



## Σχέση Εναρκτήριας και Μέγιστης Ισομετρικής Δύναμης με Χαρακτηριστικά Αλτικής Ικανότητας σε Νεαρές Αθλήτριες Πετοσφαίρισης

Ελισσάβη Ν. Ρουσόνογλου & Κωνσταντίνος Δ. Μπουντόλος  
Εργαστήριο Αθλητικής Βιο-μηχανικής  
ΤΕΦΑΑ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

### Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνηθεί εάν ο διαφορετικός τύπος αλτικής δοκιμασίας ορίζει τη σημαντικότητα των σχέσεων ανάμεσα στην ισομετρική ροπή δύναμης ( $P_{ISOM}$ ) και των μηχανικών χαρακτηριστικών της αλτικής ικανότητας. Είκοσι μία νεαρές αθλήτριες της πετοσφαίρισης (14-19ετών), υψηλής αγωνιστικής κατάρτισης, με ισοδύναμη εκπροσώπηση στις δύο αγωνιστικές ηλικιακές κατηγορίες (κορασίδες - νεάνιδες) συμμετείχαν στη μελέτη. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αλτικής ικανότητας (ύψος άλματος, μέγιστη ισχύς και μέγιστη δύναμη ώθησης) μετρήθηκαν με χρήση δυναμοδαπέδου (Kistler, Type: 9286AA) σε δύο δοκιμασίες (CMJ και SJ) που διακρίνονται ως προς τη χρήση ή μη του κύκλου διάτασης - βράχυνσης. Η  $P_{ISOM}$  των εκτεινόντων μυών στο γόνατο ( $60^\circ$ ) μετρήθηκε σε εναρκτήρια φάση της μυϊκής συστολής των πρώτων 300 ms ( $P_{EN}$ ) και στη μέγιστη τιμή της ( $P_{MAX}$ ) με το ισοκινητικό δυναμόμετρο Cybex II<sup>+</sup>. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, με εξαίρεση την  $P_{MAX}$  ( $p < .05$ ), οι δύο ηλικιακές κατηγορίες δεν είχαν σημαντικές διαφορές στα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά ( $p > .05$ ). Στο σύνολο του δείγματος, οι συσχετίσεις των  $P_{EN}$  και  $P_{MAX}$  είχαν ισχυρή σημαντική συνάφεια με το ύψος άλματος τύπου CMJ ( $r = .72$  και  $r = .72$ , αντιστοίχως,  $p < .05$ ) όχι όμως και με το άλμα τύπου SJ ( $p > .05$ ). Επίσης, συγκριτικά με το ύψος άλματος, η μέγιστη δύναμη ώθησης είχε χαμηλότερη σχέση με τις  $P_{EN}$  και  $P_{MAX}$  ( $r = .66$  και  $r = .70$ , αντιστοίχως,  $p < .05$ ) ενώ αναδείχθηκε ως πιο προσδιοριστικό μέτρο συγκριτικά με τη μέγιστη ισχύ ( $r = .50$  και  $r = .53$ , αντιστοίχως,  $p < .05$ ). Στην κατεύθυνση της ορθολογιστικής επιλογής δοκιμασιών για την αξιολόγηση αθλητριών υψηλών επιδόσεων, σε ανάλογες περιπτώσεις, προτείνεται να συνδυάζονται χρονικές φάσεις ισομετρικής μυϊκής συστολής που να αντιστοιχούν σε κρίσιμους αγωνιστικούς χρόνους δράσης, όπως και αλτικές δοκιμασίες που να προσομοιάζουν στα αγωνιστικά κινητικά πρότυπα.

Λέξεις κλειδιά: *ισομετρική ροπή δύναμης, εναρκτήρια φάση μυϊκής συστολής, κατακόρυφο άλμα, νεαρές αθλήτριες, κύκλος διάτασης - βράχυνσης*

### Relationship of Initial and Maximal Isometric Torque with Jumping Ability Characteristics in Young Female Volleyball Players

Elissavet N. Rousanoglou & Konstantinos D. Boudolos  
Sports Biomechanics Lab

Department of Physical Education & Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens, Hellas

### Abstract

The purpose of the study was to investigate whether the different type of jumping test determines the significance of the relationships between the isometric torque ( $T_{ISOM}$ ) and the mechanical characteristics of jumping ability. Twenty one elite young female volleyball players (14-19 yrs), with equivalent representation of the two competitive age categories (girls - young women) participated in the study. The mechanical characteristics of jumping ability (jump height, maximal power and maximal impulse) were measured with a forceplate (Kistler, Type: 9286AA) in two jumping tests (CMJ and SJ) that distinctly differ with regard to the use or no use of the stretch-shortening cycle. The  $T_{ISOM}$  of the knee extensors ( $60^\circ$ ) was measured in the initial phase of muscle contraction at the first 300 ms ( $T_{IN}$ ) and at the maximal value ( $T_{MAX}$ ), with the isokinetic dynamometer Cybex II<sup>+</sup>.

The results showed that, with the exception of  $T_{MAX}$  ( $p < .05$ ), the two age categories had no significant difference in the examined characteristics ( $p > .05$ ). For the total sample, the relationships of  $T_{IN}$  and  $T_{MAX}$  were strong with jump height in CMJ ( $r = .72$  and  $r = .72$ , respectively,  $p < .05$ ) but not with jump height in SJ ( $p > .05$ ). In comparison to jump height, the maximal impulse had a weaker relationship with  $T_{IN}$  and  $T_{MAX}$  ( $r = .66$  and  $r = .696$ , respectively,  $p < .05$ ) and it was highlighted as a more determinative measure than maximal power ( $r = .50$  and  $r = .53$ , respectively,  $p < .05$ ). In the direction of a rationalistic test selection for the evaluation of high level athletes, under similar conditions, it is suggested to combine phases of isometric muscle contraction that correspond to the critical times of competitive action, as well as jumping tests that best simulate the competitive motor patterns.

