης με υψηλή ένταση σε σύγκριση με τους ενήλικες [29, 30]. Συνεπώς, η αξιολόγηση της ταχύτητας και της αντοχής στην ταχύτητα σε παιδιά θα πρέπει να γίνεται υπό το πρίσμα των παραπάνω δεδομένων. Λόγω του ότι η βιολογική ηλικία δεν συμβαδίζει πάντα με τη χρονολογική ηλικία κατά τη διάρκεια της εφηβείας, η αξιολόγηση της ταχύτητας και της αναερόβιας ισχύος και κόπωσης θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τη βιολογική και όχι τη χρονολογική ηλικία. Σημειώνεται ότι η έλλειψη εκτίμησης της φάσης βιολογικής ωρίμανσης ενός νεαρού αθλητή έχει οδηγήσει πολλές φορές σε λανθασμένη επιλογή αθλητικών ταλέντων και στην πρόωρη εγκατάλειψη της αθλητικής καριέρας.

8.4.3 Θερμοκρασία μυός

Η θερμοκρασία του μυός είναι καθοριστική για την έκφραση της ικανότητας της ταχύτητας [31]. Σε επίπεδο μυϊκής ίνας και η μέγιστη δύναμη αλλά κυρίως η ταχύτητα σύσπασης επηρεάζονται πολύ με την αύξηση της θερμοκρασίας [32]. Σε μια κλασική μελέτη, ο Sargeant (1987) [21] σύγκρινε τη μέγιστη ισχύ σε ισοκινητικό κυκλοεργόμετρο μετά από εμβύθιση των κάτω άκρων σε νερό θερμοκρασίας 12, 18 και 44°C για 45 min. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αλλάξει η θερμοκρασία του τετρακεφάλου από 36.6°C στη συνθήκη ελέγχου στους 29°C (εμβύθιση σε 12°C), 31.9°C (εμβύθιση σε 18°C) και 39.3°C (εμβύθιση σε 44°C). Η μέγιστη ισχύς μειώθηκε κατά 12 και 21% μετά από εμβύθιση σε κρύο νερό (18 και 12°C αντίστοιχα), ενώ αυξήθηκε κατά 11% μετά την εμβύθιση σε ζεστό νερό. Είναι αξιοσημείωτο ότι, όταν η μέτρηση της μέγιστης ισχύος γίνονταν με μεγάλη συχνότητα ποδηλασίας (140 rpm), τότε η επίδραση της θερμοκρασίας στην ισχύ έφτασε το 10% ανά βαθμό μεταβολής της θερμοκρασίας του μυός.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αναδεικνύουν τη μεγάλη σημασία της θερμοκρασίας του μυός για την απόδοση σε δοκιμασίες ταχύτητας και συνεπώς τονίζουν τη σημασία της καλής και πλήρους προθέρμανσης. Παρόμοια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για την επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών αξιολόγησης της ταχύτητας [31]. Έτσι, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή, θα πρέπει, εκτός από την καλή προθέρμανση, να συντηρείται η θερμοκρασία των μυών σε υψηλά επίπεδα με τη χρήση του κατάλληλου ιματισμού. Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία των μυών κατά τη διάρκεια μιας πλήρους προθέρμανσης αυξάνεται από τους 36 στους 39°C, ενώ μπορεί να ξεπεράσει τους 39.5°C μετά από 45 min ποδοσφαιρικού παιχνιδιού [33]. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες πυρήνα του σώματος είναι 37.2°C (ηρεμία), 38.2°C (προθέρμανση) και 38.9°C (ημίχρονο) [33]. Ένα σημαντικό εύρημα της εργασίας των Mohr και συν. (2004) ήταν ότι κατά τη διάρκεια της ανάπαυλας των 15 sec μεταξύ των ημιχρόνων η θερμοκρασία του τετρακεφάλου έπεσε κατά περίπου 2 βαθμούς (από 39.5 στους 37.4°C), με συνέπεια να μειωθεί κατά 2.4% η επίδοση στα σπριντ στην αρχή του δευτέρου ημιχρόνου. Η εφαρμογή μιας «επανα-προθέρμανσης» στο ημίχρονο είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του τετρακεφάλου και την εξάλειψη της μείωσης της απόδοσης στα σπριντ στις αρχές του δευτέρου ημιχρόνου, δείχνοντας τη σημασία της θερμοκρασίας του μυός στην απόδοση σε δρόμους ταχύτητας [33].

8.4.4 Ώρα της ημέρας — επίδραση του κιρκάδιου ρυθμού

Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η απόδοση σε δοκιμασίες ταχύτητας και ισχύος παρουσιάζει περιοδική μεταβολή μέσα στο 24ωρο [34, 35]. Έτσι, υψηλότερες επιδόσεις παρατηρούνται το απόγευμα (περίπου στις 18:00) και συνδέονται με τη διακύμανση της θερμοκρασίας του σώματος, η οποία κορυφώνεται στην ίδια περίοδο μαζί με την ταχύτητα και την ισχύ. Σε σύγκριση με την απόδοση νωρίς το πρωί, η ταχύτητα, η δύναμη και η ισχύς είναι 4-8% υψηλότερες το απόγευμα. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλότερη (29°C σε σύγκριση με 20°C), η διακύμανση της απόδοσης κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μικρότερη [36]. Επίσης, η μεγαλύτερη διάρκεια προθέρμανσης βελτιώνει την απόδοση κυρίως το πρωί, οπότε αυτό σημαίνει ότι, αν οι δοκιμασίες ταχύτητας και μέγιστης ισχύος γίνονται το πρωί, τότε η προθέρμανση

πρέπει να είναι πολύ καλή, ώστε να μειώνεται η επίδραση των κιρκάδιων ρυθμών [31]. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι η καλύτερη επίδοση σε δοκιμασίες ταχύτητας επιτυγχάνεται το απόγευμα ή νωρίς το βράδυ και η χαμηλότερη το πρωί. Παρόλα αυτά, δεν θα πρέπει να αγνοηθούν τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης [37] όπου φαίνεται ότι η συστηματική προπόνηση το πρωί μπορεί να εξαλείψει τη διακύμανση της απόδοσης λόγω του κιρκάδιου ρυθμού και να έχει ως αποτέλεσμα καλύτερες επιδόσεις το πρωί. Αντίθετα, η συστηματική προπόνηση το απόγευμα-βράδυ αυξάνει την απόδοση την ώρα αυτήν και συνεπώς και τη διαφορά στην απόδοση μεταξύ πρωινού και απογεύματος. Συνεπώς, σύμφωνα με αυτήν την έρευνα, η ώρα που προπονείται κάποιος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό των δοκιμασιών αξιολόγησης της ταχύτητας.

8.4.5 Εγκυρότητα και αξιοπιστία των δοκιμασιών

Κάθε δοκιμασία αξιολόγησης θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή εγκυρότητα και αξιοπιστία. Μία δοκιμασία είναι έγκυρη όταν μετρά αυτό που υποτίθεται ότι μετρά. Για παράδειγμα, ένα σπριντ 10 m ή μία δοκιμασία ευκινησίας που περιλαμβάνει αλλαγές κατεύθυνσης (π.χ. T-test) δεν αξιολογεί τη μέγιστη δρομική ταχύτητα αλλά την ικανότητα επιτάχυνσης (10 m) ή τον συνδυασμό ταχύτητας και ικανότητας αλλαγής κατεύθυνσης (T-test), και αυτά θα πρέπει να τα γνωρίζει ο προπονητής που θα αξιολογήσει/αξιοποιήσει τα αποτελέσματα.

Ως αξιοπιστία ενός τεστ ορίζεται η συνέπεια ή επαναληψιμότητα μιας σειράς μετρήσεων που δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα όταν επαναλαμβάνονται στα ίδια άτομα. Συνήθως, όσο πιο απλή είναι η δοκιμασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η αξιοπιστία της (π.χ. δρόμος ταχύτητας 30 m), ενώ όταν γίνεται πιο περίπλοκη και περιλαμβάνει αλλαγές κατεύθυνσης ή γίνεται με μπάλα (όπως π.χ. στο ποδόσφαιρο), εμφανίζει μειωμένη επαναληψιμότητα. Η αξιοπιστία ελέγχεται συνήθως με τον συντελεστή συσχέτισης Intraclass Correlation Coefficient ή ICC, με τον οποίο συγκρίνονται επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με το ίδιο τεστ στα ίδια άτομα. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι δοκιμασίες ταχύτητας θα πρέπει να έχουν υψηλή εγκυρότητα και αξιοπιστία, ώστε να μπορεί ο προπονητής να αξιοποιήσει σωστά τα αποτελέσματα που θα πάρει.

Οι παρακάτω παράγοντες επηρεάζουν την απόδοση κατά τη μέτρηση της ταχύτητας καθώς και την αξιοπιστία των μετρήσεων:

- Περιβαλλοντικές συνθήκες και χώρος τέλεσης της μέτρησης. Όπως είδαμε παραπάνω, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μια από τις βασικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη μέτρηση της ταχύτητας. Επίσης, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου μπορούν να επηρεάσουν πολύ τα αποτελέσματα. Για τον λόγο αυτόν, όταν μετράμε τη δρομική ταχύτητα με φωτοκύτταρα ή χρονόμετρο σε υπαίθριο χώρο, θα πρέπει ο αθλητής να τρέχει με τον άνεμο να φυσά με πλάγια κατεύθυνση, σε γωνία 90° σε σχέση με τη διαδρομή που διανύει. Όταν ο άνεμος φυσά ευνοϊκά ή αντίθετα με την κατεύθυνση του αθλητή, η επίδοση βελτιώνεται ή χειροτερεύει αντίστοιχα και τα αποτελέσματα είναι λανθασμένα.
- Το έδαφος (αν πρόκειται για δρομική δοκιμασία) επηρεάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων ταχύτητας. Για παράδειγμα, ο χρόνος διάνυσης των 30 m είναι αργότερος αν μετρηθεί σε γήπεδο με χώμα, χόρτο, συνθετικό χόρτο, παρκέ (π.χ. γήπεδο καλαθοσφαίρισης) σε σύγκριση με το ταρτάν. Επίσης, τα παπούτσια που φορά ο αθλητής (απλά αθλητικά, με καρφιά ή ποδοσφαιρικά) σε συνδυασμό με το έδαφος επηρεάζουν την απόδοση.
- Η σωματική και ψυχική κατάσταση του αθλητή, όπως για παράδειγμα οι ώρες ύπνου την προηγούμενη ή τις προηγούμενες ημέρες, η κόπωση ή το «πιάσιμο» από προηγούμενες προπονήσεις και το επίπεδο εγρήγορσης του αθλητή. Σημειώνεται ότι η έντονη παρακίνηση του αθλητή κατά την τέλεση της δοκιμασίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επίτευξη αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Η παρουσία θεατών ή ατόμων που ο αθλητής ή η αθλήτρια θεωρούν σημαντικά μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα. Τέλος, η προσωπικότητα και ο τρόπος παρακίνησης που χρησιμοποιεί ο εξεταστής αποτελούν παράγοντες που συμβάλλουν στη μέγιστη προσπάθεια των αθλητών.
- Η ώρα της ημέρας στην οποία γίνεται η μέτρηση (κυκλάδιος ρυθμός).
- Η πρόσληψη τροφής ή υγρών πριν τη μέτρηση. Οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον 3-4 ώρες μετά από ένα ελαφρύ γεύμα, ενώ ο αθλητής θα πρέπει να είναι ενυδατωμένος.
- Η καλή προθέρμανση είναι σημαντική και για την επίτευξη της μέγιστης επίδοσης αλλά και για την αποφυγή τραυματισμών.

8.5 Όργανα μέτρησης της ταχύτητας

8.5.1 Χρήση συστημάτων μέτρησης ταχύτητας με χρήση δορυφόρου GPS (Global Positioning System)

Σε πολλά ομαδικά αθλήματα (π.χ. ποδόσφαιρο) είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η ένταση της προσπάθειας για όλους τους παίκτες. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ο συνδυασμός παλμογράφου, για τη μέτρηση της καρδιακής συχνότητας, και GPS, για τη συνεχή μέτρηση της ταχύτητας με συχνότητες δειγματοληψίας 5-10 Hz. Αυτό επιτρέπει την ταυτόχρονη καταγραφή της καρδιακής συχνότητας και της ταχύτητας μετακίνησης όλων των παικτών, και την περαιτέρω ανάλυσή τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ικανότητα επιτάχυνσης, ταχύτητας και κόπωσης [38]. Το σημαντικό ζήτημα για την ακριβή μέτρηση της ταχύτητας και της επιτάχυνσης σε μικρές αποστάσεις 5-30 m είναι η συχνότητα δειγματοληψίας και η ποιότητα των δεδομένων, τα οποία εξαρτώνται όχι μόνο από τον εξοπλισμό (μεγαλύτερη συχνότητα δειγματοληψίας δίνει καλύτερα αποτελέσματα) αλλά και από εξωτερικούς παράγοντες όπως οι μετεωρολογικές συνθήκες και ο αριθμός των δορυφόρων. Όπως και σε μετρήσεις ταχύτητας με άλλα όργανα (π.χ. φωτοκύτταρα, laser), η ακρίβεια της μέτρησης συγκρίνεται με τα αποτελέσματα από βιντεοσκόπηση και βιοκινητική ανάλυση (criterion measurement). Οι μελέτες δείχνουν ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα της δειγματοληψίας (έως 10 Hz) και η απόσταση του σπριντ, η ακρίβεια της μέτρησης βελτιώνεται [39]. Η χρήση τέτοιου είδους αισθητήρων και οργάνων μέτρησης βοηθά σημαντικά στη μελέτη της φυσιολογικής επιβάρυνσης, της απόδοσης και της κόπωσης στα ομαδικά αθλήματα κατά τη διάρκεια της προπόνησης και του αγώνα [40].

8.5.2 Χρήση οργάνων μέτρησης ταχύτητας με τεχνολογία Laser

Η χρήση της τεχνολογίας Laser και ραντάρ επιτρέπει τη συνεχή μέτρηση της ταχύτητας ενός αθλητή που τρέχει σε ευθεία με συχνότητα 100 Hz [41]. Η συσκευή Laser τοποθετείται σε σταθερό τρίποδα ύψους περίπου 1 m σε απόσταση από 2 έως 20 m πίσω από τη γραμμή εκκίνησης, ενώ πριν τη μέτρηση γίνεται βαθμονόμηση για την ακριβή μέτρηση διάφορων αποστάσεων στην ευθεία που θα

μετρηθεί η ταχύτητα. Αυτή η μέθοδος μέτρησης της ταχύτητας είναι αρκετά ακριβής και παρά τους περιορισμούς της (τοποθέτηση Laser, ευθύγραμμη κίνηση) μπορεί να δώσει άμεσα τα αποτελέσματα της μέτρησης στον προπονητή [41]. Πρόσφατες όμως έρευνες δείχνουν ότι οι μετρήσεις ταχύτητας στα πρώτα 5 m του σπριντ δεν είναι αξιόπιστες [42].

8.5.3 Χρήση φωτοκυττάρων

Τα φωτοκύτταρα χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μέτρηση της μέσης ταχύτητας σε αποστάσεις που κυμαίνονται συνήθως από 5 έως και 100 m (συνήθως 10-30 m). Υπάρχουν διάφορα είδη φωτοκυττάρων, τα οποία τοποθετούνται σε ζευγάρια (π.χ. πομπός με ανακλαστήρα) και συνδέονται ενσύρματα ή ασύρματα με μια φορητή μονάδα μέτρησης του χρόνου. Η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται από:

- Την ακρίβεια της μέτρησης των αποστάσεων και της τοποθέτησης των τριπόδων που στηρίζονται τα φωτοκύτταρα.
- Το ύψος που τοποθετείται το ζεύγος φωτοκυττάρων σε σχέση με το ύψος των μετρούμενων αθλητών. Συνήθως τα φωτοκύτταρα τοποθετούνται στο ύψος των ισχίων των αθλητών [43].
- Τον τρόπο εκκίνησης. Για παράδειγμα, ο χρόνος διάνυσης μιας απόστασης μεγαλώνει όταν η έναρξη του χρονόμετρου μέτρησης γίνεται με την πρώτη κίνηση του αθλητή (υπάρχει ειδικό εξάρτημα που το πατά με το πίσω πόδι ο αθλητής και ενεργοποιείται μόλις το πόδι σηκώνεται) ή τη στιγμή που ο αθλητής «κόβει» την ακτίνα του πρώτου ζεύγους φωτοκυττάρων που τοποθετείται συνήθως 40-50 cm μπροστά από το σημείο εκκίνησης (συνηθέστερος τρόπος).
- Τις περιβαλλοντικές συνθήκες, κυρίως την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου καθώς και τη μορφολογία του εδάφους (χώμα, χόρτο, ταρτάν κλπ.).