Key words: *isometric torque, initial phase of muscle contraction, vertical jump, young female athletes, stretch-shortening cycle*

## Εισαγωγή

Η ικανότητα της εκρηκτικής ανάπτυξης της δύναμης των αθλητών-τριών σε διάφορες αγωνιστικές δραστηριότητες θεωρείται βασικό κριτήριο της μυϊκής δράσης, στη βάση του οποίου είναι δυνατή η οικοδόμηση της απόδοσης. Με τη βελτίωση των μεθόδων και των τρόπων αξιολόγησης της ανθρώπινης μυϊκής δράσης, εξασφαλίζονται χρήσιμες πληροφορίες, που στόχο έχουν να βελτιώσουν ανάλογα την αθλητική επίδοση, αλλά και την αποτελεσματικότητα της προπονητικής παρέμβασης (Sale, 1991). Ως βασική μέθοδος για την αξιόπιστη μέτρηση και αξιολόγηση της εκρηκτικής νευρομυϊκής λειτουργίας θεωρείται η ισομετρική καταγραφή της μυϊκής δύναμης ή της ροπής δύναμης (ΡΔ), με ευρεία εφαρμογή από αρκετούς ερευνητές (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002; de Ruiter, Kooistra, Paalman, & de Haan, 2004; Ugarkovic, Matavulj & Kukulj, 2002). Οι ισομετρικές αυτές μέθοδοι διαμορφώνονται κατ' απαίτηση των σύντομων χρόνων αθλητικής δράσης με μελέτη των εναρκτήριων χρονικών φάσεων της μυϊκής συστολής, ενώ και οι κατακόρυφες αλτικές δοκιμασίες, ως αξιόπιστες λειτουργικές προσπάθειες, αξιοποιούνται το ίδιο αποτελεσματικά για τη δυναμική αξιολόγηση της εκρηκτικής μυϊκής δράσης των κάτω άκρων (Bobbert, Gerritsen, Litjens, & van Soest, 1996; Bobbert & Van Soest, 2001; Boudolos, 1996; Eloranta, 2003; Hasson, Dugan, Doyle, Humphries, & Newton, 2004; Ravn, Voight, Simonsen, Alkjaer, Bojeen-Moller, & Klausen, 1999). Για να είναι δυνατή η σύνδεση της εκρηκτικής νευρομυϊκής λειτουργίας, μέσω της συνάφειας από τη μια πλευρά της ισομετρικής και από την άλλη της δυναμικής δοκιμασίας αξιολόγησης, επιβάλλεται να δοθεί η σημαντικότητα των σχέσεων ανάμεσα στα πρωτογενή ή παράγωγα μηχανικά χαρακτηριστικά, που αναδεικνύονται από αυτές τις δοκιμασίες (Wilson & Murphy, 1996).

Η προσπάθεια των διαφόρων μελετών μέχρι στιγμής δίνει αντιφατικά αποτελέσματα σε ό,τι αφορά στις σχέσεις ανάμεσα στην ισομετρική αξιολόγηση της μυϊκής δράσης και στην επίδοση που επιτυγχάνεται σε δυναμικές δοκιμασίες. Η διαπιστωμένη σημαντικότητα σ' αυτές τις σχέσεις παρατηρείται σε αρκετές μελέτες (Hakkinen, Komi, Kauhanen, 1986;

Mero, Luhtanen, Viitasalo & Komi, 1981; Paasuke, Ereline, Gapeyeva, 2001; Ugarkovic et al., 2002; Viitasalo & Aura, 1984), αλλά αμφισβητείται από άλλες, που υποστηρίζουν μη σημαντικότητα αυτών των σχέσεων (Murphy & Wilson, 1996; Young & Bilby, 1993). Μια κύρια αιτιολόγηση που να υποστηρίζει τη μη ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα σε μηχανικά μεγέθη παραγόμενων κάτω από ισομετρικές και δυναμικές συνθήκες εκτέλεσης αξιόπιστων δοκιμασιών δίνεται στη βάση των διαφορετικών νευρομυϊκών προτύπων μυϊκής λειτουργίας, που διαμορφώνονται από αυτού του τύπου δοκιμασιών (Wilson & Murphy, 1996). Μια επιπρόσθετη ερμηνεία υποστηρίζει πως, η μη συνάφεια αποδίδεται στην επιλογή μη κατάλληλης και αξιόπιστης δυναμικής δοκιμασίας, προκειμένου να εκφραστούν οι νευρομηχανικές προσαρμογές, που ενδεχομένως να έχει διαμορφώσει η συγκεκριμένη αθλητική ειδικευση ή δραστηριότητα (Ugarkovic et al., 2002).

Οι νευρομηχανικές προσαρμογές στο ανθρώπινο μυοσκελετικό σύστημα συνδέονται άμεσα με την αθλητική ειδικευση, με βάση τις ταχο-δυναμικές και μηκο-δυναμικές συνθήκες, κάτω από τις οποίες απαιτείται να εκδηλωθεί η μυϊκή δράση. Στις αθλοπαιδιές για παράδειγμα και ειδικότερα στην πετοσφαίριση, οι αθλήτριες μεταξύ των άλλων αγωνιστικών τους ενεργειών, εκτελούν κατακόρυφα άλματα αξιοποιώντας συστηματικά τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης και σε χρόνους ώθησης των κάτω άκρων που κυμαίνεται στα 250 ms (Andrian & Laughlin, 1983; Coutts, 1982). Οι μηχανικές αυτές συνθήκες δημιουργούν προσαρμογές της νευρομυϊκής λειτουργίας, οι οποίες αντιστοιχούν με τη χρονική διάρκεια του κύκλου διάτασης-βράχυνσης (ΚΔΒ) (Shmidtbleicher, 1992). Επίσης, η συστηματική εκτέλεση προσπαθειών που να βασίζεται στο ΚΔΒ συνδέεται με τον καλύτερο συντονισμό στο κατακόρυφο άλμα αντιθετικής κίνησης των κάτω άκρων, τύπου CMJ, συγκριτικά με το κατακόρυφο άλμα από αρχική θέση ημικαθίσματος τύπου SJ, που ως δραστηριότητα σύγκεντρης μυϊκής δράσης δεν περιλαμβάνει ΚΔΒ (Bobbert & Casius, 2005). Η υπεροχή του συντονισμού, λόγω της συστηματικής χρήσης του ΚΔΒ στην πρώτη εκ των δύο δοκιμασιών αποδίδεται κυρίως: α) στην υιοθέτηση (αποδοχή) ευνοϊκότερης στάσης των μελών του σώματος, σε κάθε σημείο της τροχιάς που διαγράφει

το κέντρο βάρους του σώματος (ΚΒΣ), με ενεργοποίηση των μυών σε πλεονεκτική περιοχή της μηκοδυναμικής τους σχέσης ή β) σε πιο ευνοϊκό συνδυασμό των αρθρικών γωνιακών ταχυτήτων, δραστηριοποίηση των μυών σε πλεονεκτική περιοχή της ταχο-δυναμικής τους σχέσης ή γ) ακόμη, και στην αποτελεσματική μετατροπή της μυϊκής δύναμης σε κατακόρυφη επιτάχυνση του ΚΒΣ, αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό μια πρόωγη απογείωση (Bobbert & Casius, 2005; Bobbert, & van Soest, 2001). Εάν θεωρηθεί ότι, μια δυναμική δοκιμασία ορίζει και τη σημαντικότητα των σχέσεων ανάμεσα στην ισομετρική ροπή δύναμης (ΡΔΙΣΟΜ) και στα μηχανικά χαρακτηριστικά αυτής, θα ήταν λογική μια υπόθεση εργασίας ότι, σε νεαρές αθλήτριες που ειδικεύονται στην πετοσφαίριση, η σχέση ανάμεσα στην ισομετρική ροπή δύναμης των εκτεινόντων στο γόνατο και στην επίδοση με επιλεγμένα μηχανικά χαρακτηριστικά της αλτικής ικανότητας, θα ήταν πιο σημαντική σε κατακόρυφο άλμα που περιλαμβάνει ΚΔΒ, όπως τύπου CMJ, συγκριτικά με αυτό που δεν περιλαμβάνει ΚΔΒ, όπως τύπου SJ.

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να διερευνηθεί μέσω διαπιστωτικών σχέσεων εάν ο διαφορετικός τύπος αλτικής δοκιμασίας ορίζει τη σημαντικότητα αυτών, στη βάση της παραγόμενης ισομετρικής εκρηκτικής ροπής δύναμης των εκτεινόντων μυών του γόνατος με την απόδοση, την παραγόμενη ισχύ και ώθηση για κάθε αλτική δοκιμασία.

## Μέθοδος και Διαδικασία

### Συμμετέχοντες

Είκοσι μία (21) νεαρές αθλήτριες πετοσφαίρισης, ηλικίας 14 έως 19 ετών, που διέθεταν υψηλή αγωνιστική κατάρτιση, για την ηλικιακή τους κατηγορία, συμμετείχαν στη μελέτη. Οι δύο κατηγορίες, των κορασίδων και των νεανίδων, είχαν ισοδύναμη εκπροσώπηση στο συνολικό δείγμα (14-16.5 ετών, n=10 και 16.5-19 ετών, n=11, αντιστοίχως). Οι αθλήτριες και οι γονείς/κηδεμόνες τους, μετά από τη σχετική ενημέρωση, υπέγραψαν έγγραφη δήλωση συγκατάθεσης, προκειμένου να συμμετάσχουν στη μελέτη, ενώ ακολουθήθηκε με κάθε επιμέλεια η ερευνητική-ηθική δεοντολογία του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Στις νεαρές αθλήτριες, με χρονολογική ηλικία μικρότερη των 16 ετών προηγήθηκε έλεγχος της σκελετικής ηλικίας με ακτινογραφία της άκρας χειρός. Από την ανάλυση δε βρέθηκαν διαφορές μεταξύ σκελετικής και χρονολογικής ηλικίας.

### Διαδικασία Μετρήσεων

Οι μετρήσεις που είχαν προγραμματιστεί για κάθε δοκιμαζόμενη ξεχωριστά ολοκληρωνόταν την ίδια ημέρα. Μετά από τη σχετική προθέρμανση και κατάλληλη προετοιμασία των μελών του σώματος που συμμετείχαν ενεργά στις επιλεγμένες δοκιμασίες,

η κάθε μια δοκιμαζόμενη εκτελούσε κατ' αρχήν τις δοκιμασίες της αλτικής ικανότητας και στη συνέχεια της ΡΔΙΣΟΜ των εκτεινόντων μυών στο γόνατο.

*Αλτική Ικανότητα.* Για την απόλυτη εξασφάλιση της καταγραφής των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κάθε αλτική δοκιμασία χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό δυναμοδάπεδο (Kistler, Type: 9286AA). Αυτές περιλάμβαναν δύο συνθήκες εκτέλεσης κατακόρυφου άλματος με σαφή διάκριση ως προς την χρήση ΚΔΒ: Α) επιτόπιο κατακόρυφο άλμα με αντιθετική κίνηση προετοιμασίας (χρήση ΚΔΒ) (Counter Movement Jump) (CMJ) και Β) επιτόπιο κατακόρυφο άλμα από αρχική στατική θέση ημικαθίσματος (μη χρήση ΚΔΒ) (Squat Jump) (SJ). Η κάθε δοκιμαζόμενη, έχοντας τα χέρια σταθερά στη μέση, εκτελούσε τρεις (3) μέγιστες προσπάθειες σε κάθε μια ξεχωριστή συνθήκη, με διάλειμμα τουλάχιστον ενός λεπτού μεταξύ των προσπαθειών. Προηγίτο εξοικείωση της δοκιμαζόμενης, που περιελάμβανε περιγραφή της δοκιμασίας, επίδειξη από την εξετάστρια και δύο υπομέγιστες προσπάθειες από την ίδια.

Η προσπάθεια με τη μεγαλύτερη επίδοση στο ύψος άλματος χρησιμοποιήθηκε για την περαιτέρω ανάλυση. Ειδικότερα στην περίπτωση του άλματος τύπου SJ, όταν δεν ήταν δυνατή η αντίληψη για την απόλυτη σύγκεντρη εκτέλεση του άλματος και στις τρεις προσπάθειες, επιλέγονταν εκείνη με τη μικρότερη αβαρή φάση. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά που υπολογίστηκαν σε κάθε δοκιμασία ήταν: Α) το ύψος του άλματος (h) (cm) με βάση τη σχέση:  $h(\text{cm}) = \frac{1}{2} g t^2$ , όπου t το ήμισυ του χρόνου πτήσης, Β) η μέγιστη ισχύς (W) κατά τη φάση ώθησης για άλμα και Γ) η μέγιστη δύναμη ώθησης (Ns) κατά τη φάση ώθησης για άλμα, με χρήση του Performance Module του λογισμικού προγράμματος BioWare-Kistler (BioWare for Win, Version 3.0., Kistler, Switzerland). Επιπρόσθετα, το ύψος άλματος, υπολογίστηκε και με βάση την κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΒΣ με χρήση του Performance Module του λογισμικού BioWare-Kistler, χωρίς να υπάρξει σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών που υπολογίστηκαν με βάση το χρόνο πτήσης.