8.5.4 Χρήση κυκλοεργόμετρου

Η μέτρηση της ταχύτητας σε κυκλοεργόμετρο γίνεται συνήθως σε εργόμετρα που είναι εξοπλισμένα με σύστημα μέτρησης του ρυθμού περιστροφής των πεταλιών (λιγότερο ακριβές) ή του τροχού (μεγαλύτερη ακρίβεια) μέσω χρήσης μαγνητών ή οπτικών συστημάτων/φωτοκυττάρων (εικόνα 8.1). Για την ακριβή μέτρηση της ταχύτητας και της επιτάχυνσης γίνεται μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό με ειδικό analog-to-digital converter, ενώ η δειγματοληψία γίνεται συνήθως με συχνότητα 200 Hz [30, 44]. Στη συνέχεια, γίνεται ψηφιακή επεξεργασία του σήματος και εξάγεται η στιγμιαία ταχύτητα του τροχού. Παράλληλα, μπορεί να καταγράφεται και η δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό μέσω συστήματος ιμάντων και βαρών [45] ή μέσω ειδικών ελατηρίων [46], επιτρέποντας τον υπολογισμό της στιγμιαίας ισχύος:

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό} \times \text{ταχύτητα του τροχού}}{\text{ταχύτητα του τροχού}}$$



Εικόνα 8.1 Καταγραφή δειγματοληψίας της ταχύτητας περιστροφής του τροχού με υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας μέσω χρήσης ειδικού φωτοκυττάρου.

Με τον τρόπο αυτόν μπορεί να υπολογιστούν, εκτός από τη μέγιστη ταχύτητα, και η βέλτιστη συχνότητα ποδηλάτησης (optimal pedaling cadence). Αυτή αντιστοιχεί στον ρυθμό ποδηλάτησης με τον οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη ισχύς και αποτελεί σημαντική παράμετρο η οποία σχετίζεται με το ποσοστό και την εγκάρσια επιφάνεια των ινών ταχείας σύσπασης ($r=0.88$) καθώς και με την αλτική ικανότητα ($r=0.78$) [44]. Σημαντικό να τονιστεί είναι ότι για την ακριβή μέτρηση της ισχύος απαιτείται να λαμβάνεται υπόψη η ισχύς που παράγεται για να υπερνικηθεί η αδράνεια του τροχού, η οποία δεν υπολογίζεται με τον συμβατικό τρόπο (δύναμη αντίστασης στον τροχό επί την ταχύτητα του τροχού). Παράλειψη της πρόσθεσης της ισχύος που χρειάζεται για την υπερνίκηση της αδράνειας στον υπολογισμό της παραγόμενης ισχύος από τον αθλητή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέγιστης ισχύος από 16 έως και 42% και είναι ανάλογη της επιβάρυνσης που χρησιμοποιείται [45]. Αντίστοιχα, ο υπολογισμός της κόπωσης ή αντοχής σε επαναλαμβανόμενα σπριντ υποεκτιμάται κατά περίπου 45%, όταν δεν γίνεται διόρθωση για την αδράνεια, ενώ το μέγεθος του σφάλματος εξαρτάται από το μέγεθος της επιβάρυνσης και είναι υψηλότερο στις χαμηλές επιβαρύνσεις [45].

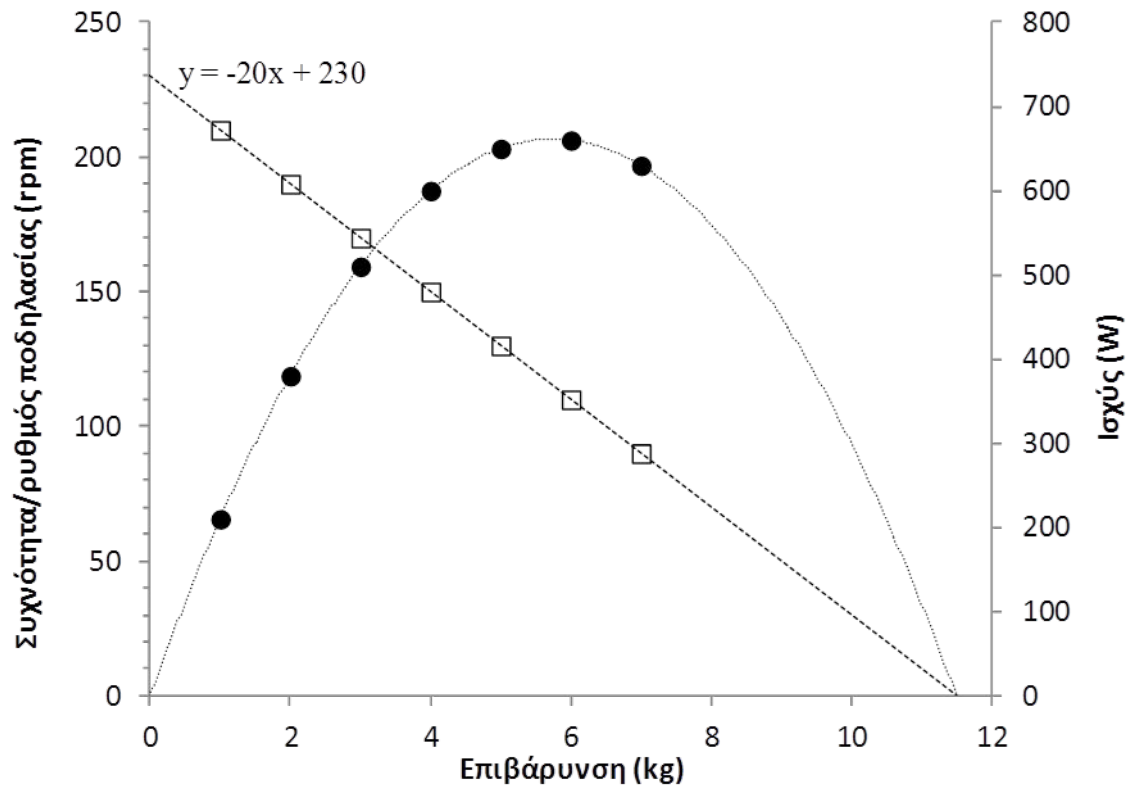
Για την ακριβή μέτρηση της ταχύτητας και της ισχύος απαιτείται ειδική βαθμονόμηση για την ταχύτητα και τη ροπή αδράνειας του τροχού. Λόγω της πολυπλοκότητας αυτής της διαδικασίας, κάποιες εταιρείες έχουν δημιουργήσει έτοιμα συστήματα καταγραφής της ταχύτητας και υπολογισμού της ισχύος, λαμβάνοντας υπόψη τη ροπή αδράνειας του τροχού, χωρίς να χρειάζονται άλλες ενέργειες (βαθμονόμηση, υπολογισμούς) από τον χρήστη.

8.6 Εργαστηριακές δοκιμασίες μέτρησης και αξιολόγησης της ταχύτητας

8.6.1 Προσδιορισμός της μέγιστης ταχύτητας και της σχέσης επιβάρυνσης–ταχύτητας στο κυκλοεργόμετρο (Force-velocity test)

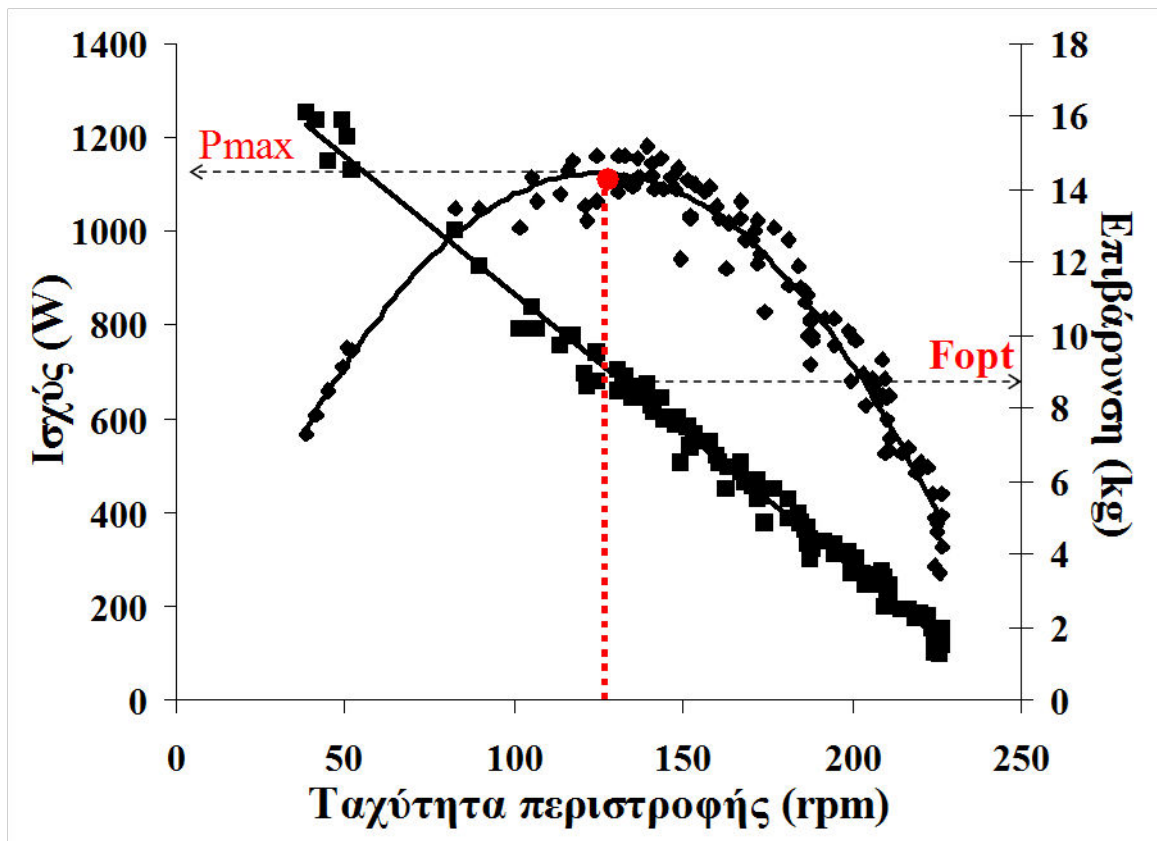
Σκοπός: Σκοπός της δοκιμασίας αυτής είναι να προσδιοριστεί η ταχοδυναμική σχέση και η σχέση δύναμης–ισχύος κατά τη μέγιστη άσκηση στο κυκλοεργόμετρο. Η σχέση της ταχύτητας συστολής των μυών και της επιβάρυνσης που καλούνται να υπερνικήσουν είναι γνωστή ως ταχοδυναμική σχέση και σε απομονωμένους μυς ή σε μονοαρθρικές κινήσεις έχει τη μορφή καμπύλης. Λόγω του ότι η ισχύς είναι το γινόμενο της δύναμης/αντίστασης επί την ταχύτητα κίνησης, η καμπύλη της σχέσης ταχύτητας–ισχύος μπορεί να προκύψει από την ταχοδυναμική σχέση. Η μέτρηση και αξιολόγηση των σχέσεων ταχύτητας–δύναμης και ταχύτητας–ισχύος έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον για τη μελέτη και τον χαρακτηρισμό της ικανότητας απόδοσης των μυών. Πριν από περίπου τρεις δεκαετίες, ο Vandewalle **κ.α.** (1987) [10], κατέγραψε την ταχοδυναμική σχέση και τη σχέση ισχύος–ταχύτητας μέσω μιας σειράς σπριντ σε κυκλοεργόμετρο με διαφορετικές αντιστάσεις. Μεταβάλλοντας την αντίσταση σε

κάθε σπριντ από ελαφριά ή σχεδόν μηδενική σε μεγάλη και καταγράφοντας τη μέγιστη ταχύτητα ποδηλάτησης σε κάθε επιβάρυνση, προκύπτουν οι σχέσεις που παρουσιάζονται στην εικόνα 8.2. Σημειώνεται ότι, αντίθετα με τους μεμονωμένους μυς, η σχέση ταχύτητας και επιβάρυνσης είναι ευθύγραμμη και η σχέση ταχύτητας και ισχύος είναι παραβολική και περιγράφεται με πολυώνυμο 2^{ου} βαθμού [31, 47]. Αυτό επιτρέπει τον εύκολο υπολογισμό παραμέτρων όπως η βέλτιστη ταχύτητα, η δύναμη και η ισχύς (η κορυφή της παραβολικής σχέσης), καθώς και τον υπολογισμό της μέγιστης ταχύτητας ποδηλάτησης, προεκτείνοντας την ταχοδυναμική σχέση στο σημείο που η επιβάρυνση είναι μηδενική (εικόνα 8.2).



Εικόνα 8.2 Σχέση μεταξύ επιβάρυνσης, ταχύτητας περιστροφής των πεταλιών και ισχύος κατά τη διάρκεια μέγιστων σπριντ σε κυκλοεργόμετρο. Η μέγιστη ταχύτητα και η μέγιστη ισχύς μετρήθηκαν σε καθένα από τα 7 σπριντ με επιβαρύνσεις 1-7 kg μεταξύ των οποίων επιδιωκόταν πλήρης αποκατάσταση (διάλειμμα >4 min).

Λόγω της εξαιρετικής χρησιμότητας του υπολογισμού των σχέσεων αυτών καθώς και της δυνατότητας υπολογισμού της ισχύος ανά δευτερόλεπτο ή ανά πεταλιά, οι σχέσεις ταχύτητας–επιβάρυνσης και ταχύτητας–ισχύος μπορούν πλέον να υπολογιστούν από 3 σπριντ με διαφορετική επιβάρυνση (εικόνα 8.3) και όχι από 6-7 που χρειαζόνταν παλαιότερα, μειώνοντας τον χρόνο διεξαγωγής της δοκιμασίας και την κόπωση των εξεταζομένων [30, 46, 48].



Εικόνα 8.3 Σχέση μεταξύ ταχύτητας περιστροφής των πεταλιών, ισχύος και δύναμης αντίστασης (επιβάρυνσης) κατά τη διάρκεια μέγιστων σπριντ σε κυκλοεργόμετρο. Η ταχύτητα, η δύναμη (επιβάρυνση) και η ισχύς μετρήθηκαν σε κάθε πεταλιά κατά τη διάρκεια 3 σπριντ με επιβαρύνσεις 5-9% της μάζας του σώματος, μεταξύ των οποίων επιδιωκόταν πλήρης αποκατάσταση (διάλειμμα >4 min). Προσαρμοσμένο από Bogdanis κ.α. (2007) [30].

8.6.1.1 Εξοπλισμός

Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γίνεται σε ειδικό κυκλοεργόμετρο που είναι εξοπλισμένο με σύστημα μέτρησης του ρυθμού περιστροφής (ταχύτητας) των πεταλιών ή του τροχού με τη χρήση μαγνητών ή οπτικών συστημάτων/φωτοκυττάρων (βλ. προηγούμενο υποκεφάλαιο «Χρήση οργάνων μέτρησης»). Η ισχύς υπολογίζεται ως το γινόμενο της ταχύτητας του τροχού επί τη δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται σε αυτόν από το βάρος που τοποθετείται στο ειδικό καλαθάκι του εργόμετρου:

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό} \times \text{ταχύτητα του τροχού}}{\text{Όπου:} \quad \frac{\text{δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό} = \text{βάρος που τοποθετείται στο καλαθάκι (kg)} \times \text{επιτάχυνση της βαρύτητας (g=9.81m/s}^2\text{)}}$$

Τα σύγχρονα εργόμετρα επιτρέπουν ανάλυση της ταχύτητας και της ισχύος ανά 1 sec ή ανά πεταλιά, δίνοντας περισσότερα και ακριβέστερα δεδομένα για την αξιολόγηση του αθλητή. Όπως αναλύθηκε προηγουμένως, για την ακριβή μέτρηση της ισχύος απαιτείται να λαμβάνεται υπόψη η ισχύς που παράγεται για να υπερνικηθεί η αδράνεια του τροχού, η οποία δεν υπολογίζεται με τον συμβατικό τρόπο (δύναμη αντίστασης στον τροχό επί την ταχύτητα του τροχού).