*Ισομετρική Ροπή Δύναμης.* Η ΡΔΙΣΟΜ των εκτεινόντων μυών στο γόνατο, μετρήθηκε στο κυρίαρχο κάτω άκρο, με το ισοκινητικό δυναμόμετρο Cybex II+. Η πλήρης έκταση του γόνατου ορίστηκε ως 0°. Η κάθε δοκιμαζόμενη καταλάμβανε την καθιστική θέση στο δυναμόμετρο, με το γόνατο να τοποθετείται σε γωνιακή θέση 60°, ενώ το ισχίο βρισκόταν σε γωνιακή θέση 100°. Μετά τη διαδικασία εξοικείωσης, η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 3 επαναλήψεις μέγιστης έντασης, χρονικής διάρκειας δύο δευτερολέπτων και με διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ των επαναλήψεων (Herzog, Guimaraes, Anton, & Carter-Erdman, 1991). Στη διάρκεια της συγκεκριμένης μέτρησης γινόταν συστηματικός έλεγχος, που αφορούσε τυχόν μεταπτώσεις της παραγόμενης δύναμης, τόσο κατά

τη φάση ανόδου, όσο και κατά τη φάση σταθεροποίησης της ισομετρικής καμπύλης. Εάν η ισομετρική καμπύλη δύναμης, για κάθε ξεχωριστή προσπάθεια, εμφάνιζε διαστήματα πτώσης στη φάση ανόδου και πριν το χρονικό σημείο έναρξης της σταθεροποίησης της μέγιστης τιμής, η προσπάθεια επαναλαμβανόταν.

Η διαδικασία εξοικείωσης είχε ως στόχο να γίνει η καλύτερη δυνατή κατανόηση της εκτέλεσης της ισομετρικής προσπάθειας, με ιδιαίτερη έμφαση στην επιθυμητή «ταχύτητα» άνοδο της παραγόμενης δύναμης. Η εξετάστρια αναπαριστούσε σε πίνακα και επιδείκνυε γραφικά την καμπύλη της  $P_{\Delta_{\text{ISOM}}}$ , με σημεία αναφοράς τη γρήγορη άνοδο στο μέγιστο μέγεθος, τη διατήρηση αυτού του μεγέθους και την παύση της μυϊκής συστολής, μόλις θα ακουγόταν το παράγγελμα «ΣΤΟΠ». Επισημαίνονταν τα πιθανά λάθη, που θα οδηγούσαν σε ακύρωση της προσπάθειας και τονιζόταν με ακρίβεια τα ίδια παραγγέλματα για την εκτέλεση της προσπάθειας: ΕΤΟΙΜΗ-ΣΥΓΚΕΤΡΩΣΟΥ ΣΤΟ ΠΟΔΙ ΣΟΥ-ΠΑΜΕ-ΣΤΟΠ. Ιδιαίτερη έμφαση δινόταν στη «ταχύτητα» ανάπτυξη της δύναμης, καθώς η βάση και η σημαντικότητα της ανάλυσης της καμπύλης εστιάζονταν κυρίως στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (Sahaly, Vandewalle, Driss, & Monod, 2001). Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία μέτρησης ξεκινούσε μόνον εφ' όσον υπήρχε η βεβαιότητα ότι η δοκιμαζόμενη είχε κατανοήσει πλήρως το σκοπό που εξυπηρετούσε αυτή η δοκιμασία.

Η ανάλυση των δεδομένων της  $P_{\Delta_{\text{ISOM}}}$  έγινε με χρήση του λογισμικού προγράμματος MatLab 6 @, Student Version. Τα μεγέθη που εξήχθησαν από την ισομετρική καμπύλη ήταν η τιμή  $P_{\Delta_{\text{ISOM}}}$  στα πρώτα

300 ms από την έναρξη της μυϊκής συστολής ( $P_{\Delta_{\text{EN}}}$ , Nm) και η μέγιστη τιμή της  $P_{\Delta_{\text{ISOM}}}$  ( $P_{\Delta_{\text{MAX}}}$ ) (Nm). Ως έναρξη της μυϊκής συστολής ορίστηκε το πρώτο χρονικό σημείο που η καμπύλη της  $P_{\Delta_{\text{ISOM}}}$  υπερέβαινε τη γραμμή ηρεμίας ( $P_{\Delta_{\text{HFEM}}}$ ) κατά 2% της διαφοράς  $P_{\Delta_{\text{MAX}}}-P_{\Delta_{\text{HFEM}}}$  (Aagaard et al., 2002; de Ruiter, et al., 2004). Συγκεκριμένα επιλέχθηκε η πιο αποτελεσματική από τις τρεις (3) προσπάθειες, όπως αυτή οριζόταν από τη συνεκτίμηση της υψηλότερης τιμής της  $P_{\Delta_{\text{EN}}}$  και της  $P_{\Delta_{\text{MAX}}}$ .

#### Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία αφορούσε: Α) ανάλυση διασποράς one way-ANOVA, για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο ηλικιακών κατηγοριών (κορασίδες - νεάνιδες) και Β) διμεταβλητή ανάλυση γραμμικής συσχέτισης της  $P_{\Delta_{\text{ISOM}}}$  ( $P_{\Delta_{\text{EN}}}$  και  $P_{\Delta_{\text{MAX}}}$ ) και των μηχανικών χαρακτηριστικών της αλτικής ικανότητας (ύψος άλματος, μέγιστη ισχύς και μέγιστη δύναμη ώθησης), με χρήση του συντελεστή Pearson (r). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε σε  $p < .05$ .

#### Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται η μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση της  $P_{\Delta_{\text{EN}}}$ , της  $P_{\Delta_{\text{MAX}}}$ , του ύψους άλματος, της μέγιστης ισχύος και της μέγιστης δύναμης ώθησης, για το συνολικό δείγμα των νεαρών αθλητριών, αλλά και επιμέρους για τις κορασίδες και τις νεάνιδες, αντιστοίχως. Οι νεάνιδες εμφάνισαν υψηλότερες απόλυτες τιμές σε όλα τα μηχανικά μεγέθη, εντούτοις η διαφορά ήταν σημαντική μόνον στη  $P_{\Delta_{\text{MAX}}}$  ( $F_{1,19}=4.37$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2=.19$ ).

**Πίνακας 1.** Μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, της ισομετρικής ροπής δύναμης και των μηχανικών χαρακτηριστικών της αλτικής ικανότητας στις δοκιμασίες CMJ και SJ, για το σύνολο του δείγματος ( $n=21$ ) και για κάθε αγωνιστική ηλικιακή κατηγορία (Κορασίδες,  $n=10$  και Νεάνιδες,  $n=11$ ).