8.6.1.2 Διαδικασία

- Αρχικά ρυθμίζεται το ύψος της σέλας, ώστε το πόδι του δοκιμαζομένου να είναι σχεδόν τεντωμένο όταν το πετάλι είναι στο κατώτερο σημείο του (γόνατο ελαφρά λυγισμένο). Το ύψος της σέλας καταγράφεται για πιθανά μελλοντικά τεστ. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας κίνησης των ποδιών, θα πρέπει αυτά να σταθεροποιούνται στα πετάλια με τη χρήση ειδικών clips και αυτοκόλλητης ταινίας (εικόνα 8.4 Β). Επίσης, για τον περιορισμό της παραγωγής ισχύος μόνο από τους μυς των ποδιών και όχι από το βάρος του σώματος, η λεκάνη του δοκιμαζόμενου σταθεροποιείται στη σέλα με ειδικούς ιμάντες, ώστε να μην επιτρέπεται να σηκώνεται όρθιος πάνω στα πετάλια (εικόνα 8.4 Α).



A



B

Εικόνα 8.4 Α και Β Θέση του δοκιμαζομένου και σταθεροποίηση των ποδιών στα πετάλια με αυτοκόλλητη ταινία και της λεκάνης στη σέλα με ειδικούς ιμάντες.

- Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως ποδηλατώντας για 5 min με ρυθμό 60 περιστροφών των πεταλιών ανά min (60 rpm) και στη συνέχεια αυξάνοντας τον ρυθμό στις 80 rpm για 30 sec και στις 100 rpm για άλλα 30 sec. Η αντίσταση στον τροχό για την προθέρμανση είναι 1 kg. Στη συνέχεια, ο εξεταζόμενος κατεβαίνει από το κυκλοεργόμετρο και κάνει στατικές και μετά δυναμικές διατατικές ασκήσεις των κάτω άκρων για 3-5 min. Τέλος, εκτελεί 1-2 επιταχύνσεις διάρκειας 2-3 sec με την επιβάρυνση που θα χρησιμοποιήσει στη δοκιμασία.
- Οι επιβαρύνσεις που χρησιμοποιούνται στη δοκιμασία, δηλαδή το βάρος που τοποθετείται στο καλαθάκι του εργομέτρου και «φρενάρει» τον τροχό, ξεκινούν από το 2% του σωματικού βάρους του αθλητή (δηλ. 1.6 kg για άτομο με μάζα σώματος 80 kg) και φτάνουν ως το 10-12% (δηλ. 8-9.6 kg για άτομο με μάζα σώματος 80 kg).
- Η εκκίνηση γίνεται συνήθως από στάση. Ο εξεταστής δίνει εκκίνηση μετρώντας αντίστροφα: «3-2-1-πάμε» και ο εξεταζόμενος καλείται να ποδηλατήσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα για 6 sec. Το βάρος/αντίσταση εφαρμόζεται στον τροχό είτε αυτόματα από το εργόμετρο (με εντολή του υπολογιστή) είτε χειροκίνητα από τον εξεταστή στο «πάμε».
- Ο εξεταστής φωνάζει δυνατά και καθαρά «στοπ» στο τέλος του κάθε σπριντ και ενημερώνει τον δοκιμαζόμενο για τον αριθμό των σπριντ που απομένουν έως το τέλος.
- Μετά από το διάλειμμα των 4-5 min, ο εξεταζόμενος εκτελεί ξανά ένα μέγιστο σπριντ διάρκειας 6 sec με διαφορετική αντίσταση μέχρι να εκτελέσει τον επιθυμητό αριθμό σπριντ (3-7 με διαφορετικές επιβαρύνσεις).

8.6.1.3 Υπολογισμός της βέλτιστης ισχύος, της βέλτιστης επιβάρυνσης και της μέγιστης ταχύτητας

Οι βασικοί δείκτες που υπολογίζονται από τη δοκιμασία δύναμης-ταχύτητας (force-velocity test) είναι οι εξής:

- Η μέγιστη ισχύς, η οποία είναι η υψηλότερη τιμή της ισχύος που παράγεται σε 1 sec και υπολογίζεται από την κορυφή της παραβολικής σχέσης επιβάρυνσης και ισχύος (εικόνα 8.2).
- Η βέλτιστη συχνότητα ποδηλάτησης (optimal pedaling cadence), η οποία αντιστοιχεί στον ρυθμό ποδηλάτησης με τον οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη ισχύς και αποτελεί σημαντική παράμετρο που σχετίζεται με το ποσοστό και την εγκάρσια επιφάνεια των ινών ταχείας σύσπασης ($r=0.88$) καθώς και με την αλκτική ικανότητα ($r=0.78$) [44].
- Η μέγιστη συχνότητα ποδηλάτησης, η οποία συνδέεται και αυτή με ποιοτικά χαρακτηριστικά του νευρομυϊκού συστήματος και υπολογίζεται από την «προέκταση» της γραμμικής σχέσης μεταξύ της επιβάρυνσης και της συχνότητας/ρυθμού ποδηλάτησης στη μηδενική επιβάρυνση. Στην εικόνα 8.2 φαίνεται ότι ο σταθερός όρος b της γραμμικής εξίσωσης $y=ax + b$ προσδιορίζει το σημείο στο οποίο η ευθεία τέμνει τον άξονα y και συνεπώς τη μέγιστη ταχύτητα με μηδενική επιβάρυνση. Βέβαια, η μέγιστη αυτή ταχύτητα μπορεί επίσης να υπολογιστεί άμεσα, μετρώντας τη μέγιστη συχνότητα ποδηλάτησης με μηδενική επιβάρυνση.

Ερμηνεία: Είναι γνωστό ότι η μυϊκή δύναμη και ισχύς σχετίζονται με τη μυϊκή μάζα. Συνεπώς, είναι αναμενόμενο τα άτομα με μεγάλη μυϊκή μάζα να μπορούν να παράγουν υψηλότερη ισχύ σε σχέση με τα ελαφρύτερα άτομα. Συνεπώς, ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος έκφρασης και αξιολόγησης της μέγιστης και της μέσης ισχύος δεν είναι σε απόλυτες τιμές αλλά σε σχετικές, δηλαδή ανά κιλό σωματικής μάζας (Watt/kg). Σημειώνεται ότι σε αθλήματα που απαιτούν υπερνίκηση μιας εξωτερικής αντίστασης (π.χ. ρίψεις, άρση βαρών κλπ.) δίνουμε μεγαλύτερη σημασία στις απόλυτες τιμές της ισχύος (δηλ. στα Watt), ενώ σε αθλήματα που ο αθλητής εξασκεί δυνάμεις για να επιταχύνει τον εαυτό του στον χώρο (π.χ. σπριντ) πρωταρχικό ρόλο παίζουν οι σχετικές τιμές της ισχύος (δηλαδή Watt/Kg σωματικής μάζας).

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μέγιστης ταχύτητας ποδηλάτησης, η οποία μπορεί να μετρηθεί άμεσα (μέγιστο σπριντ χωρίς επιβάρυνση) ή έμμεσα (μέσω του τεστ δύναμης-ταχύτητας) γίνεται με τη βοήθεια του πίνακα 8.2.

ΑΘΛΗΤΕΣ

ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
----------------	--------	---------------	------	------------

Περιστροφές πεταλιών ανά λεπτό (rpm)	<=198	199 έως 211	212 έως 224	225 έως 240	>=241
Περιστροφές πεταλιών ανά δευτερόλεπτο (κύκλοι/min)	<=3.31	3.32 έως 3.52	3.53 έως 3.74	3.76 έως 4.	>=4.01
Ταχύτητα τροχού (Km/h)	<=71.5	71.7 έως 76.1	76.3 έως 80.7	81.2 έως 86.3	>=86.7

ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ

	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
Περιστροφές πεταλιών ανά λεπτό (rpm)	<=175	175 έως 185	186 έως 196	197 έως 209	>=209
Περιστροφές πεταλιών ανά δευτερόλεπτο (κύκλοι/min)	<=2.91	2.92 έως 3.09	3.1 έως 3.27	3.28 έως 3.48	>=3.49
Ταχύτητα τροχού (Km/h)	<=62.9	63.2 έως 66.8	66.9 έως 70.6	70.9 έως 75.1	>=75.4

Πίνακας 8.2 Νόρμες για την κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων της δοκιμασίας μέγιστης συχνότητας ποδηλάτησης χωρίς επιβάρυνση στο κυκλοεργόμετρο για αθλητές και αθλήτριες (δεδομένα από Vandewalle κ.α., 1987, [10] και Γ. Μπογδάνης, αδημοσίευτα δεδομένα).

8.6.2 Μέτρηση ισχύος και αξιολόγηση κόπωσης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων σπριντ σε κυκλοεργόμετρο (10 σπριντ των 6 sec)

Σκοπός: Σκοπός της δοκιμασίας είναι η αξιολόγηση της ικανότητας παραγωγής μέγιστης ισχύος στο κυκλοεργόμετρο καθώς και της διατήρησής της κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων σπριντ. Τα συνήθη πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι 5-10 σπριντ διάρκειας 6-10 sec με παθητικό διάλειμμα 24-30 sec μεταξύ τους [30, 45, 49]. Η ικανότητα να επαναλαμβάνει ο αθλητής σπριντ με μέγιστη ένταση ονομάζεται Repeated Sprint Ability ή RSA [50].

Εξοπλισμός: Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γίνεται στο ειδικό κυκλοεργόμετρο που περιγράφηκε στην προηγούμενη δοκιμασία. Η ισχύς υπολογίζεται ως το γινόμενο της ταχύτητας του τροχού επί τη δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται σε αυτόν από το βάρος που τοποθετείται στο ειδικό καλαθάκι του εργομέτρου:

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό} \times \text{ταχύτητα του τροχού}}{\text{Όπου: } \frac{\text{δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό}}{\text{επιτάχυνση της βαρύτητας (g=9.81m/s}^2\text{)}} = \text{βάρος που τοποθετείται στο καλαθάκι (kg)}$$

Σημείωση: στον υπολογισμό της ισχύος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ισχύς που παράγεται για να υπερνικηθεί η αδράνεια του τροχού, η οποία δεν υπολογίζεται με τον συμβατικό τρόπο (δύναμη αντίστασης στον τροχό επί την ταχύτητα του τροχού).

Διαδικασία

- Περιγράφεται η δοκιμασία 10 x 6 sec σπριντ, με διάλειμμα 24 sec σε ειδικά εξοπλισμένο κυκλοεργόμετρο [30, 51].
- Ρυθμίζεται το ύψος της σέλας και σταθεροποιούνται τα πόδια στα πετάλια και η λεκάνη στη σέλα, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη δοκιμασία (εικόνα 8.5).
- Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως ποδηλατώντας για 5 min με ρυθμό 60 περιστροφών των πεταλιών ανά min (60 rpm) και στη συνέχεια αυξάνοντας τον ρυθμό στις 80 rpm για 30 sec και στις 100 rpm για άλλα 30 sec. Η αντίσταση στον τροχό για την προθέρμανση είναι 1 kg. Στη συνέχεια, ο εξεταζόμενος κατεβαίνει από το κυκλοεργόμετρο και κάνει στατικές και μετά δυναμικές διατακτικές ασκήσεις των κάτω άκρων για 3-5 min. Τέλος, εκτελεί 1-2 επιταχύνσεις διάρκειας 2-3 sec με την επιβάρυνση που θα χρησιμοποιήσει στη δοκιμασία.
- Η επιβάρυνση που χρησιμοποιείται για τη δοκιμασία, δηλαδή το βάρος που τοποθετείται στο καλαθάκι του εργομέτρου και «φρενάρει» τον τροχό, είναι συνήθως 5.0-7.5% του σωματικού βάρους του αθλητή (δηλ. 50 έως 75 gr για κάθε kg βάρους του ατόμου), ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (π.χ. 100 gr για κάθε kg βάρους του ατόμου) ή, προτιμότερο, να επιλεγεί η επιβάρυνση με βάση τα αποτελέσματα της ταχο-δυναμικής αξιολόγησης που περιγράφηκε στην προηγούμενη δοκιμασία (force-velocity test).
- Η εκκίνηση γίνεται συνήθως από μια αρχική ταχύτητα (ρυθμός περιστροφής πεταλιών 60 rpm) με μηδενικό βάρος (το καλαθάκι είναι σηκωμένο) και σπανιότερα από στάση. Όμως έρευνες δείχνουν ότι με την εκκίνηση από στάση βελτιώνεται η αξιοπιστία αλλά και αυξάνεται η μέγιστη ισχύς κατά 11-17% [31].
- Ο εξεταστής δίνει εκκίνηση μετρώντας αντίστροφα: «3-2-1-πάμε» και ο εξεταζόμενος καλείται να ποδηλατήσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα για 6 sec. Το βάρος/αντίσταση εφαρμόζεται στον τροχό είτε αυτόματα από το εργόμετρο (με εντολή του υπολογιστή) είτε χειροκίνητα από τον εξεταστή στο «πάμε».
- Ο εξεταστής φωνάζει δυνατά και καθαρά «στοπ» στο τέλος του κάθε σπριντ και ενημερώνει τον δοκιμαζόμενο για τον αριθμό των σπριντ που απομένουν έως το τέλος.
- Μετά από το διάλειμμα των 24 sec, ο εξεταζόμενος εκτελεί ξανά ένα μέγιστο σπριντ διάρκειας 6 sec και ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται 10 φορές.

8.6.2.1 Υπολογισμός του δείκτη κόπωσης

Ο υπολογισμός του δείκτη κόπωσης, δηλαδή ενός δείκτη που ποσοτικοποιεί την πτώση της παραγόμενης μέγιστης ή μέσης ισχύος κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας 10 x 6 σπριντ, μπορεί να γίνει με δύο μεθόδους:

$$\text{Δείκτης κόπωσης (\%)} = (\text{ισχύς στο χειρότερο σπριντ} - \text{ισχύς στο καλύτερο σπριντ}) \div (\text{ισχύς στο καλύτερο σπριντ}) \times 100$$

Όπου: ισχύς στο χειρότερο σπριντ είναι συνήθως αυτή του τελευταίου (10^{ου}) σπριντ, ισχύς στο καλύτερο σπριντ είναι συνήθως η ισχύς του πρώτου ή του δεύτερου σπριντ.

Σύμφωνα με την έρευνα των Glaister και συν. [52] καθώς και άλλες προηγούμενες αλλά και μεταγενέστερες έρευνες [30, 45], ο πιο έγκυρος και αξιόπιστος δείκτης κόπωσης ήταν αυτός που είχε προταθεί από τον Fitzsimons κ.α. [53] και ονομάζεται «ποσοστιαία μείωση της επίδοσης» (percentage decrement score):

$$\text{Ποσοστιαία μείωση της επίδοσης-percentage decrement (\%)} = 100 \times (\text{άθροισμα της ισχύος όλων των σπριντ} \div \text{ιδανική ισχύς}) - 100$$

Όπου: άθροισμα ισχύος όλων των σπριντ=το άθροισμα της ισχύος όλων των σπριντ, και ιδανική ισχύς=ισχύς του καλύτερου σπριντ x συνολικό αριθμό των σπριντ.

Σημείωση: Ο δείκτης κόπωσης υπολογίζεται ξεχωριστά για τη μέγιστη και τη μέση ισχύ. Από τους δύο παραπάνω δείκτες προτείνεται η χρήση της ποσοστιαίας μείωσης της επίδοσης λόγω της υψηλής εγκυρότητας και αξιοπιστίας που την χαρακτηρίζει.

Σημεία προσοχής:

- Λόγω του ότι η δοκιμασία προκαλεί αιμοδυναμικές μεταβολές στον οργανισμό του δοκιμαζομένου (μεγάλη αύξηση της αρτηριακής πίεσης που ακολουθείται από σημαντική μείωσή της στα πρώτα min της αποκατάστασης [54], συνιστάται να γίνεται αποθεραπεία με ήπια άσκηση (περπάτημα, ποδηλασία, χαλαρό jogging). Σε περίπτωση που ο δοκιμαζόμενος αισθανθεί ζάλη, αδιαθεσία ή τάση για λιποθυμία, θα πρέπει να ξαπλώνει και τα πόδια να σηκώνονται, ώστε να βελτιωθεί η φλεβική επαναφορά του αίματος και να αποφευχθεί περαιτέρω μείωση της αρτηριακής πίεσης. Σε κάποιες περιπτώσεις, οι δοκιμαζόμενοι αισθάνονται ναυτία και τάση προς έμετο. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει ο εξεταστής να προσέχει τις αντιδράσεις του δοκιμαζομένου και να είναι πάντα έτοιμος να τον βοηθήσει.
- Πρέπει να γίνεται περιοδικά βαθμονόμηση και έλεγχος λειτουργίας του κυκλοεργόμετρου, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των μετρήσεων.
- Το ύψος σέλας, η προηγούμενη προπόνηση και η διατροφική πρόσληψη πριν τη δοκιμασία θα πρέπει να καταγράφονται ώστε να επαναλαμβάνονται με τον ίδιο τρόπο για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα.

Ερμηνεία: Οι μέσες τιμές της μέγιστης ισχύος στο πρώτο σπριντ κυμαίνονται από 16.2 έως 16.7 Watt/kg μάζας σώματος, ενώ οι αντίστοιχες τιμές μέσης ισχύος από 11.4 έως 11.8 Watt/kg μάζας σώματος. Ο δείκτης κόπωσης της μέγιστης ισχύος είναι 33-36%, ενώ ο αντίστοιχος της μέσης ισχύος είναι 27-32% ([49] και Γ. Μπογδάνης, αδημοσίευτα δεδομένα). Σημειώνεται ότι τα παιδιά έχουν χαμηλότερη ικανότητα παραγωγής μέγιστης και μέσης ισχύος, αλλά εμφανίζουν και σημαντικά χαμηλότερη κόπωση [30]. Επίσης, είναι τεκμηριωμένο ότι ο δείκτης κόπωσης και η μέση ισχύς επηρεάζονται σημαντικά από την επιβάρυνση/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό, με το μικρότερο βάρος να προκαλεί μεγαλύτερη κόπωση, πιθανότατα λόγω της μεγάλης ταχύτητας κίνησης [45]. Για τον λόγο αυτόν δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα κατηγοριοποίησης των παραμέτρων αυτών.

8.6.3 Αναερόβια δοκιμασία Wingate

Σκοπός: Σκοπός της δοκιμασίας είναι η αξιολόγηση της αναερόβιας ισχύος και ικανότητας μέσω των δεικτών της μέγιστης ισχύος, της μέσης ισχύος και του δείκτη κόπωσης. Η δοκιμασία αυτή επινοήθηκε στη δεκαετία του 1970 στο Ινστιτούτο Wingate του Ισραήλ από τον Bar-Or και τους συνεργάτες του [55]. Η θεωρητική βάση για την αξιολόγηση της αναερόβιας ικανότητας με αυτήν τη δοκιμασία ήταν ότι, κατά τη διάρκεια άσκησης μέγιστης έντασης σπριντ, η φωσφοκρεατίνη εξαντλείται μέσα σε 10-30 sec, ενώ η παραγωγή γαλακτικού οξέος επιτυγχάνει τον πολύ υψηλό ρυθμό σε περίπου 30 sec [56, 57]. Συνεπώς, μια δοκιμασία που σκοπεύει να αξιολογήσει την αναερόβια ικανότητα και ισχύ θα πρέπει να διαρκεί τόσο χρόνο όσο χρειάζεται για να χρησιμοποιηθούν πλήρως οι αναερόβιες πηγές ενέργειας, χωρίς όμως να συμμετέχει σημαντικά ο αερόβιος μεταβολισμός. Η δοκιμασία Wingate έχει διάρκεια 30 sec και στον χρόνο αυτόν επιτυγχάνονται οι παραπάνω προϋποθέσεις (δηλαδή εξαντλείται η φωσφοκρεατίνη και παράγεται σχεδόν η μέγιστη ποσότητα γαλακτικού οξέος στους συμμετέχοντες μυσ). Παρόλα αυτά, η εγκυρότητα της δοκιμασίας αυτής για την αξιολόγηση του αναερόβιου μηχανισμού έχει αμφισβητηθεί τα τελευταία χρόνια, λόγω της σημαντικής συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού κατά τη διάρκεια των 30 sec που διαρκεί η δοκιμασία. Σημειώνεται ότι περίπου το 30% της συνολικής ενεργειακής δαπάνης προέρχεται από τον αερόβιο μεταβολισμό [57, 58], ενώ το ποσοστό αυτό είναι ακόμα μεγαλύτερο σε αθλητές αντοχής [59]. Η αξιοπιστία της δοκιμασίας είναι υψηλή για τη μέγιστη και μέση ισχύ ($r > 0.90$), ενώ ο κλασικός δείκτης κόπωσης εμφανίζει χαμηλή αξιοπιστία ($r = 0.43$).

Εξοπλισμός: Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γίνεται σε ειδικό κυκλοεργόμετρο που είναι εξοπλισμένο με σύστημα μέτρησης του ρυθμού περιστροφής (ταχύτητας) των πεταλιών ή του τροχού με τη χρήση μαγνητών ή οπτικών συστημάτων/φωτοκυττάρων (βλ. προηγούμενο υποκεφάλαιο «Χρήση οργάνων μέτρησης»). Η ισχύς υπολογίζεται ως το γινόμενο της ταχύτητας του τροχού επί τη δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται σε αυτόν από το βάρος που τοποθετείται στο ειδικό καλάθκι του εργόμετρου:

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό} \times \text{ταχύτητα του τροχού}}$$

Όπου: δύναμη/αντίσταση που εφαρμόζεται στον τροχό= βάρος που τοποθετείται στο καλαθάκι (kg) x επιτάχυνση της βαρύτητας ($g=9.81 \text{ m/s}^2$).

Στην αρχική μορφή του τεστ, η ισχύς υπολογίζονταν κάθε 5 sec (μέσος όρος), ενώ τα σύγχρονα εργόμετρα επιτρέπουν μεγαλύτερη ανάλυση (ανά 1 sec ή ανά πεταλιά), δίνοντας περισσότερα και ακριβέστερα δεδομένα για την αξιολόγηση του αθλητή. Όπως αναλύθηκε παραπάνω, για την ακριβή μέτρηση της ισχύος απαιτείται να λαμβάνεται υπόψη η ισχύς που παράγεται για να υπερνικηθεί η αδράνεια του τροχού, η οποία δεν υπολογίζεται με τον συμβατικό τρόπο (δύναμη αντίστασης στον τροχό επί την ταχύτητα του τροχού).

Διαδικασία

- Η δοκιμασία μπορεί να γίνει σε ειδικά εξοπλισμένο κυκλοεργόμετρο (αξιολόγηση κάτω άκρων) ή σε ειδικά διαμορφωμένο χειροκίνητο στροφαλοεργόμετρο (αξιολόγηση άνω άκρων) [54, 56, 60].
- Ρυθμίζεται το ύψος της σέλας και σταθεροποιούνται τα πόδια στα πετάλια και η λεκάνη στη σέλα, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη δοκιμασία (εικόνα 8.4).
- Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως ποδηλατώντας για 5 min με ρυθμό 60 περιστροφών των πεταλιών ανά λεπτό (60 rpm) και στη συνέχεια αυξάνοντας τον ρυθμό στις 80 rpm για 30 sec και στις 100 rpm για άλλα 30 sec. Η αντίσταση στον τροχό για την προθέρμανση είναι 1 kg. Στη συνέχεια, ο εξεταζόμενος κατεβαίνει από το κυκλοεργόμετρο και κάνει στατικές και μετά δυναμικές διατατικές ασκήσεις των κάτω άκρων για 3-5 min.
- Η επιβάρυνση που χρησιμοποιείται για τη δοκιμασία, δηλαδή το βάρος που τοποθετείται στο καλαθάκι του εργόμετρου και «φρενάρει» τον τροχό, είναι συνήθως 7.5% του σωματικού βάρους του αθλητή (δηλ. 75 γραμμάρια για κάθε kg βάρους του ατόμου). Για την επιλογή της βέλτιστης επιβάρυνσης, βλέπε παρακάτω.
- Η εκκίνηση γίνεται συνήθως από μια αρχική ταχύτητα (ρυθμός περιστροφής πεταλιών 60 rpm) με μηδενικό βάρος (το καλαθάκι είναι σηκωμένο) και σπανιότερα από στάση.
- Ο εξεταστής δίνει εκκίνηση μετρώντας αντίστροφα: «3-2-1-πάμε» και ο εξεταζόμενος καλείται να ποδηλατήσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα για 30 sec. Το βάρος/αντίσταση εφαρμόζεται στον τροχό είτε αυτόματα από το εργόμετρο (με εντολή του υπολογιστή) είτε χειροκίνητα από τον εξεταστή στο «πάμε».
- Ο εξεταστής ενημερώνει τον δοκιμαζόμενο κάθε 10 sec για τον χρόνο της δοκιμασίας και στο τέλος της φωνάζει δυνατά και καθαρά «στοπ».
-

8.6.3.1 Επιλογή της βέλτιστης επιβάρυνσης για το Wingate test

Είναι γνωστό ότι το μέγεθος της επιβάρυνσης/βάρους που εφαρμόζεται στον τροχό επηρεάζει την παραγωγή ισχύος [31]. Η επίδραση της επιβάρυνσης στην υπολογιζόμενη ισχύ είναι μεγάλη όταν δεν λαμβάνεται υπόψη η ροπή αδράνειας του τροχού, με τη μέγιστη και μέση ισχύ να μειώνονται όσο μικραίνει η επιβάρυνση [45]. Πρόσφατες όμως έρευνες δείχνουν ότι, ακόμα και όταν λαμβάνεται υπόψη η ροπή αδράνειας του τροχού (διορθωμένη ισχύς – corrected power), η μέση ισχύς αυξάνεται όσο ανεβαίνει η επιβάρυνση, ενώ η μέγιστη ισχύς παραμένει σχετικά αμετάβλητη σε ένα μεγάλο εύρος επιβαρύνσεων [30, 31, 45]. Επιπρόσθετα, ο δείκτης κόπωσης αυξάνεται σημαντικά όσο μειώνεται η επιβάρυνση [30].

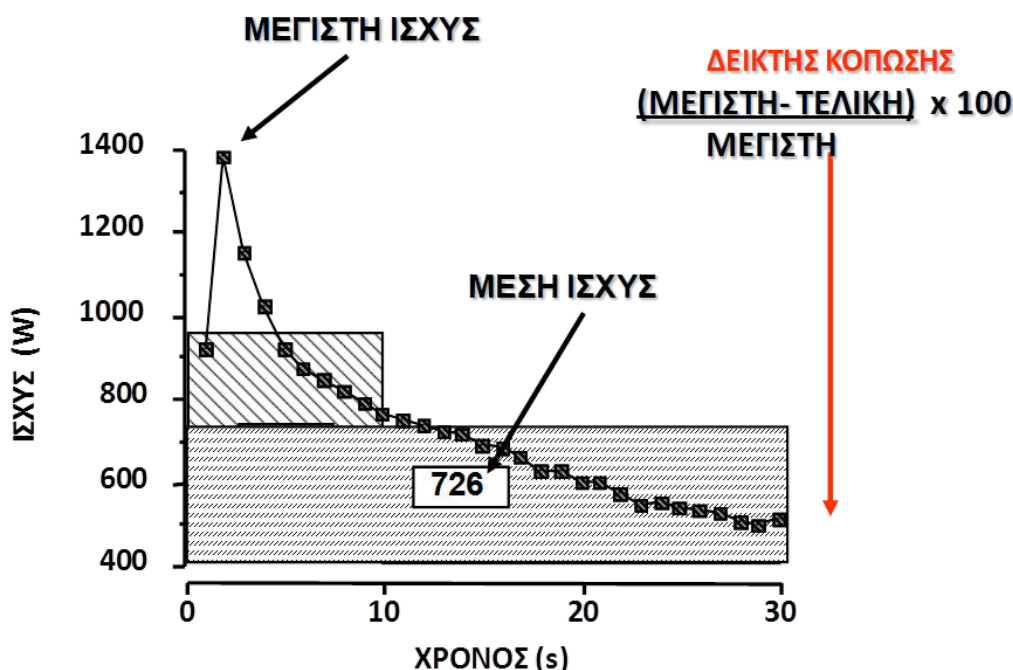
Επειδή η επιβάρυνση του 7.5% της σωματικής μάζας έχει θεωρηθεί χαμηλή, έχουν προταθεί επιβαρύνσεις που κυμαίνονται από 8.7% έως και 10% της σωματικής μάζας [31]. Ιδανικά, η επιλογή της επιβάρυνσης θα πρέπει να γίνεται ατομικά, με βάση τα αποτελέσματα δοκιμασίας δύναμης-ταχύτητας (force-velocity test), παίρνοντας ως αντίσταση το βάρος που αντιστοιχεί στην υψηλότερη παραγωγή ισχύος (βέλτιστη επιβάρυνση, βλέπε προηγούμενη δοκιμασία).

8.6.3.2 Υπολογισμός της μέγιστης, μέσης και τελικής ισχύος και του δείκτη κόπωσης

Οι βασικοί δείκτες που υπολογίζονται στο Wingate test είναι τρεις (εικόνα 8.5):

- η μέγιστη ισχύς, η οποία είναι η υψηλότερη τιμή της ισχύος που παράγεται σε 1 sec,
- η μέση ισχύς, η οποία είναι ο μέσος όρος ισχύος στη διάρκεια των 30 sec της δοκιμασίας και
- ο κλασικός δείκτης κόπωσης, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Δείκτης κόπωσης (\%)} = \frac{(\text{Μέγιστη ισχύς} - \text{τελική ισχύς})}{\text{μέγιστη ισχύς}} \times 100$$



Εικόνα 8.5 Δείκτες απόδοσης στη δοκιμασία Wingate.

Σημεία προσοχής:

- Λόγω του ότι η δοκιμασία προκαλεί αιφνίδιες αιμοδυναμικές μεταβολές στον οργανισμό του δοκιμαζομένου (μεγάλη αύξηση της αρτηριακής πίεσης, που ακολουθείται από σημαντική μείωσή της στα πρώτα min της αποκατάστασης [54], συνιστάται να γίνεται αποθεραπεία με ήπια άσκηση (περπάτημα, ποδηλασία, χαλαρό τρέξιμο – jogging). Σε περίπτωση που ο δοκιμαζόμενος αισθανθεί ζάλη, αδιαθεσία ή τάση για λιποθυμία, θα πρέπει να ξαπλώνει και τα πόδια να σηκώνονται, ώστε να βελτιωθεί η φλεβική επαναφορά του αίματος και να αποφευχθεί περαιτέρω μείωση της αρτηριακής πίεσης. Σε κάποιες περιπτώσεις, οι δοκιμαζόμενοι αισθάνονται ναυτία και τάση προς έμετο. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει ο εξεταστής να προσέχει τις αντιδράσεις του δοκιμαζομένου και να είναι πάντα έτοιμος να τον βοηθήσει.
- Πρέπει να γίνεται περιοδικά βαθμονόμηση και έλεγχος λειτουργίας του κυκλοεργόμετρου, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία και εγκυρότητα των μετρήσεων.
- Το ύψος σέλας, η προηγούμενη προπόνηση και η διατροφική πρόσληψη πριν τη δοκιμασία θα πρέπει να καταγράφονται, ώστε να επαναλαμβάνονται με τον ίδιο τρόπο για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα.
- Ο κλασικός δείκτης κόπωσης δεν δίνει ποιοτικές πληροφορίες για το προφίλ της επίδοσης του ασκουμένου. Έτσι, είναι δυνατόν δύο διαφορετικές δοκιμασίες (π.χ. πριν και μετά από μια προπονητική παρέμβαση) να δείχνουν τον ίδιο δείκτη κόπωσης αλλά στην πραγματικότητα ο αθλητής στη δεύτερη δοκιμασία να έχει διατηρήσει σχεδόν μέγιστες τιμές για επιπλέον χρόνο. Ένας εναλλακτικός τρόπος αξιολόγησης της κόπωσης είναι το «προφίλ κόπωσης» (Fatigue Profile, βλ. [61]). Αυτή η μέθοδος επιτρέπει την αξιολόγηση της χρονικής εξέλιξης της κόπωσης και την ουσιαστική σύγκριση των επαναλήψεων.