Παράμετροι	Σύνολο δείγματος	Κορασίδες	Νεάνιδες
<b>Ανθρωπομετρικά Χαρακτηριστικά</b>			
Χρονολογική Ηλικία (έτη)	16.3 $\pm$ 1.8	14.7 $\pm$ 1.2*	17.7 $\pm$ 0.9*
Σωματικό Ανάστημα (cm)	170.0 $\pm$ 9.0	166.9 $\pm$ 8.6	172.8 $\pm$ 8.8
Σωματική Μάζα (kg)	61.5 $\pm$ 7.1	59.0 $\pm$ 7.6	63.6 $\pm$ 6.2
<b>Ισομετρική Ροπή Δύναμης</b>			
$P_{\Delta_{\text{EN}}}$ (Nm)	113.5 $\pm$ 27.0	103.7 $\pm$ 23.0	122.4 $\pm$ 28.3
$P_{\Delta_{\text{MAX}}}$ (Nm)	143.9 $\pm$ 34.6	128.6 $\pm$ 26.4*	157.9 $\pm$ 36.3*
<b>Δοκιμασία τύπου CMJ</b>			
Ύψος άλματος (cm)	26.1 $\pm$ 2.5	25.5 $\pm$ 1.9	26.6 $\pm$ 2.9
Μέγιστη Ισχύς (W)	1499 $\pm$ 280	1508 $\pm$ 322	1490 $\pm$ 251
Μέγιστη Δύναμη Ωθησης (Ns)	149.7 $\pm$ 18.8	144.5 $\pm$ 21.6	154.4 $\pm$ 15.3
<b>Δοκιμασία τύπου SJ</b>			
Ύψος άλματος (cm)	18.5 $\pm$ 3.8	17.9 $\pm$ 4.7	19.1 $\pm$ 3.1
Μέγιστη Ισχύς (W)	1508 $\pm$ 256	1470 $\pm$ 286	1543 $\pm$ 234
Μέγιστη Δύναμη Ωθησης (Ns)	130.2 $\pm$ 18.5	122.9 $\pm$ 22.2	136.8 $\pm$ 11.8

\* Σημαντική διαφορά μεταξύ κορασιδών και νεανιδών ( $p < .05$ )

**Πίνακας 2.** Σημαντικοί ( $p < .05$ ) συντελεστές συσχέτισης Pearson ( $r$ ) (αριστερά) και οι αντίστοιχοι συντελεστές προσδιορισμού ( $R^2$ ) (%) (εντός παρενθέσεων) μεταξύ των μεγεθών  $P_{ΔEN}$  (Nm) και  $P_{ΔMAX}$  (Nm) και των μηχανικών χαρακτηριστικών της αλτικής ικανότητας στις δοκιμασίες CMJ και SJ, για το σύνολο του δείγματος ( $n=21$ ) και ανά αγωνιστική ηλικιακή κατηγορία (Κορασίδες,  $n=10$  και Νεάνιδες,  $n=11$ ).

Παράμετροι	Σύνολο δείγματος		Κορασίδες		Νεάνιδες	
	$P_{ΔEN}$	$P_{ΔMAX}$	$P_{ΔEN}$	$P_{ΔMAX}$	$P_{ΔEN}$	$P_{ΔMAX}$
<b>Δοκιμασία τύπου CMJ</b>						
Ύψος άλματος (cm)	.72 (52)*	.72 (51)*	.69 (48)*	.73 (53)*	.72 (52)*	.70 (48)*
Μέγιστη Ισχύς (W)	.50 (25)*	.53 (28)*	.47 (22)	.69 (48)*	.51(26)	.49(24)
Μέγιστη Δύναμη Ώθησης (Ns)	.66 (44)*	.70 (48)*	.69 (47)*	.80 (65)*	.61 (38)*	.61 (37)*
<b>Δοκιμασία τύπου SJ</b>						
Ύψος άλματος (cm)	.22 (5)	.20 (4)	.28 (8)	.26 (7)	.09 (1)	.07 (0)
Μέγιστη Ισχύς (W)	.61 (37)*	.66 (43)*	.48 (23)	.64 (40)*	.68 (46)*	.73 (53)*
Μέγιστη Δύναμη Ώθησης (Ns)	.61 (37)*	.66 (43)*	.52(27)	.69 (47)*	.60 (36)*	.62 (38)*

\* $p < .05$

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης και οι αντίστοιχοι συντελεστές προσδιορισμού μεταξύ των μηχανικών μεγεθών που αφορούν στις  $P_{ΔEN}$  και  $P_{ΔMAX}$  και των μηχανικών χαρακτηριστικών για κάθε αλτική δοκιμασία (ύψος άλματος, μέγιστη ισχύς και μέγιστη δύναμη ώθησης), στο σύνολο του δείγματος και για κάθε ηλικιακή κατηγορία, αντιστοίχως. Σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν στο άλμα τύπου CMJ και μεταξύ των  $P_{ΔEN}$  και  $P_{ΔMAX}$  και του ύψους άλματος ενώ, για τον ίδιο τύπο άλματος, υψηλότερες ήταν οι συσχετίσεις των  $P_{ΔEN}$  και  $P_{ΔMAX}$  με την δύναμη ώθησης, συγκριτικά με την μέγιστη ισχύ (Πίνακας 2), τόσο στο σύνολο του δείγματος όσο και σε κάθε ηλικιακή κατηγορία. Στις κορασίδες, στο άλμα τύπου CMJ, οι συσχετίσεις ήταν υψηλότερες για τη  $P_{ΔMAX}$ , ενώ αντίθετα στις νεάνιδες βρέθηκαν υψηλότερες για τη  $P_{ΔEN}$ .

### Συζήτηση

Με την εφαρμογή αξιόπιστων μεθόδων μέτρησης σε ό,τι αφορά στη μυϊκή δύναμη, η συγκεκριμένη μελέτη αναδεικνύει δύο βασικά στοιχεία που αναφέρονται στην υπόθεση εργασίας και στο σκοπό της. Πρώτον, οι νεαρές αθλήτριες της συγκεκριμένης ομαδικής αγωνιστικής δραστηριότητας, της πετοσφαίρισης με σαφείς προπονητικές προσαρμογές, βρίσκονται στο ίδιο σχεδόν επίπεδο ανάπτυξης της  $P_{ΔEN}$  και στην ίδια κατακόρυφη αλτική απόδοση, ανεξάρτητα από ηλικιακή κατηγορία. Δεύτερον, το συγκεκριμένο δείγμα, τόσο στο σύνολό του όσο και ανά ηλικιακή αγωνιστική κατηγορία, λειτουργεί με μια σημαντική αιτιώδη συνάφεια ανάμεσα στην  $P_{ΔISOM}$  και την κατακόρυφη αλτική απόδοση που χαρακτηρίζεται από ΚΔΒ, κάτι που δεν παρατηρείται σε εκείνη την αλτική δοκιμασία που δεν χαρακτηρίζεται από ΚΔΒ. Επομένως, το βασικό εύρημα της συγκεκριμένης μελέτης ήταν προς την πλευρά της επιβεβαίωσης της υπόθεσης εργασίας και ειδικό-

τερα ότι, η επιλεγόμενη αλτική δοκιμασία τύπου CMJ όρισε και τη σημαντικότητα των σχέσεων ανάμεσα στις  $P_{ΔEN}$  και  $P_{ΔMAX}$  με το ύψος άλματος.