Ερμηνεία: Είναι γνωστό ότι η μυϊκή δύναμη και ισχύς σχετίζονται με τη μυϊκή μάζα. Συνεπώς, είναι αναμενόμενο τα άτομα με μεγάλη μυϊκή μάζα να μπορούν να παράγουν υψηλότερη ισχύ σε σχέση με

τα ελαφρύτερα άτομα. Συνεπώς, ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος έκφρασης και αξιολόγησης της μέγιστης και της μέσης ισχύος δεν είναι σε απόλυτες τιμές αλλά σε σχετικές, δηλαδή ανά kg σωματικής μάζας (Watt/kg). Σημειώνεται ότι σε αθλήματα που απαιτούν υπερνίκηση μιας εξωτερικής αντίστασης (π.χ. ρίψεις, άρση βαρών κλπ.) δίνουμε μεγαλύτερη σημασία στις απόλυτες τιμές της ισχύος (δηλ. στα Watt), ενώ σε αθλήματα που ο αθλητής εξασκεί δυνάμεις για να επιταχύνει τον εαυτό του στον χώρο (π.χ. σπριντ) πρωταρχικό ρόλο παίζουν οι σχετικές τιμές της ισχύος (δηλαδή Watt/Kg σωματικής μάζας).

Ο δείκτης κόπωσης φανερώνει την αντοχή του ατόμου στο να κρατήσει την ταχύτητα και συνεπώς την παραγόμενη ισχύ σε υψηλά επίπεδα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης κόπωσης, τόσο περισσότερο δυσκολεύεται το άτομο να διατηρήσει την αρχική του ταχύτητα σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας. Δείκτες κόπωσης πάνω από 53% για τις γυναίκες και 58% για τους άνδρες θεωρούνται κακοί, και ο αθλητής θα πρέπει να προπονηθεί ώστε να διατηρεί την ταχύτητά του στα τελευταία sec της προσπάθειας. Στον πίνακα 8.3 δίνονται τιμές κατηγοριοποίησης των βασικών παραμέτρων του Wingate test για άνδρες και γυναίκες. Επιπρόσθετα, για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων ο αναγνώστης μπορεί να συμβουλευτεί και επιστημονικές εργασίες που περιέχουν νόρμες για διάφορους πληθυσμούς (π.χ. [62], [63], [64]).

		ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
ΑΝΔΡΕΣ	Μέγιστη ισχύς (W/kg σωμ. μάζας)	<=13.47	13.29 έως 11.93	11.85 έως 11.18	11.15 έως 10.37	>=10.32
	Μέγιστη ισχύς (W/kg σωμ. μάζας)	<=9.56	9.45 έως 8.57	8.53 έως 8.1	8.07 έως 7.57	>=7.54
	Δείκτης κόπωσης (%)	>=58%	57% έως 49%	49% έως 45%	45% έως 41%	<=41%
ΓΥΝΑΙΚΕΣ	Μέγιστη ισχύς (W/kg σωμ. μάζας)	<=11.01	10.88 έως 9.91	9.85 έως 9.37	9.35 έως 8.79	>=8.76
	Μέγιστη ισχύς (W/kg σωμ. μάζας)	<=8.08	8. έως 7.31	7.28 έως 6.94	6.92 έως 6.54	>=6.51
	Δείκτης κόπωσης (%)	>=53%	52% έως 44%	44% έως 40%	40% έως 36%	<=35%

Πίνακας 8.3. Νόρμες για την κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων του Wingate test για άνδρες και γυναίκες (προσαρμοσμένα από [62], [63], [64] και Γ. Μπογδάνης, αδημοσίευτα δεδομένα).

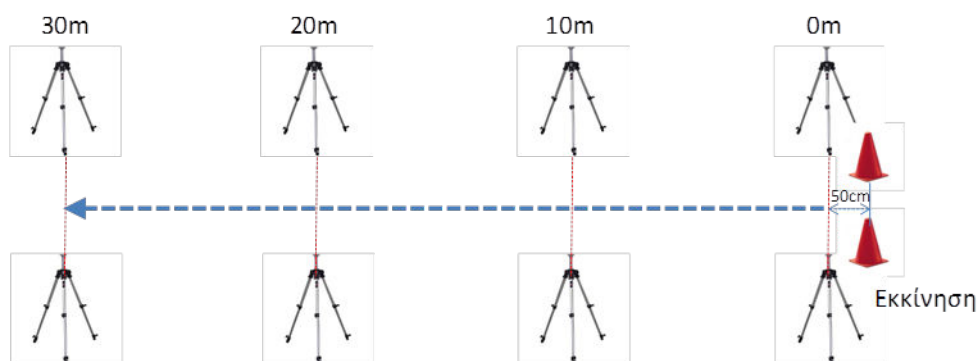
8.7 Δοκιμασίες Πεδίου

8.7.1 Δρόμοι ταχύτητας 5-60 m

Σκοπός: Σκοπός της δοκιμασίας είναι η μέτρηση του χρόνου διάνυσης των συγκεκριμένων αποστάσεων (συνήθως από 5 έως 60 m) για τον προσδιορισμό της ικανότητας επιτάχυνσης (χρόνος 5 ή 10 m) και της μέγιστης ταχύτητας (30-40 m). Ανάλογα με το άθλημα ή τις παραμέτρους που θέλει να αξιολογήσει ο γυμναστής επιλέγεται και η απόσταση. Συνήθως γίνεται δρόμος 30 ή 40 m με καταγραφή των ενδιάμεσων χρόνων ανά 10 m (εικόνα 8.6).

Εξοπλισμός: Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γίνεται σε χώρο που δεν γλιστρά (συνήθως στον χώρο που αγωνίζεται ο αθλητής). Μετράται με ακρίβεια η προκαθορισμένη απόσταση και οι

ενδιάμεσες αποστάσεις και τοποθετούνται τα όργανα μέτρησης. Συνήθως χρησιμοποιούνται φωτοκυττάρια (εικόνα 8.5), αλλά η μέτρηση μπορεί να γίνει και με απλό χρονόμετρο (στην περίπτωση αυτήν χρειάζεται προσοχή στην τυποποίηση της στιγμής έναρξης της χρονομέτρησης καθώς και στην τοποθέτηση του εξεταστή, ώστε να βλέπει πότε ο αθλητής θα περάσει τη νοητή γραμμή του τερματισμού) ή με συσκευή laser. Στην περίπτωση του laser συνιστάται να γίνονται μετρήσεις σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 10 m, λόγω χαμηλής εγκυρότητας κατά τη μέτρηση της ταχύτητας σε μικρότερες αποστάσεις [42]. Τα αποτελέσματα καταγράφονται ηλεκτρονικά (στη συσκευή μέτρησης) αλλά και από τον εξεταστή σε ειδικό φυλλάδιο.



Εικόνα 8.5 Τοποθέτηση του σημείου εκκίνησης και των φωτοκυττάρων σε ενδιάμεσες αποστάσεις των 10 m έως και τα 30 m για τη μέτρηση της ταχύτητας.

Διαδικασία

- Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως τρέχοντας χαλαρά για 5-10 min και ακολούθως κάνοντας στατικές και μετά δυναμικές διατατικές ασκήσεις κυρίως των κάτω άκρων. Εκτελούνται 2-4 σταδιακές επιταχύνσεις των 30-40 m με σταδιακή επιτάχυνση και 1-2 μέγιστες επιταχύνσεις των 5-10 m.
- Δίνονται οδηγίες στον εξεταζόμενο να μην επιβραδύνει πριν καλύψει την απόσταση (συνήθως τρέχει με μέγιστη ταχύτητα για 5 m παραπάνω από την προκαθορισμένη απόσταση).
- Ο εξεταστής δίνει την εκκίνηση λέγοντας: «έτοιμος-πάμε» και ο εξεταζόμενος καλείται να καλύψει την απόσταση στον μικρότερο χρόνο. Η εκκίνηση γίνεται συνήθως από όρθια θέση με το δυνατό πόδι μπροστά.
- Ο αθλητής εκτελεί δύο προσπάθειες με διάλειμμα περίπου 3-5 min, κατά τη διάρκεια του οποίου διατηρείται «ζεστός».

Σημεία προσοχής:

- Οι αποστάσεις θα πρέπει να μετρηθούν με ακρίβεια.
- Το ζεύγος φωτοκυττάρων πρέπει να τοποθετείται στο ύψος των ισχίων των αθλητών.
- Το σημείο εκκίνησης πρέπει να τοποθετείται 40-50 cm πίσω από το πρώτο ζεύγος φωτοκυττάρων.
- Η επιφάνεια τρεξίματος πρέπει να μην είναι ολισθηρή και οι αθλητές να φορούν τα κατάλληλα παπούτσια. Συνήθως η δοκιμασία γίνεται στον χώρο που αγωνίζεται ο αθλητής (π.χ. ταρτάν για τον αθλητή στίβου, γήπεδο ποδοσφαίρου για τον ποδοσφαιριστή και παρκέ για τον παίκτη του μπάσκετ), με τα αντίστοιχα υποδήματα του αθλήματος.
- Αν φυσά άνεμος, είναι καλό τα φωτοκυττάρια να τοποθετούνται με γωνία 90° στην κατεύθυνση του ανέμου (ο άνεμος να φυσά πλάγια), ώστε να ελαχιστοποιείται η θετική ή αρνητική επίδραση του ευνοϊκού ή «αντίθετου» ανέμου.

Ερμηνεία: Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του πίνακα 8.44 καθώς και από άλλες πηγές του διαδικτύου (βλ. παρακάτω).

	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
--	----------------	--------	---------------	------	------------

Δρόμος ταχύτητας 10m (s)	>=1.82	1.81 έως 1.71	1.71 έως 1.66	1.65 έως 1.6	<=1.6
Δρόμος ταχύτητας 20m (s)	>=3.15	3.14 έως 3.05	3.04 έως 3.	3. έως 2.95	<=2.94

Πίνακας 8.4. *Νόρμες για την κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων σε δρόμους ταχύτητας 10 και 20 m (από Γ. Μπογδάνης, αδημοσίευτα δεδομένα). Οι τιμές αναφέρονται σε άρρενες.*

8.7.1.1 Περαιτέρω πηγές για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Οι αναγνώστες μπορούν να συμβουλευτούν και τις παρακάτω διαδικτυακές διευθύνσεις:

- <http://www.brianmac.co.uk/eval.htm#t13>
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/sprint.htm>
- <http://www.topendsports.com/sport/afl/testing-draft-results-best.htm>

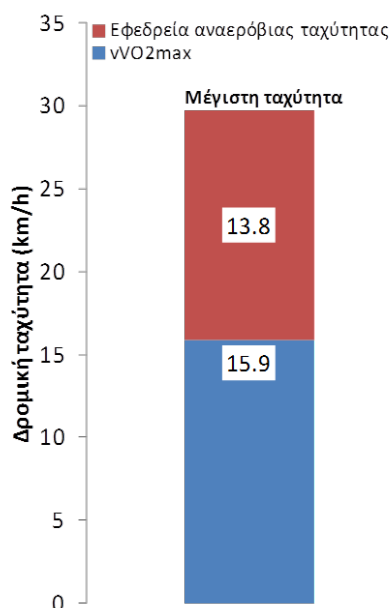
8.8 Προσδιορισμός «εφεδρείας αναερόβιας ταχύτητας» (Anaerobic speed reserve)

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, οι Bundle και συν. [65] εισήγαγαν έναν νέο όρο που είναι χρήσιμος για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη της αγωνιστικής ταχύτητας σε αθλητές. Η μετάφραση αυτού του όρου στα ελληνικά είναι «εφεδρεία αναερόβιας ταχύτητας» (anaerobic speed reserve) και προσδιορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της μέγιστης δρομικής ταχύτητας ενός αθλητή η οποία επιτυγχάνεται σε ένα σπριντ συνήθως 40 m (ταχύτητα μεταξύ 30 και 40 m) και της ταχύτητας που αντιστοιχεί στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($v\text{VO}_2\text{max}$) και η οποία μπορεί να μετρηθεί είτε εργαστηριακά κατά τη δοκιμασία VO_2max στο δαπεδοεργόμετρο είτε υπαίθρια μέσω μιας δρομικής δοκιμασίας αερόβιας ικανότητας [66], [67]:

$$\text{Εφεδρεία αναερόβιας ταχύτητας (Anaerobic speed reserve ή ASR)} = \text{MSS} - v\text{VO}_2\text{max} \quad [66]$$

Όπου MSS: μέγιστη δρομική ταχύτητα που επιτυγχάνεται μεταξύ 30 και 40 m σε δοκιμασία σπριντ, και $v\text{VO}_2\text{max}$: δρομική ταχύτητα που επιτυγχάνεται σε δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου $v\text{VO}_2\text{max}$.

Στους ενήλικες, η μέγιστη ταχύτητα στο σπριντ είναι περίπου διπλάσια σε σύγκριση με τη $v\text{VO}_2\text{max}$ (εικόνα 8.6), αλλά υπάρχουν σημαντικές διατομικές διαφορές, οι οποίες συσχετίζονται με την ικανότητα αποκατάστασης σε δοκιμασίες αντοχής στην ταχύτητα [66], [67]. Για παράδειγμα, όσο μικρότερο ποσοστό της εφεδρείας αναερόβιας ταχύτητας χρησιμοποιείται στην έντονη άσκηση, τόσο μικρότερη είναι η κόπωση κατά την άσκηση υψηλής έντασης [66].



Εικόνα 8.6 Υπολογισμός της εφεδρείας αναερόβιας ταχύτητας από τη μέγιστη δρομική ταχύτητα σε δρόμο 40 m και την ταχύτητα που αντιστοιχεί στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (vVO_{2max}). Σημ. η μέγιστη δρομική ταχύτητα των 29.7 Km/h στην εικόνα αντιστοιχεί σε 8.25 m/s.

Χαμηλές τιμές εφεδρείας αναερόβιας ταχύτητας έχουν οι αθλητές αντοχής, που χαρακτηρίζονται από μεγάλη vVO_{2max} και χαμηλή μέγιστη ταχύτητα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τους αθλητές ταχύτητας/ισχύος. Επίσης, έρευνες δείχνουν ότι τα παιδιά στην προεφηβική ηλικία έχουν χαμηλότερη εφεδρεία, λόγω της χαμηλότερης αναερόβιας ικανότητας και ταχύτητάς τους, γεγονός που συνδέεται με τη μειωμένη κόπωση που εμφανίζουν [67]. Συνεπώς, οι δύο αυτές ταχύτητες (vVO_{2max} και μέγιστη ταχύτητα σπριντ) καθώς και ο υπολογισμός της εφεδρείας αναερόβιας ταχύτητας είναι εξαιρετικά χρήσιμα για τον προπονητή. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ένας αντίστοιχος δείκτης που ονομάζεται «εφεδρεία αναερόβιας ισχύος» (anaerobic power reserve) μπορεί να υπολογιστεί από μετρήσεις της ισχύος κατά την άσκηση σε κυκλοεργόμετρο. Στην περίπτωση αυτή μετράται η ισχύς στην οποία επιτυγχάνεται η VO_{2max} και η μέγιστη ισχύς που επιτυγχάνεται σε σπριντ 6 sec [68]. Στην αντίστοιχη μελέτη, η μέγιστη ισχύς στο σπριντ ήταν 18.8 W/kg σωματικής μάζας, ενώ η ισχύς που αντιστοιχούσε στη VO_{2max} ήταν περίπου το 1/5, δηλαδή 3.8 W/kg σωματικής μάζας [68]. Παρόλα αυτά, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι τα άτομα με χαμηλή εφεδρεία αναερόβιας ισχύος παρουσίασαν μεγαλύτερη αντοχή στην κόπωση κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων σπριντ.

8.9 Δοκιμασίες ταχύτητας και ευκινησίας: T-τεστ, 505 test, Pro agility shuttle (5-10-5), 10 x 5m test, Arrowhead test

Σκοπός: Σκοπός των δοκιμασιών αυτών είναι η μέτρηση του χρόνου διάνυσης μιας συνολικής απόστασης που κυμαίνεται από 20 έως 40 m με αλλαγές κατεύθυνσης σε γωνίες 90-180°. Οι δοκιμασίες αυτές γίνονται σε αθλητές που το άθλημά τους περιλαμβάνει αλλαγές κατεύθυνσης με μεγάλη ταχύτητα ή/και πλάγιες μετακινήσεις (π.χ. αντισφαίριση, καλαθοσφαίριση, πετοσφαίριση, ράγκμπι, ποδόσφαιρο). Για περισσότερες δοκιμασίες ταχύτητας και ευκινησίας που περιλαμβάνουν αντίδραση σε ερέθισμα (π.χ. reactive agility ή άλλες απλές, όπως το L-test, ή πιο σύνθετες δοκιμασίες, όπως το Illinois agility test), ο αναγνώστης μπορεί να μελετήσει ανασκοπήσεις ή εργασίες όπως [7], [26] και [69].