*Διαφορές  $P_{ΔISOM}$  και Αλτικής Απόδοσης μεταξύ Ηλικιακών Κατηγοριών.*

Η διαπιστωθείσα μη σημαντική διαφορά στην  $P_{ΔEN}$  μεταξύ κορασιδών και νεανίδων ερμηνεύεται από την αντανάκλαση πιθανών εξειδικευμένων νευρομυϊκών προσαρμογών. Φαίνεται πως η ενασχόληση των κοριτσιών με τον αθλητισμό υψηλής αγωνιστικής απόδοσης απαιτεί τη διαμόρφωση, σε ανάλογο λειτουργικό επίπεδο, εξειδικευμένων μορφολογικών και νευρομυϊκών ικανοτήτων, ήδη από την ηλικιακή κατηγορία των κορασιδών. Αυτές διαμορφώνονται μέσω της συστηματικής βελτίωσης της ικανότητας, για ανάπτυξη υψηλών τιμών εξωτερικής δύναμης σε σύντομους χρόνους δράσης (εκρηκτική δύναμη), στη βάση των χρονικών χαρακτηριστικών της ώθησης (~250 ms) σε αλτικές προσπάθειες της πετοσφαίρισης (Adrian & Laughlin, 1983; Coutts, 1982). Ο στόχος για συστηματική βελτίωση της ικανότητας της εκρηκτικής δύναμης φαίνεται να έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των διαφορών στην εναρκτήρια ισομετρική δύναμη ή και σε άλλα χαρακτηριστικά με την αμέσως επομένη ηλικιακή κατηγορία των νεανίδων. Η άποψη αυτή ενισχύεται και από τα αποτελέσματα της μελέτης που δείχνουν απουσία ηλικιακών διαφορών και στα παραγόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά των αλτικών δοκιμασιών, δηλαδή το ύψος άλματος, την παραγόμενη μέγιστη ισχύ και τη μέγιστη δύναμη ώθησης. Η μεγαλύτερη προπονητική ηλικία των νεανίδων ίσως εξηγεί και τις υψηλότερες τιμές της  $P_{ΔMAX}$  καθώς αυτή μπορεί να συνδεθεί με διάφορες ερμηνείες που δίνονται για τις σημαντικά υψηλότερες τιμές της  $P_{ΔMAX}$  σε αντίστοιχα ηλικιακά εύρη. Τέτοιες αφορούν κυρίως σε μορφολογικές αλλαγές της μυϊκής μάζας (Kanehisa, Ikegawa, & Tsunoda, 1995; Van Praagh & Dore, 2002), στην

αύξηση του συντονισμού των συνεργών και ανταγωνιστών μυών, στην υψηλότερη και αποδοτικότερη μυϊκή ενεργοποίηση, στη βελτιστοποίηση του κινητικού συντονισμού (Sale, 1989), καθώς και στη λειτουργική ωρίμανση του κεντρικού νευρικού συστήματος (Astrand, 1992; Kanehisa et al., 1995).

Είναι προφανές πως, με βάση τα αποτελέσματα της ΡΔ<sub>ΣΟΜ</sub> για νεαρές αθλήτριες πετοσφαίρισης ηλικιακού εύρους 14-19 ετών, η μέγιστη τιμή από μόνη της δε συνιστά αντιπροσωπευτικό κριτήριο αξιολόγησης και σύγκρισης, ανάμεσα σε ηλικιακά γειτνιάζουσες αγωνιστικές κατηγορίες. Επιπλέον, η μελέτη διαπιστώνει πως στο πλαίσιο της αξιόπιστης αξιολόγησης της δύναμης είναι προτιμητέο να επιλέγονται εναρκτήριες χρονικές φάσεις ισομετρικής συστολής που προσομοιάζουν τους χρόνους δράσης της καθ' αυτής αγωνιστικής προσπάθειας. Μια τέτοια θέση έρχεται να συνταχθεί με προηγούμενες μελέτες, οι οποίες προτείνουν την αναγκαιότητα εφαρμογής δοκιμασιών, που προσομοιάζουν χρονικά στην αγωνιστική προσπάθεια, ιδιαίτερα όταν η αξιολόγηση εφαρμόζεται σε αθλητές-τριες υψηλών επιδόσεων (Kukulj, Ropret & Ugarkovic & Jaric, 1999; Ugarkovic et al., 2002; Young, McLean, & Ardagna, 1995).

#### *Σχέσεις μεταξύ ΡΔ<sub>ΣΟΜ</sub> και Μηχανικών Χαρακτηριστικών της Αλτικής Ικανότητας.*

Η σημαντικότητα των στατιστικών συσχετίσεων δηλώνει ισχυρή τάση αιτιώδους συνάφειας ανάμεσα στην ΡΔ<sub>ΣΟΜ</sub> των εκτεινόντων του γόνατος, τόσο της ΡΔ<sub>ΕΝ</sub> όσο και της ΡΔ<sub>ΜΑΧ</sub>, με το ύψος άλματος στη δοκιμασία τύπου CMJ, όχι όμως και με το ύψος άλματος στη δοκιμασία τύπου SJ. Στο σύνολο των μηχανικών χαρακτηριστικών του άλματος CMJ, οι συντελεστές προσδιορισμού R<sup>2</sup> υποδεικνύουν κατά κύριο λόγο το ύψος του άλματος και τη μέγιστη δύναμη ώθησης ως πιο αντιπροσωπευτικά κριτήρια, που ενδεχομένως είναι σε θέση να δώσουν την αξιολόγηση νεαρών αθλητριών πετοσφαίρισης. Αντιθέτως, η μη σημαντική σχέση της μέγιστης ισχύος σε κάθε ηλικιακή κατηγορία, όπως και οι χαμηλοί συντελεστές προσδιορισμού για το σύνολο του δείγματος δείχνουν ότι ίσως, για το συγκεκριμένο ηλικιακό εύρος των νεαρών αθλητριών, η μέγιστη ισχύς δεν αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησης της αλτικής ικανότητας. Η άποψη αυτή φαίνεται να έχει και την υποστήριξη, στη βάση της οποίας κυριαρχεί η θεώρηση πως η ικανότητα του μυός να αναπτύξει δύναμη ώθησης και όχι παραγωγή ισχύος, αποτελεί το κεντρικό αλλά και ουσιαστικό σημείο προσοχής για τη μελέτη της αλτικής ικανότητας (Winter, 2005).