Εξοπλισμός: Η διεξαγωγή των δοκιμασιών αυτών γίνεται σε χώρο που δεν είναι ολισθηρός (συνήθως στον χώρο που αγωνίζεται ο αθλητής). Μετράται με ακρίβεια η προκαθορισμένη απόσταση και οι ενδιάμεσες αποστάσεις και τοποθετούνται οι κώνοι και τα φωτοκύτταρα. Ο χρόνος κάλυψης της συνολικής απόστασης καταγράφεται από τον εξεταστή σε ειδικό φυλλάδιο.

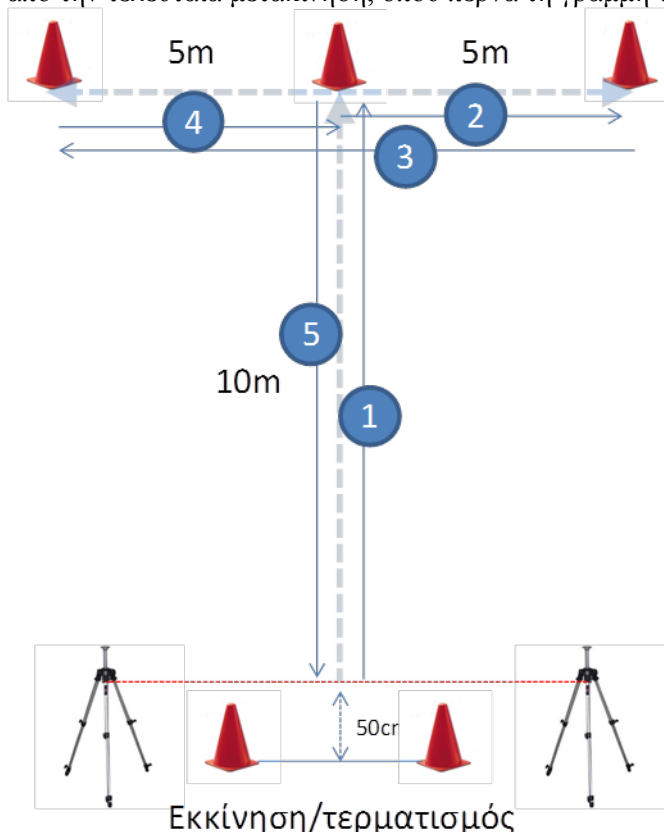
Διαδικασία:

- Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως τρέχοντας χαλαρά για 5-10 min και ακολούθως κάνοντας στατικές και μετά δυναμικές διατατικές ασκήσεις κυρίως των κάτω άκρων. Εκτελούνται 2-4 σταδιακές επιταχύνσεις των 30-40 m με σταδιακή επιτάχυνση, 1-2 μέγιστες επιταχύνσεις των 5-10 m και τέλος ο εξεταζόμενος εκτελεί πλάγια βήματα ή αλλαγές κατεύθυνσης σε γωνία 90° προς τα δεξιά και αριστερά ή σε γωνία 180° με μέτρια ένταση.
- Δίνονται οδηγίες στον εξεταζόμενο να καλύψει την απόσταση με μέγιστη προσπάθεια, ακουμπώντας τον αντίστοιχο κώνο κάθε φορά πριν αλλάξει κατεύθυνση.
- Ο εξεταστής δίνει εκκίνηση λέγοντας: «έτοιμος-πάμε» και ο εξεταζόμενος καλείται να καλύψει την απόσταση στον μικρότερο χρόνο. Η εκκίνηση γίνεται συνήθως από όρθια θέση με το δυνατό πόδι μπροστά.
- Σε όλες αυτές τις δοκιμασίες, ο αθλητής εκτελεί δύο προσπάθειες με διάλειμμα περίπου 3-5 min, κατά τη διάρκεια του οποίου διατηρείται «ζεστός».

8.9.1 Δοκιμασία T (T-τεστ)

Γίνεται σε μια διαδρομή που μοιάζει με το γράμμα T και περιλαμβάνει μετακινήσεις προς τα εμπρός, προς τα πλάγια και προς τα πίσω με μέγιστη προσπάθεια (εικόνα 8.7).

Ο αθλητής τρέχει προς τα εμπρός 10 m, μετά μετακινείται με πλάγια βήματα προς τα δεξιά για 5 m, στη συνέχεια κάνει πλάγια βήματα αριστερά για 10 m, επιστρέφει στο κέντρο με πλάγια βήματα προς τα δεξιά για 5 m και τέλος κάνει πίσω βήματα για 10 m έως τη γραμμή του τερματισμού (εικόνα 8.7). Στο τέλος κάθε μετακίνησης ο αθλητής ακουμπά με το χέρι τον αντίστοιχο κώνο, εκτός από την τελευταία μετακίνηση, όπου περνά τη γραμμή του τερματισμού τρέχοντας προς τα πίσω.

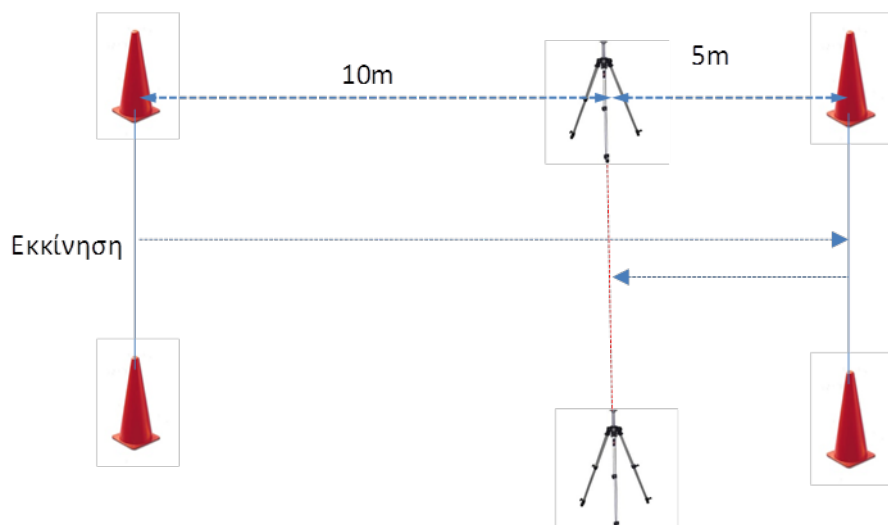


Εικόνα 8.7 Τοποθέτηση των σημαδιών/κώνων και των φωτοκυττάρων για την εκτέλεση του T-τεστ. Ο αθλητής τρέχει προς τα εμπρός 10 m (1), μετά μετακινείται με πλάγια βήματα προς τα δεξιά για 5 m [4], στη συνέχεια κάνει πλάγια βήματα αριστερά για 10 m [70], επιστρέφει στο κέντρο με πλάγια βήματα προς τα δεξιά για 5 m (4) και τέλος κάνει πίσω βήματα για 10 m (5) έως τη γραμμή του τερματισμού. Στο τέλος κάθε μετακίνησης ο αθλητής

ακουμπά με το χέρι τον αντίστοιχο κώνο, εκτός από την τελευταία μετακίνηση, όπου περνά τη γραμμή του τερματισμού τρέχοντας προς τα πίσω.

8.9.2 Δοκιμασία 505

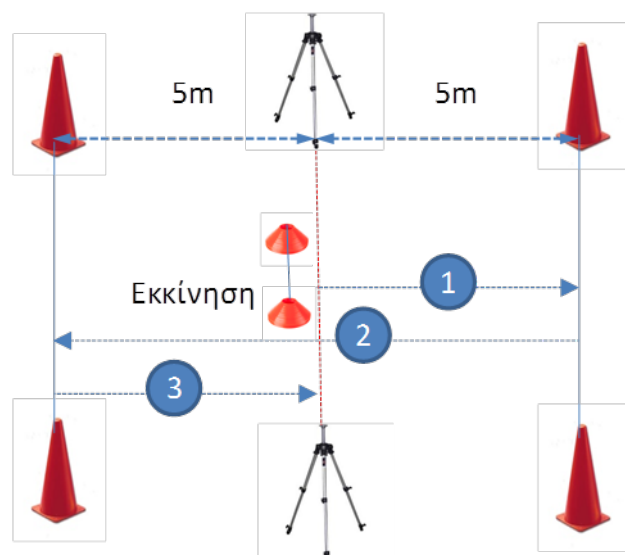
Ο αθλητής τρέχει προς τα εμπρός 10 m και μετά αλλάζει κατεύθυνση 180° και τρέχει άλλα 5 m. Καταγράφεται ο χρόνος των 10 m (5+5), που περιλαμβάνει μια αλλαγή κατεύθυνσης. (εικόνα 8.8).



Εικόνα 8.8 Τοποθέτηση των σημαδιών/κώνων και των φωτοκυττάρων για την εκτέλεση της δοκιμασίας ταχύτητας και ευκινησίας 505. Ο αθλητής τρέχει προς τα εμπρός 10 m και μετά αλλάζει κατεύθυνση 180ο και τρέχει άλλα 5 m. Καταγράφεται ο χρόνος των 10 m (5+5), που περιλαμβάνει αλλαγή κατεύθυνσης.

8.9.3 Δοκιμασία Pro agility test (5-10-5 test)

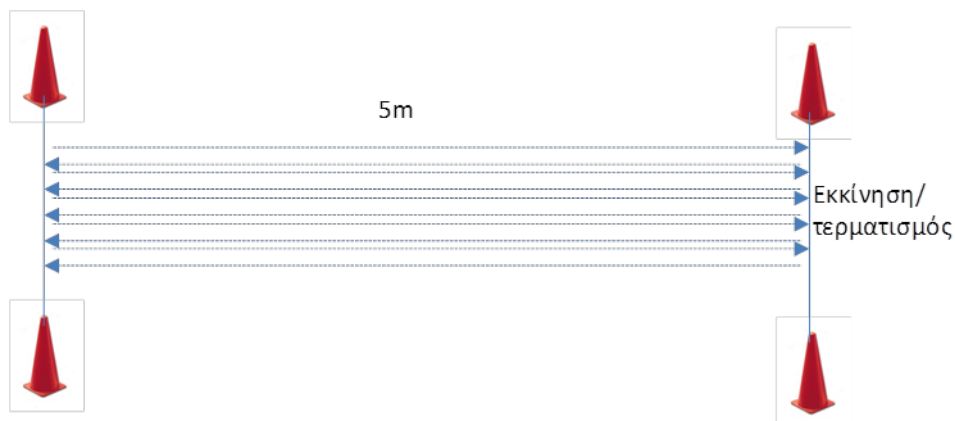
Ο αθλητής τρέχει προς τα εμπρός 5 m, στη συνέχεια αλλάζει κατεύθυνση κατά 180° και τρέχει 10 m και τέλος αλλάζει πάλι κατεύθυνση 180° και τρέχει 5 m. Καταγράφεται ο χρόνος των 20 m, που περιλαμβάνει δύο αλλαγές κατεύθυνσης (εικόνα 8.9).



Εικόνα 8.9 Τοποθέτηση των σημαδιών/κώνων και των φωτοκυττάρων για την εκτέλεση της δοκιμασίας ταχύτητας και ευκινησίας Pro agility ή 5-10-5 τεστ. Ο αθλητής τρέχει προς τα εμπρός 5 m, στη συνέχεια αλλάζει κατεύθυνση κατά 180ο και τρέχει 10 m και τέλος αλλάζει πάλι κατεύθυνση 180ο και τρέχει 5 m. Καταγράφεται ο χρόνος των 20 m που περιλαμβάνει δύο αλλαγές κατεύθυνσης.

8.9.4 Δοκιμασία 10 X 5m

Ο αθλητής τρέχει 5 m και στη συνέχεια αλλάζει κατεύθυνση κατά 180° και τρέχει 5 m κατευθυνόμενος στη γραμμή εκκίνησης. Αυτό επαναλαμβάνεται έως ότου καλυφθούν 50 m (10 x 5m). Σε κάθε αλλαγή κατεύθυνσης, ο δοκιμαζόμενος πρέπει να πατάει στη γραμμή που ορίζει τις αποστάσεις των 5 m. Καταγράφεται ο χρόνος των 20 m, που περιλαμβάνει 9 αλλαγές κατεύθυνσης (εικόνα 8.10). Η δοκιμασία αυτή αποτελεί μέρος του Eurofit test και δυστυχώς δεν υπάρχουν νόρμες για όλες τις ηλικίες για τα δύο φύλα.



Εικόνα 8.10 Σχηματική απεικόνιση της δοκιμασίας ταχύτητας και ευκινησίας 10 x5m.

8.9.5 Δοκιμασία Arrow head agility drill

Ο αθλητής τρέχει 10 m σε ευθεία και στη συνέχεια αλλάζει κατεύθυνση σε γωνία 90° (αριστερά ή δεξιά) και τρέχει 5 m. Μετά αλλάζει πάλι κατεύθυνση σε γωνία 135° και τρέχει 7 m και τέλος αλλάζει πάλι κατεύθυνση σε γωνία 135° και τρέχει 15 m προς τη γραμμή τερματισμού, η οποία συμπίπτει με την εκκίνηση. Η συνολική απόσταση είναι 37 m. Καταγράφεται ο χρόνος των 37 m, που περιλαμβάνει 2 αλλαγές κατεύθυνσης στη μια πλευρά και μια στην άλλη (εικόνα 8.11). Η δοκιμασία εκτελείται και προς τις δύο κατευθύνσεις (αρχική στροφή δεξιά ή αριστερά), αλλάζοντας την αρχική στροφή. Η δοκιμασία αυτή χρησιμοποιείται στη δέσμη δοκιμασιών SPARQ στα ομαδικά αθλήματα, όπως το ποδόσφαιρο και η καλαθοσφαίριση (<http://www.ussoccer.com/stories/2014/03/17/12/22/academy-to-integrate-sparq-self-testing>).

	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
Χρόνος T-test (s)	<=11.41	11.28 έως 10.31	10.25 έως 9.77	9.75 έως 9.19	<=9.16
Χρόνος στο Pro agility test 5-10-5 (s)	>=4.85	4.82 έως 4.58	4.56 έως 4.44	4.44 έως 4.30	<=4.29

***Πίνακας 5.** Νόρμες για την κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων σε δοκιμασίες ταχύτητας και ευκινησίας (από [62] και Γ. Μπογδάνης, αδημοσίευτα δεδομένα). Οι τιμές αφορούν ενήλικες άνδρες. Για γυναίκες μπορεί να προστεθεί ένα δευτερόλεπτο στους παρακάτω χρόνους.*

8.9.5.1 Περαιτέρω πηγές για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

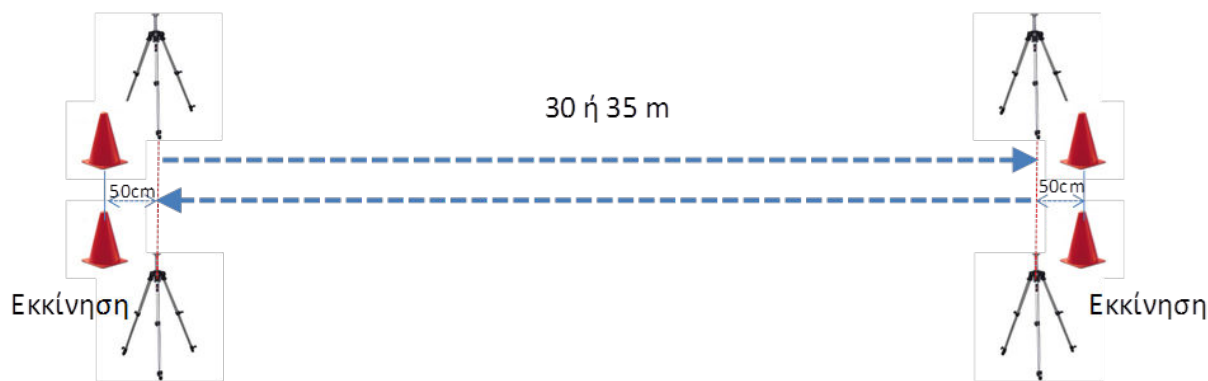
Οι αναγνώστες μπορούν να συμβουλευτούν και τις παρακάτω διαδικτυακές διευθύνσεις:

- <http://www.topendsports.com/testing/tests/t-test.htm> (Προσοχή, οι αποστάσεις είναι σε γιάρδες και οι επιδόσεις τροποποιούνται ανάλογα.)
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/shuttle-20yard.htm> (Προσοχή, οι αποστάσεις είναι σε γιάρδες και οι επιδόσεις τροποποιούνται ανάλογα.)
- <http://www.topendsports.com/sport/gridiron/nfl-draft-results-best.htm>
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/3-cone-drill.htm>
- <http://www.topendsports.com/testing/agility-about.htm>

8.9.6 Προσδιορισμός κόπωσης σε επαναλαμβανόμενα σπριντ – «αντοχή στην ταχύτητα»

Σκοπός: Σκοπός της δοκιμασίας είναι η αξιολόγηση της ικανότητας διατήρησης υψηλής επίδοσης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων σπριντ. Η ικανότητα αυτή, η οποία ονομάζεται και «αντοχή στην ταχύτητα», αναφέρεται στο ποσοστό πτώσης της ταχύτητας όταν ένα σπριντ επαναλαμβάνεται πολλές φορές (από 4 έως και 10) με μικρό διάλειμμα αποκατάστασης. Η ικανότητα να επαναλαμβάνει ο αθλητής σπριντ με μέγιστη ένταση (Repeated Sprint Ability ή RSA) αξιολογείται συνήθως με σπριντ που διαρκούν από 3-6 sec, με διαλείμματα 10-30 sec, όπου ο αθλητής είτε μένει αδρανής (παθητική αποκατάσταση) είτε εκτελεί άσκηση πολύ ήπιας έντασης (ενεργητική αποκατάσταση) [50].

Εξοπλισμός: Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γίνεται σε χώρο που δεν είναι ολισθηρός (συνήθως στον χώρο που αγωνίζεται ο αθλητής). Μετράται με ακρίβεια η προκαθορισμένη απόσταση και οι ενδιάμεσες αποστάσεις και τοποθετούνται τα όργανα μέτρησης. Συνήθως χρησιμοποιούνται φωτοκύτταρα (εικόνα 8.12), αλλά η μέτρηση μπορεί να γίνει και με απλό χρονόμετρο (όπου χρειάζεται προσοχή στην τυποποίηση της στιγμής έναρξης της χρονομέτρησης και στην τοποθέτηση του εξεταστή, ώστε να βλέπει τότε ο αθλητής θα περάσει τη νοητή γραμμή του τερματισμού. Τα αποτελέσματα καταγράφονται ηλεκτρονικά (στη συσκευή μέτρησης) αλλά και από τον εξεταστή σε ειδικό φυλλάδιο.



Εικόνα 8.12 Τοποθέτηση των φωτοκυττάρων για τη μέτρηση της ταχύτητας και τον υπολογισμό της κόπωσης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων σπριντ. Σημ. η απόσταση των 35 m χρησιμοποιείται στο RAST test.

Διαδικασία: Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως τρέχοντας χαλαρά για 5-10 min και ακολούθως κάνοντας στατικές και μετά δυναμικές διατατικές ασκήσεις κυρίως των κάτω άκρων. Εκτελούνται 2-4 σταδιακές επιταχύνσεις 30-40 m και 1-2 μέγιστες επιταχύνσεις των 5-10 m.

Δίδονται οδηγίες στον εξεταζόμενο να μην επιβραδύνει πριν καλύψει την απόσταση (συνήθως τρέχει με μέγιστη ταχύτητα για 5 m παραπάνω από την προκαθορισμένη απόσταση).

Ο εξεταστής δίνει εκκίνηση λέγοντας: «έτοιμος-πάμε» και ο εξεταζόμενος καλείται να καλύψει την απόσταση στον μικρότερο χρόνο. Η εκκίνηση γίνεται συνήθως από όρθια θέση με το δυνατό πόδι μπροστά.

8.9.7 Running based Anaerobic Sprint Test (RAST test)

Η δοκιμασία περιλαμβάνει 6 σπριντ των 35 m με 10 sec αποκατάσταση μεταξύ των σπριντ. Η συνολική διάρκεια της δοκιμασίας είναι περίπου όσο αυτή της δοκιμασίας Wingate και ο τρόπος υπολογισμού της επίδοσης προσομοιάζει τη δοκιμασία αυτή, δηλαδή υπολογίζεται η μέγιστη ισχύς, η μέση ισχύς και ο δείκτης κόπωσης, όπως ακριβώς και στη δοκιμασία Wingate. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν όμως ότι οι δοκιμασίες Wingate και RAST τεστ αξιολογούν διαφορετικές ικανότητες, αφού τα αποτελέσματά τους δεν συσχετίζονται [71]. Έτσι, για την αξιολόγηση της ικανότητας κόπωσης κατά τη διάρκεια μέγιστης άσκησης είναι προτιμότερο να γίνονται μετρήσεις πεδίου με επαναλαμβανόμενα σπριντ παρά η δοκιμασία Wingate, η οποία είναι εργαστηριακή και ειδικότερη για την ποδηλασία παρά για το τρέξιμο.

Οι υπολογισμοί της ισχύος στο RAST test γίνονται με βάση την παρακάτω εξίσωση, η οποία προκύπτει από βασικές εξισώσεις της φυσικής που αφορούν την κίνηση μιας μάζας:

$$\text{Ισχύς (Watt)} = \text{Μάζα σώματος} \times \text{απόσταση}^2 / \text{χρόνος σπριντ}^3$$

Όπου: μάζα σώματος του αθλητή σε kg απόσταση του κάθε σπριντ (δηλ. 35m) χρόνος διάνυσης του κάθε σπριντ σε sec.

Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται ο υπολογισμός των παραμέτρων ισχύος του τεστ για αθλητή βάρους 76 kg που εκτελεί το RAST τεστ (6 σπριντ των 35 m):

Σπριντ	Χρόνος (s)	Ισχύς (W)		
1	4.52	1008	Μέγιστη ισχύς=	1008
2	4.75	869	Ελάχιστη ισχύς=	524
3	4.92	782	Μέση ισχύς=	731
4	5.21	658	Ρυθμός κόπωσης=	15.82
5	5.56	542	Μέγιστη ισχύς=	1008
6	5.62	524		

Συνολική διάρκεια (sec):	30.58	
--------------------------	-------	--

Όπου:

- Μέγιστη ισχύς= υψηλότερη τιμή της ισχύος
- Ελάχιστη ισχύς= η χαμηλότερη τιμή της ισχύος
- Μέση ισχύς= άθροισμα της ισχύος του κάθε σπριντ διά 6
- Ρυθμός κόπωσης = (Μέγιστη - ελάχιστη ισχύς) / συνολικός χρόνος των 6 σπριντ
- Απόσταση κάθε σπριντ: 35m
- Μάζα σώματος αθλητή: 76 Kg

8.9.8 Επαναλαμβανόμενα σπριντ 6 x 30 m

Η δοκιμασία περιλαμβάνει 6 σπριντ των 30 m, μεταξύ των οποίων μεσολαβεί συνήθως διάλειμμα 10-24 sec. Μια παραλλαγή του, η οποία περιλαμβάνεται στη δέση δοκιμασιών για επιλογή παικτών ποδοσφαίρου στην Αυστραλία (Australian Rules Football-AFL draft camp) είναι το κάθε σπριντ να ξεκινά 20 sec από την αρχή του προηγούμενου, δηλαδή γίνεται ένα σπριντ κάθε 20 sec, ανεξάρτητα από τη διάρκεια του κάθε σπριντ. Αυτό σημαίνει ότι το διάλειμμα αποκατάστασης είναι περίπου 15-16 sec, αφού το κάθε 30άρι διαρκεί περίπου 4 sec. Ως επίδοση υπολογίζεται ο συνολικός χρόνος διάρκειας των σπριντ, με τις καλύτερες επιδόσεις να κυμαίνονται μεταξύ των 24 και 25 sec. Παραλλαγές του τεστ έχουν γίνει σε αθλήματα τα οποία απαιτούν αλλαγή κατεύθυνσης, όπως το ποδόσφαιρο, και περιλαμβάνουν 6 σπριντ των 30 m, όπου όμως το καθένα αποτελείται από 15+15 m και εκτελείται με παλίνδρομο τρόπο, με αλλαγή κατεύθυνσης 180° [72]. Ως επίδοση σε αυτήν τη δοκιμασία ορίζεται ο μέσος όρος του χρόνου των έξι 30αριών (περίπου 6 sec). Σε άλλες παραλλαγές της δοκιμασίας, ο χρόνος διαλείμματος είναι σταθερός στα 20 έως 24 sec.

8.9.9 Δοκιμασία 300 γιαρδών (274 m)

Η δοκιμασία περιλαμβάνει 12 σπριντ των 25 γιαρδών (22.56 m), τα οποία εκτελούνται με παλίνδρομο τρόπο χωρίς διάλειμμα. Τα φωτοκύτταρα τοποθετούνται 50 cm πίσω από το σημείο εκκίνησης, το οποίο συμπίπτει με το σημείο τερματισμού.

8.9.10 Υπολογισμός του δείκτη κόπωσης για τις δοκιμασίες που περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενα σπριντ

Ο υπολογισμός του δείκτη κόπωσης, δηλαδή ενός δείκτη που ποσοτικοποιεί την πτώση της ταχύτητας ή της παραγόμενης ισχύος κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας με επαναλαμβανόμενα σπριντ, μπορεί να γίνει με πάρα πολλούς τρόπους. Χαρακτηριστικά, οι [52] μελέτησαν την εγκυρότητα και αξιοπιστία οκτώ διαφορετικών δεικτών κόπωσης κατά τη διάρκεια δύο πρωτοκόλλων επαναλαμβανόμενων σπριντ. Μεταξύ των δεικτών ήταν και ο κλασικός δείκτης κόπωσης:

$$\text{Δείκτης κόπωσης (\%)} = (\text{χρόνος του αργότερου σπριντ} - \text{χρόνος του γρηγορότερου σπριντ}) \div \text{χρόνος του γρηγορότερου σπριντ} \times 100$$

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη δοκιμασία κόπωσης (10 x 6 sec σπριντ στο κυκλοεργόμετρο), ο πιο έγκυρος και αξιόπιστος δείκτης κόπωσης ήταν αυτός που είχε προταθεί από τον Fitzsimons κ.α. [53] και που ονομάζεται «ποσοστιαία μείωση της επίδοσης» (percentage decrement score):

$$\text{Ποσοστιαία μείωση της επίδοσης} - \text{percentage decrement} \\ (\%) = (100 \times (\text{συνολικός χρόνος όλων των σπριντ} \div \text{ιδανικός} \\ \text{χρόνος όλων των σπριντ})) - 100$$

Όπου συνολικός χρόνος όλων των σπριντ = το άθροισμα των χρόνων όλων των σπριντ και ιδανικός χρόνος όλων των σπριντ = χρόνος του γρηγορότερου σπριντ x συνολικός αριθμός των σπριντ.

Σημειώνεται ότι οι διάφοροι τρόποι υπολογισμού της κόπωσης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων σπριντ δίνουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα και γι' αυτόν τον λόγο η ορθή επιλογή και ερμηνεία του δείκτη κόπωσης είναι πολύ σημαντική. Στο παραπάνω παράδειγμα του RAST τεστ, ο κλασικός δείκτης κόπωσης είναι 24.3%, ενώ η ποσοστιαία μείωση της επίδοσης είναι 12.8%. Όπως αναφέρθηκε, προτιμάται ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης της επίδοσης, λόγω της υψηλής εγκυρότητας και αξιοπιστίας που τον χαρακτηρίζει.

Σημεία προσοχής:

- Οι αποστάσεις θα πρέπει να μετρηθούν με ακρίβεια.
- Το ζεύγος φωτοκυττάρων πρέπει να τοποθετείται στο ύψος των ισχίων των αθλητών.
- Το σημείο εκκίνησης πρέπει να τοποθετείται 40-50 cm πίσω από το πρώτο ζεύγος φωτοκυττάρων
- Η επιφάνεια τρεξίματος δεν πρέπει να είναι ολισθηρή και οι αθλητές πρέπει να φορούν τα κατάλληλα παπούτσια. Συνήθως το τεστ γίνεται στον χώρο που αγωνίζεται ο αθλητής (π.χ. ταρτάν για τον αθλητή στίβου, γήπεδο ποδοσφαίρου για τον ποδοσφαιριστή και παρκέ για τον παίκτη του μπάσκετ), με τα αντίστοιχα υποδήματα του αθλήματος.
- Αν φυσά άνεμος, είναι καλό τα φωτοκύτταρα να τοποθετούνται με γωνία 90° στην κατεύθυνση του ανέμου (ο άνεμος να φυσά πλάγια), ώστε να ελαχιστοποιείται η θετική ή αρνητική επίδραση του ευνοϊκού ή αντίθετου ανέμου.

Ερμηνεία: Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του πίνακα 8.6 καθώς και από άλλες πηγές του διαδικτύου (βλ. παρακάτω).

	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
Επαναλαμβανόμενα σπριντ 6 x 30 m (ποσοστιαία μείωση της επίδοσης- percentage decrement, %)	>=-7.1%	-7.0% έως -5.9%	-5.9% έως -4.9%	-4.8% έως - 3.7%	<=-3.6%
Δοκιμασία 300 γιάρδων (274m). Συνολικός χρόνος (s)	>=67.62	67.13 έως 63.22	63.01 έως 61.09	60.99 έως 58.77	<=58.63

Πίνακας 8.6 Νόρμες για την κατηγοριοποίηση του συντελεστή κόπωσης σε επαναλαμβανόμενα σπριντ (από Γ. Μπογδάνης, αδημοσίευτα δεδομένα). Οι τιμές αναφέρονται σε άρρενες.

8.9.10.1 Περαιτέρω πηγές για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Οι αναγνώστες μπορούν να συμβουλευτούν και τις παρακάτω διαδικτυακές διευθύνσεις:

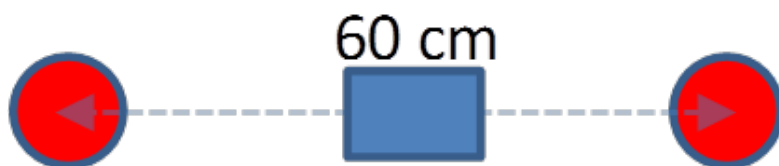
- <http://www.brianmac.co.uk/rast.htm>
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/rast.htm>
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/fifa-interval-1.htm>
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/sprint-fatigue.htm>
- <http://www.topendsports.com/testing/tests/sprint-recovery-afl.htm>

8.9.11 Δοκιμασία ταχύτητας κίνησης χεριού (Plate Tapping test)

Σκοπός: Σκοπός της δοκιμασίας είναι η μέτρηση της ταχύτητας και του συντονισμού των άνω άκρων. Η εξέταση γίνεται για κάθε χέρι ξεχωριστά και το τεστ συμπεριλαμβάνεται στη δέσμη του

Eurofit test, χωρίς όμως να δίνονται νόρμες για διαφορετικούς πληθυσμούς. Η δοκιμασία αυτή γίνεται συνήθως σε αθλητές που το άθλημά τους απαιτεί ταχύτητα και συντονισμό των χεριών.

Εξοπλισμός: Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γίνεται σε κλειστό χώρο εφοδιασμένο με τραπέζι, του οποίου το ύψος προσαρμόζεται στον εξεταζόμενο. Στο τραπέζι τοποθετούνται δύο χρωματιστοί δίσκοι διαμέτρου 20 cm σε απόσταση 60 cm μεταξύ τους (από κέντρο σε κέντρο κύκλου). Ανάμεσα από τους δύο κύκλους τοποθετείται σταθερά ένα τετράγωνο πλαίσιο (20 x 30 cm) για την τοποθέτηση του σταθερού χεριού (εικόνα 8.13). Η μέτρηση του χρόνου γίνεται είτε με απλό χρονόμετρο είτε με ηλεκτρονικό τρόπο. Ο χρόνος για την εκτέλεση 25 κύκλων κίνησης του χεριού καταγράφεται από τον εξεταστή σε ειδικό φυλλάδιο.



Εικόνα 8.13 Τοποθέτηση των κύκλων και του τετραγώνου για τη δοκιμασία *plate tapping*.

Διαδικασία: Ο εξεταζόμενος προθερμαίνεται συνήθως τρέχοντας χαλαρά για 5 min και ακολούθως κάνοντας στατικές και μετά δυναμικές διατατικές ασκήσεις των άνω άκρων. Στη διαδικασία της προθέρμανσης περιλαμβάνονται και 1-2 δοκιμαστικές προσπάθειες εκτέλεσης 10 επαναλήψεων της κίνησης της δοκιμασίας.