Είναι φανερό πως η επικράτηση σημαντικών συσχετίσεων, με αντίστοιχους συντελεστές προσδιορισμού που κυμαίνονται σε ποσοστά μεγαλύτερα του 50%, μεταξύ της ΡΔ<sub>ΣΟΜ</sub> και του ύψους άλματος στη δοκιμασία τύπου CMJ, σε αντίθεση με τη δοκι-

μασία τύπου άλματος SJ, σε ένα βαθμό ερμηνεύονται από τις ιδιαίτερες ταχο-δυναμικές και μηκο-δυναμικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν τις εκτελέσεις των προσαθειών για κατακόρυφα άλματα στην πετοσφαίριση. Εάν δεχτούμε τις απόψεις που υποστηρίζουν πως οι τεχνικές απαιτήσεις κάθε αγωνιστικής δραστηριότητας προϋποθέτουν και διαφορετικές ταχο-δυναμικές και μηκο-δυναμικές συνθήκες (Schmidtbleicher, 1992; Zatsiorsky, 1995), έτσι που να επηρεάζουν το πρότυπο χρονισμού της μυϊκής λειτουργίας (Eloranta, 2003; Young, 1995) αλλά και την απόδοση (Bobbert & Casius, 2005; Schmidtbleicher, 1992), τότε υπάρχει συγκεκριμένη βάση για ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στη βάση αυτή ερμηνεύεται και η σημαντικότητα των συσχετίσεων για τη μέγιστη ισχύ και τη δύναμη ώθησης στο SJ, παρά το γεγονός ότι οι συσχετίσεις με το ύψος άλματος δεν ήταν σημαντικές. Ειδικότερα, τόσο στις αγωνιστικές όσο και στις προπονητικές δραστηριότητες της πετοσφαίρισης, η εφαρμογή του ΚΔΒ με την εισαγωγική κίνηση αντιθετικού χαρακτήρα, κατά την εκτέλεση των αλμάτων, κυριαρχεί ως κινητικό πρότυπο. Επομένως, οι εξειδικευμένες προσαρμογές, των αθλητριών πετοσφαίρισης, λόγω συστηματικής προπόνησης, σε μηχανικές συνθήκες ΚΔΒ, βάσει των οποίων εκτελούνται οι προσπάθειες των κατακόρυφων αλμάτων, φαίνεται να επιβεβαιώνονται από τη συσχετική εικόνα των μηχανικών χαρακτηριστικών, που σύμφωνα με τους Bobbert & Casius, (2005), ίσως αποτυπώνει και τον καλύτερο συντονισμό στη δοκιμασία του τύπου άλματος CMJ, συγκριτικά με το SJ.

Ενδιαφέρον σημείο των αποτελεσμάτων αποτελεί η τάση που διαθέτουν οι σημαντικές σχέσεις στο άλμα τύπου CMJ, όταν αυτές εξετάζονται για κάθε ηλικιακή κατηγορία. Ειδικότερα, για το ύψος του άλματος και τη δύναμη ώθησης η συσχέτιση είναι υψηλότερη με την ΡΔ<sub>ΜΑΧ</sub> για τις κορασίδες, ενώ για τις νεάνιδες είναι υψηλότερη με την ΡΔ<sub>ΕΝ</sub> για το ύψος άλματος και σχεδόν ίδια για τις ΡΔ<sub>ΕΝ</sub> και ΡΔ<sub>ΜΑΧ</sub> για τη δύναμη ώθησης. Η τάση αυτή προφανώς δείχνει ότι στο συγκεκριμένο ηλικιακό εύρος των 14-19 ετών των αθλητριών πετοσφαίρισης, η αλτική επίδοση των κορασίδων διαθέτει ισχυρότερη αιτιώδη συνάφεια με τη ΡΔ<sub>ΜΑΧ</sub>. Μια εξήγηση που μπορεί να δοθεί βασίζεται στο γεγονός πως η νεαρή προπονητική τους ηλικία δεν είναι ακόμη ικανή για την ισχυρή έκφραση των εξειδικευμένων ταχο-δυναμικών ή και μηκο-δυναμικών προσαρμογών σε σύντομους χρόνους μυϊκής δράσης, έτσι ώστε να υπάρχουν και υψηλότερες σχέσεις με την εναρκτήρια ισομετρική ροπής δύναμης των 300 ms, όπως παρατηρείται στην περίπτωση των νεανίδων.

Εκτιμώντας συνολικά τα αποτελέσματα της μελέτης και συνδέοντάς τα με προγενέστερες απόψεις, που σχετίζονται με την αξιολόγηση αθλητών υψηλών επιδόσεων (Kukulj et al., 1999; Ugarkovic et al., 2002; Young et al., 1995) είναι δυνατή η διαμόρφωση μιας

πρότασης που καταλήγει στη διερευνητική προσέγγιση κατάλληλων και αντιπροσωπευτικών λειτουργικών και αξιόπιστων δοκιμασιών που προσομοιάζουν στα αγωνιστικά κινητικά πρότυπα, ανάλογα με την αγωνιστική ηλικιακή κατηγορία. Αν μάλιστα, τεθεί η υπόθεση ότι, οι κορασίδες δεν έχουν ακόμη αποκτήσει το πλήρες «ρεπερτόριο» των κινήσεων του αθλήματος, έτσι ώστε το επίπεδο των φυσικών τους ικανοτήτων να εκφράζεται στη συνάφεια ανάμεσα στη ΡΔ<sub>ΣΟΜ</sub> και στα μηχανικά χαρακτηριστικά

των αλτικών δοκιμασιών, στον ίδιο βαθμό όπως και στην κατηγορία των νεανίδων, η εξέταση των αντίστοιχων σχέσεων σε δείγμα μεγαλύτερης ηλικιακής κατηγορίας ίσως να φανέρωνε όχι μόνον υψηλότερη συνάφεια της ΡΔ<sub>ΣΟΜ</sub> με την αλτική ικανότητα για τη δοκιμασία τύπου CMJ, αλλά και στατιστική σημαντικότητα με κινητικά πρότυπα στα οποία δεν ασκούνται συστηματικά οι αθλήτριες, όπως είναι η δοκιμασία άλματος τύπου SJ.

### Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η ισομετρική αξιολόγηση των εκτεινόντων μυών του γόνατος λειτουργεί στη συγκεκριμένη μελέτη ως αναφορικό σημείο και «χρυσό εργαλείο», προκειμένου να αναδειχθεί το επίπεδο της νευρομυϊκής λειτουργίας ενός ατόμου. Αυτό φανερώνει την απαίτηση, πως τα κινητικά πρότυπα που προσομοιάζουν τις αγωνιστικές και προπονητικές επιβαρύνσεις θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση των σχέσεων ανάμεσα στην εκρηκτική ισομετρική μυϊκή δράση (εναρκτήρια) και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των αλτικών δοκιμασιών. Με τον τρόπο αυτό, η καθοδήγηση της προόδου των νεαρών αθλητριών θα είναι πιο αποτελεσματική, λιγότερο χρονοβόρα και προπάντων αξιόπιστη. Το γεγονός αυτό λειτουργεί φυσικά σε πολλαπλό επίπεδο: Α) μείωση περιττής ενέργειας και ουσιαστικό κέρδος για τη νεαρή αθλήτρια, Β) αποτελεσματικότητα για τον προπονητή και Γ) αναζήτηση νέων πληροφοριών για τον ερευνητή. Ειδικά για τον τελευταίο, θα μπορούσαν να τεθούν επιπλέον ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις για μελλοντικές μελέτες, όπως σε ποια χρονολογική ηλικία ή με ποια προπονητική εμπειρία ο/η αθλητής/τρια επεκτείνει θεαματικά τις κινητικές δραστηριότητες, ή ακόμη εμπλουτίζει και τελειοποιεί το κινηματικό, κινητικό και ενεργειακό του «ρεπερτόριο»; Με το διερευνητικό αυτό τρόπο μπορούν να διασαφηνιστούν οι σχέσεις ανάμεσα σε φυσικές ικανότητες και νευρομηχανικά χαρακτηριστικά του ανθρώπινου μυοσκελετικού συστήματος, κατά την εξελικτική πορεία της προπονητικής παρέμβασης, από τη νεαρή ηλικιακά προχωρημένη αγωνιστική κατηγορία.

### Βιβλιογραφία

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1318-1326.
- Adrian, M. J., & Laughlin, C. K. (1983). Magnitude of ground reaction forces while performing volleyball skills. In H. Matsui, & K. Kobayashi, (Eds.), *Biomechanics VIII-B* (pp. 903-914). Champaign IL: Human Kinetics.
- Astrand, P. O. (1992). Children and adolescents: performance, measurements, education. In: J. Couderc, & Van E. Praagh, (Eds.), *Pediatric work physiology XVI: Children and exercise*. (pp. 3-7). Paris: Masson.
- Bobbert, M. F., & Casius, L. J. R. (2005). Is the Effect of a Countermovement on Jump Height due to Active State Development? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 440-446.
- Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G.M., Litjens, M.C.A., & van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28, 1402-1412.
- Bobbert, M.F., & van Soest A.J. (2001). Why do people jump the way they do? *Exercise Sport Science Reviews*, 29, 95-102.
- Boudolos, K. (1996). Αξιολόγηση αλτικής ικανότητας πετοσφαιριστών εθνικού επιπέδου. *Κινησιολογία - Περιοδικό Βιολογίας της Άσκησης*, 1, 161-173.
- Coutts, K.D. (1982). Kinetic differences of two volleyball jumping techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 57-59.
- de Ruyter, C.J., Kooistra, R.D., Paalman, M.I., & de Haan, A. (2004). Initial phase of maximal voluntary and electrically stimulated knee extension torque development at different knee angles. *Journal of Applied Physiology*, 97, 1693-1701.
- Eloranta, V. (2003) Influence of sports background on leg muscle coordination in vertical jumps. *Electromyography Clinical Neurophysiology*, 43, 141-56.
- Häkkinen, K., Komi, P.V., Kauhanen, H. (1986). Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 144-151.
- Hasson, C.J., Dugana, E.L., Doyle, T.L.A., Humphries, B., & Newton, R. U. (2004). Neurome-

- chanical strategies employed to increase jump height during the initiation of the squat jump *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 515-521.
- Herzog, W.A.C., Guimaraes, A.C., Anton, M. G., & Carter-Erdman, K.A. (1991). Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 1289-1296.
- Jaric, S., Ristanovic, D., & Corcos, D.M. (1989). Relations between kinetic parameters of active muscle groups and kinematic variables of a complex movement. *European Journal of Applied Physiology*, 59, 370-376.
- Kanehisa, H., Ikegawa, S., & Tsunoda, N. (1995). Strength and cross-sectional area of reciprocal muscle groups in the upper arm and thigh during adolescence. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 54-60.
- Kukolj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (1999). Anthropometric, strength and power predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 120-122.
- Mero A., Luhtanen P., & Viitasalo J. T., (1981). Relationship between maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 3, 16-22.
- Murphy, A.J., & Wilson, G.J. (1996). Poor correlations between isometric tests and dynamic performance: relationship to muscle activation. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 353-357.
- Paasuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H. (2001). Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 354-61.
- Ravn, S., Voight, M., Simonsen, E. B., Alkjaer, T., Bojeen-Moller, F., & Klausen, K. (1999). Choice of jumping strategy in two standard jumps, squat and countermovement jump-effect of training background or inherited preference? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9, 201-208.
- Sahaly, R., Vandewalle, H., Driss, T., Monod, H. (2001). Maximal voluntary force and rate of force development in humans importance of instruction. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 345-350.
- Sale, D.G. (1989). Strength training in children. In: C.V. Gisolfi, & D.R. Lamb, (Eds.), *Perspectives in exercise science and Sports Medicine*, 2. Youth, exercise and sport (pp. 165 - 222). Indianapolis, Indiana, Benchmark Press.
- Sale, D.G. (1991). Testing strength and power. In: J.D. MacDougall, H.A. Wenger, & H.J. Green, (Eds.), *Physiological Testing of the High Performance Athlete*. (pp. 21-106). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. In: P.V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport*, (pp. 615-620). Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Ugarkovic, D., Matavulj, D., & Kukolj, M. (2002). Standard Anthropometric, Body Composition, and Strength Variables as Predictors of Jumping Performance in Elite Junior Athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 227-230.
- Van Praagh, E. & Dore, E. (2002). Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Medicine*, 32, 701-728.
- Viitasalo, J.T., & Aura, O. (1984). Seasonal fluctuation of force production in high jumpers. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 9, 209-213.
- Wilson, G.J., & Murphy, A.J. (1996). The use of isometric tests in athletic assessment. *Sports Medicine*, 22, 20-24.
- Winter, E. A. (2005) Jumping: Power or impulse? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 523.
- Young, W. (1995). Specificity of jumping ability. *Sports Coach, Winter*, 22-25.
- Young, W., McLean, B., & Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 13-19.
- Young, W.B., & Bilby, G.E. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7, 172-178.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). In: *Task-Specific Strength. Science and practice of strength training*, (pp. 33-34). Champaign IL: Human Kinetics.