Ο εξεταζόμενος στέκεται όρθιος μπροστά σε ένα τραπέζι, του οποίου το ύψος είναι καλό να μπορεί να ρυθμιστεί, ώστε να ακουμπά με άνεση το ένα χέρι του στο κέντρο της απόστασης μεταξύ των δύο κύκλων (στο ειδικά σχεδιασμένο τετράγωνο). Το χέρι που ακουμπά σε αυτό το τετράγωνο θα παραμείνει ακίνητο για όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας, ενώ το άλλο χέρι τοποθετείται στον αντίστοιχο με αυτό κύκλο (δεξί χέρι στον δεξί κύκλο), πριν δοθεί η εκκίνηση του τεστ.

Ο εξεταστής δίνει την εκκίνηση λέγοντας «έτοιμος-πάμε» και ο εξεταζόμενος θα πρέπει να μετακινήσει το χέρι που βρίσκεται στον κύκλο (σημείο εκκίνησης) στον απέναντι κύκλο και ξανά πίσω, κάνοντας συνεχόμενα 25 «κύκλους», δηλαδή 50 αγγίγματα των κύκλων εναλλάξ, στον μικρότερο χρόνο, χωρίς να μετακινήσει το σώμα του ή το χέρι που βρίσκεται στο τετράγωνο. Ο αθλητής εκτελεί δύο προσπάθειες σε κάθε χέρι με διάλειμμα περίπου 3 min.

Ερμηνεία: Οι επιδόσεις νεαρών ενηλίκων (19 ετών) στη δοκιμασία αυτή είναι περίπου 10 ± 1 sec [73]. Δυστυχώς δεν υπάρχουν πολλές πηγές για τη δημιουργία έγκυρων νορμών για διαφορετικές ηλικίες στα δύο φύλα.

8.9.11.1 Περαιτέρω πηγές για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Οι αναγνώστες μπορούν να συμβουλευτούν και τις παρακάτω διαδικτυακές διευθύνσεις και βιβλία:

- Testing physical fitness: Eurofit experimental battery - provisional handbook / Council of Europe. <http://trove.nla.gov.au/version/27012843>.
- Eurofit for Adults: Assessment of Health-related Fitness Sport (Strasbourg, France). OjaP&TuxworthB (eds).

8.10 Γενικά σημεία προσοχής για την αξιολόγηση της ταχύτητας

8.10.1 Ιατρικός έλεγχος πριν τη δοκιμασία

Η συμμετοχή σε μέγιστες δοκιμασίες ταχύτητας και ιδιαίτερα σε δοκιμασίες που περιλαμβάνουν παρατεταμένη αναερόβια άσκηση (π.χ. Wingate test, τεστ αντοχής στην ταχύτητα) προϋποθέτει να έχει γίνει πλήρης έλεγχος της υγείας του αθλητή από καρδιολόγο, παθολόγο και ορθοπεδικό, ώστε να

προστατευτεί η υγεία και η ακεραιότητά του. Επιπρόσθετα, ο αθλητικός επιστήμονας που διεξάγει τις δοκιμασίες θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός και να παρατηρεί στον αθλητή τυχόν σημεία που δείχνουν υπερβολική κόπωση ή καταπόνηση πριν, κατά τη διάρκεια αλλά και μετά τη δοκιμασία. Τα παρακάτω αναφερόμενα είναι μερικά από τα σημεία που θα πρέπει να προσεχθούν:

- αρχικά αυξημένη αρτηριακή πίεση λόγω έντονης αναερόβιας προσπάθειας, η οποία ακολουθείται κάποιες φορές από υπόταση ή/και καρδιακές αρρυθμίες,
- ζάλη, ναυτία, πονοκέφαλος,
- δυσκολία αναπνοής με ή χωρίς πόνο ή «σφίξιμο» στο στήθος,
- μυϊκός πόνος ή «σφίξιμο» που μπορεί να προηγηθεί της μυϊκής θλάσης. Στις δρομικές δοκιμασίες ταχύτητας οι μύες που τραυματίζονται συνήθως είναι οι οπίσθιοι μηριαίοι (δικέφαλος, ημιμυενώδης, ημιτενοντώδης), ο ορθός μηριαίος και λιγότερο οι υπόλοιπες κεφαλές του τετρακεφάλου και ο γαστροκνήμιος.

Σε κάθε περίπτωση που θα εμφανιστεί κάποιο ιατρικό πρόβλημα, το τεστ πρέπει να σταματά αμέσως και να επιλαμβάνεται του περιστατικού ο ιατρός που πρέπει να παρίσταται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας. Αλλιώς δίνονται οι πρώτες βοήθειες από έμπειρο και εκπαιδευμένο άτομο και καλείται ιατρική βοήθεια.

8.10.2 Ενημέρωση και έγγραφη συγκατάθεση

Πριν την τέλεση κάποιας δοκιμασίας απαιτείται η πλήρης και συνήθως έγγραφη ενημέρωση και στη συνέχεια η συγκατάθεση των δοκιμαζομένων (ενήλικες) και των γονέων τους (ανήλικοι). Ο εξεταστής οφείλει να εξηγήσει τη διαδικασία και τις απαιτήσεις του τεστ, τους πιθανούς κινδύνους και τα οφέλη καθώς και τον τρόπο χρήσης των αποτελεσμάτων, διασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα και την ανωνυμία σε περίπτωση δημοσιοποίησής τους (κατά κανόνα με τη μορφή μέσων όρων και όχι ως ατομικά αποτελέσματα). Αφού προηγηθεί η πλήρης ενημέρωση του δοκιμαζομένου και των γονέων του (σε περίπτωση ανήλικων αθλητών), τότε υπογράφεται το έγγραφο συγκατάθεσης, όπου περιλαμβάνεται και το δικαίωμα του δοκιμαζομένου να σταματήσει το τεστ όποτε επιθυμεί χωρίς να είναι υποχρεωμένος να εξηγήσει τον λόγο.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

1. Hoffman, Physiological Aspects of Sport Training and Performance, ed. H. Kinetics. 2014: Inc, Champaign IL
2. Stratton, G., et al., Youth Soccer. From science to performance. 2004, New York: Routledge.
3. Thompson, W., N. Gordon, and L. Pescello, ACSM, Benefits and Risks associated with physical activity, in ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription ed. W.K.L.W. Wilkins. 2014, Philadelphia.
4. Janik, J.E., et al., Interleukin 1 alpha increases serum leptin concentrations in humans. J Clin Endocrinol Metab, 1997. 82(9): p. 3084-6.
5. Κέλλης, Σ., Προπονητική: Σημειώσεις από τις παραδόσεις του Μαθήματος, Θεσσαλονίκη. 2012.
6. Hoffman, J. and J. Graham, Speed training. In NSCA's guide to program design. 2012, Champaign,IL: Human Kinetics.
7. Brughelli, M., et al., Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. Sports Med, 2008. 38(12): p. 1045-63.
8. Keiner, M., et al., Long-term strength training effects on change-of-direction sprint performance. J Strength Cond Res, 2014. 28(1): p. 223-31.
9. Chaouachi, A., et al., Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. J Strength Cond Res, 2012. 26(10): p. 2667-76.
10. Vandewalle, H., et al., Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of a vertical jump. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1987. 56(6): p. 650-6.
11. Harman, E., Principles of Test selection and administration, In Essentials of Strength Training and Conditioning. 2008, Champaign, IL: Human Kinetics Inc.
12. Wisloff, U., et al., Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. Br J Sports Med, 2004. 38(3): p. 285-8.
13. Bogdanis, G., et al., Effects of a hypertrophy and a maximal strength training program on speed, force and power of soccer players. Science and football. 2008, London: Relly T,Korkusuzeds F.
14. Bogdanis, G.C., et al., Effects of two different half-squat training programs on fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. J Strength Cond Res, 2011. 25(7): p. 1849-56.
15. Terzis, G., et al., Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers. J Sports Sci Med, 2010. 9(1): p. 104-9.
16. Τσούκος, Α., Π. Βεληγκέκας, and Γ. Μπογδάνης, Φυσιολογική βάση της μεταδιεγερτικής διαυκόλυνσης στο σκελετικό μυ και πρακτικές εφαρμογές στον αθλητισμό. Επιθεώρηση Βιοχημείας και Φυσιολογίας της Άσκησης, 2013. 1: p. 1-21.
17. Armstrong, N. and J. Welshman, Exercise metabolism, In Peadiatric Exercise Physiology. 2007, Philadelphia: Chrurchill Livingstone Elsevier.
18. Harman, E. and J. Garhammer, Administration, Scoring and Interpretation of selected tests, ed. I.E.o.S.T.a. Conditioning. 2008: Human Kinetics, Champaign, IL.
19. Bottinelli, R., Functional heterogeneity of mammalian single muscle fibres: do myosin isoforms tell the whole story? Pflugers Arch, 2001. 443(1): p. 6-17.
20. Malisoux, L., M. Francaux, and D. Theisen, What do single-fiber studies tell us about exercise training? Medicine and Science in Sports and Exercise, 2007. 39(7): p. 1051-1060.
21. Sargeant, A.J., Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1987. 56(6): p. 693-8.
22. Karatzaferi, C., et al., Metabolic changes in single human muscle fibres during brief maximal exercise. Experimental Physiology, 2001. 86(3): p. 411-415.
23. Harber, M. and S. Trappe, Single muscle fiber contractile properties of young competitive distance runners. J Appl Physiol (1985), 2008. 105(2): p. 629-36.
24. Hamada, T., et al., Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. Acta Physiol Scand, 2003. 178(2): p. 165-73.

25. Duchateau, J., J. Semmler, and R. Enoka, Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of Applied Physiology*, 1985. 101(6): p. 1766-1775.
26. Plisk, S., Speed, agility and speed-endurance development, In *essentials of strength training and conditioning*. 2008, Champaign,IL: Human Kinetics.
27. Chia, M. and N. Armstrong, Maximal intensity exercise, In *Paediatric Exercise Physiology*. 2007, Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
28. Taylor, D.J., et al., Ageing: effects on oxidative function of skeletal muscle in vivo. *Mol Cell Biochem*, 1997. 174(1-2): p. 321-4.
29. Ratel, S., et al., Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatr*, 2003. 92(11): p. 1248-54.
30. Bogdanis, G.C., et al., Influence of resistive load on power output and fatigue during intermittent sprint cycling exercise in children. *Eur J Appl Physiol*, 2007. 101(3): p. 313-20.
31. Driss, T. and H. Vandewalle, The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. *Biomed Res Int*, 2013. 2013: p. 589361.
32. Burchfield, D.M. and J.A. Rall, Temperature dependence of the crossbridge cycle during unloaded shortening and maximum isometric tetanus in frog skeletal muscle. *J Muscle Res Cell Motil*, 1986. 7(4): p. 320-6.
33. Mohr, M., et al., Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports*, 2004. 14(3): p. 156-62.
34. Drust, B., et al., Circadian rhythms in sports performance--an update. *Chronobiol Int*, 2005. 22(1): p. 21-44.
35. Teo, W., M.J. Newton, and M.R. McGuigan, Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation. *J Sports Sci Med*, 2011. 10(4): p. 600-6.
36. Racinais, S., O. Hue, and S. Blonc, Time-of-day effects on anaerobic muscular power in a moderately warm environment. *Chronobiol Int*, 2004. 21(3): p. 485-95.
37. Chtourou, H. and N. Souissi, The effect of training at a specific time of day: a review. *J Strength Cond Res*, 2012. 26(7): p. 1984-2005.
38. Coutts, A.J. and R. Duffield, Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*, 2010. 13(1): p. 133-5.
39. Castellano, J., et al., Reliability and Accuracy of 10 Hz GPS Devices for Short-Distance Exercise. *J Sports Sci Med*, 2011. 10(1): p. 233-4.
40. Cummins, C., et al., Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med*, 2013. 43(10): p. 1025-42.
41. Harrison, A.J., R. Jensen, and O. Donoghue, A comparison of laser and video techniques for determining displacement and velocity during running Meas in Physical Education and Exerc Sci, 2005. 9(4): p. 219-231.
42. Bezodis, N.E., A.I. Salo, and G. Trewartha, Measurement error in estimates of sprint velocity from a laser displacement measurement device. *Int J Sports Med*, 2012. 33(6): p. 439-44.
43. Yeadon, M.R., T. Kato, and D.G. Kerwin, Measuring running speed using photocells. *J Sports Sci*, 1999. 17(3): p. 249-57.
44. Hautier, C.A., et al., Optimal velocity for maximal power production in non-isokinetic cycling is related to muscle fibre type composition. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1996. 74(1-2): p. 114-8.
45. Bogdanis, G., et al., Effects of inertia correction and resistive load on fatigue during repeated sprints on a friction-loaded cycle ergometer. *J Sports Sci*, 2008. 26(13): p. 1437-45.
46. Hautier, C.A., A. Belli, and J.R. Lacour, A method for assessing muscle fatigue during sprint exercise in humans using a friction-loaded cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1998. 78(3): p. 231-5.
47. Bobbert, M.F., Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *J Appl Physiol* (1985), 2012. 112(12): p. 1975-83.
48. Linossier, M.T., et al., Use of the force-velocity test to determine the optimal braking force for a sprint exercise on a friction-loaded cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1996. 74(5): p. 420-7.
49. Gaitanos, G.C., et al., Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol* (1985), 1993. 75(2): p. 712-9.

50. Dawson, B., Repeated-sprint ability: where are we? *Int J Sports Physiol Perform*, 2012. 7(3): p. 285-9.
51. Hautier, C.A., et al., Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 2000. 32(4): p. 839-43.
52. Glaister, M., et al., The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. *J Strength Cond Res*, 2008. 22(5): p. 1597-601.
53. Fitzsimons, M., et al., Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Austr J Sci Med Sport*, 1993. 25: p. 82-87.
54. Bogdanis, G.C., et al., Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1996. 74(5): p. 461-9.
55. Bar-Or, O., The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*, 1987. 4(6): p. 381-94.
56. Bogdanis, G.C., et al., Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*, 1995. 482 (Pt 2): p. 467-80.
57. Bogdanis, G.C., et al., Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol* (1985), 1996. 80(3): p. 876-84.
58. Bogdanis, G.C., Effects of physical activity and inactivity on muscle fatigue. *Front Physiol*, 2012. 3: p. 142.
59. Calbet, J.A., et al., Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. *J Appl Physiol* (1985), 2003. 94(2): p. 668-76.
60. Bogdanis, G.C., M.E. Nevill, and H.K. Lakomy, Effects of previous dynamic arm exercise on power output during repeated maximal sprint cycling. *J Sports Sci*, 1994. 12(4): p. 363-70.
61. Karatzafieri, C., G. Giakas, and D. Ball, Fatigue profile: a numerical method to examine fatigue in cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1999. 80(5): p. 508 - 510.
62. Hoffman, J.R., *Norms for Fitness, Performance and Health*. Inc, Champaign, IL 2006: Human Kinetics.
63. Zupan, M.F., et al., Wingate Anaerobic Test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *J Strength Cond Res*, 2009. 23(9): p. 2598-604.
64. Coppin, E., et al., Wingate anaerobic test reference values for male power athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 2012. 7(3): p. 232-6.
65. Bundle, M.W., R.W. Hoyt, and P.G. Weyand, High-speed running performance: a new approach to assessment and prediction. *J Appl Physiol* (1985), 2003. 95(5): p. 1955-62.
66. Buchheit, M., K. Hader, and A. Mendez-Villanueva, Tolerance to high-intensity intermittent running exercise: do oxygen uptake kinetics really matter? *Front Physiol*, 2012. 3: p. 406.
67. Buchheit, M. and A. Mendez-Villanueva, Changes in repeated-sprint performance in relation to change in locomotor profile in highly-trained young soccer players. *J Sports Sci*, 2014. 32(13): p. 1309-17.
68. Mendez-Villanueva, A., P. Hamer, and D. Bishop, Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, 2008. 103(4): p. 411-9.
69. Gabbett, T.J., J.N. Kelly, and J.M. Sheppard, Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *J Strength Cond Res*, 2008. 22(1): p. 174-81.
70. Moxley, R.T., 3rd, et al., Potassium uptake in muscle during paramyotonic weakness. *Neurology*, 1989. 39(7): p. 952-5.
71. Keir, D.A., F. Theriault, and O. Serresse, Evaluation of the running-based anaerobic sprint test as a measure of repeated sprint ability in collegiate-level soccer players. *J Strength Cond Res*, 2013. 27(6): p. 1671-8.
72. Buchheit, M., et al., Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 2010. 24(10): p. 2715-22.
73. Tsigilis, N., H. Douda, and S.P. Tokmakidis, Test-retest reliability of the Eurofit test battery administered to university students. *Percept Mot Skills*, 2002. 95(3 Pt 2): p. 1295-300.

