

# Προπόνηση μυϊκής δύναμης, αυξητική ορμόνη και τεστοστερόνη αγοριών προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΖΑΚΑ και ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΑΝΔΡΟΥΚΑ

Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας  
Τομέας Βιολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΖΑΚΑΣ Α. και ΜΑΝΔΡΟΥΚΑΣ Κ. Προπόνηση μυϊκής δύναμης, αυξητική ορμόνη και τεστοστερόνη αγοριών προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας. *Κινησιολογία*, Τόμ. 1, Νο. 1, σελ. 74-83, 1996. Προσδιορίστηκε η αυξητική ορμόνη, η τεστοστερόνη, η μυϊκή δύναμη και η μεταξύ τους σχέση, καθώς και οι μεταβολές τους μετά από προπόνηση μακράς διάρκειας σε ομάδα εξάσκησης (Α), που αποτελούνταν από 18 δεκάχρονα, 19 δεκατριάχρονα και 18 δεκαεξάχρονα αγόρια και σε ομάδα ελέγχου (Β) του ίδιου περιπού αριθμού αγοριών αντίστοιχων ηλικιών. Τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης προσδιορίστηκαν με ραδιοανοσολογικές μεθόδους (RIA) στον ορό αίματος και η μέγιστη δύναμη μετρήθηκε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex II) σε ποικίλες γωνιακές ταχύτητες. Η ομάδα Α προπονήθηκε για 3 μήνες, 3 φορές την εβδομάδα με διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (80-85% max) στο κυκλοεργόμετρο και ήπιας έντασης (30-40% max) στο δάπεδο με γυμναστικές ασκήσεις ενώ η ομάδα Β συμμετείχε μόνο στο πρόγραμμα Φυσικής Αγωγής του σχολείου. Μετά την προπονητική περίοδο τα επίπεδα των ορμονών στην ομάδα Α αυξήθηκαν μόνο στους 13χρονους ( $p \leq 0.05$ ) και 16χρονους ( $p \leq 0.01$ ). Στην ομάδα Β δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές και στις τρεις ηλικίες. Η μέγιστη ισοκινητική δύναμη αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα Α, ενώ στην ομάδα Β αυξήθηκε μόνο στις γωνιακές ταχύτητες με μικρή αντίσταση. Η σχέση της δύναμης με τις προαναφερόμενες ορμόνες ήταν χαμηλή. Τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης στον ορό του αίματος δε μεταβάλλονται στα αγόρια προεφηβικής ηλικίας, ανεξάρτητα από την ένταση της προπόνησης, ενώ στα αγόρια της εφηβικής ηλικία η υψηλή ένταση αποτέλεσε μέσο διέγερσης αυτών των ορμονών, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων τους. Η προπόνηση με υψηλή ένταση αύξησε τη μέγιστη δύναμη σε μικρές και μεγάλες αντιστάσεις (ομάδα Α), ενώ η χαμηλή ένταση αύξησε τη μυϊκή δύναμη μόνο σε μικρές αντιστάσεις (ομάδα Β). Συμπεραίνεται ότι η αύξηση της μυϊκής δύναμης σε αγόρια προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας μπορεί να οφείλεται περισσότερο σε άλλους παράγοντες και λιγότερο σε ορμονικούς.

**Λέξεις κλειδιά:** ΠΡΟΕΦΗΒΙΚΑ ΑΓΟΡΙΑ, ΕΦΗΒΙΚΑ ΑΓΟΡΙΑ, ΑΥΞΗΤΙΚΗ ΟΡΜΟΝΗ, ΤΕΣΤΟΣΤΕΡΟΝΗ, ΜΥΪΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Η συμμετοχή παιδιών μικρής ηλικίας σε αθλητικές δραστηριότητες και αγωνίσματα συναγωνισμού αυξήθηκε τα τελευταία 10 χρόνια. Οι περισσότερες έρευνες που αναφέρονται στην παιδική ηλικία, αφορούν περισσότερο την αερόβια ικανότητα και λιγότερο τη μυϊκή δύναμη (Bar-Or 1989) και τα επίπεδα ορμονών. Η μυϊκή δύναμη στα αγόρια προεφηβικής ηλικίας εξελίσσεται παράλληλα με τη φυσιολογική ανάπτυξη και είναι αποτέλεσμα

ωρίμανσης του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Molnar and Alexander 1973, Sailors and Berg 1987). Η γρηγορότερη αύξηση της μυϊκής δύναμης κατά την αναπτυξιακή περίοδο παρατηρείται στα αγόρια, γύρω στον ένα χρόνο μετά τη ραγδαία αύξηση του αναστήματος (Canon and Bailey 1974).

Η αυξητική ορμόνη και τεστοστερόνη είναι αναγκαίες στα παιδιά για τη φυσιολογική τους ανάπτυξη. Η αυξητική ορμόνη εκκρίνεται κατά παλμικό τρόπο και τα επίπεδα της είναι ίδια σε όλη την αναπτυξιακή περίοδο (Tanner 1978). Οι Malina και Bouchard (1991) αναφέρουν ότι οι μέσες συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης αυξάνονται από την παιδική μέχρι την εφηβική ηλικία και οι μεγαλύτερες παρατηρούνται κατά την αλματική αύξηση του αναστήματος. Η τεστοστερόνη έχει αναβολική δράση στο μυϊκό ιστό και σχετίζεται με τη μυϊκή δύναμη (Terreman 1973). Τα επίπεδα της είναι χαμηλότερα στην προεφηβική ηλικία και υψηλότερα στην εφηβική (Tanner 1978).

Η έρευνα που αφορά την επίδραση της σωματικής άσκησης στην έκκριση των ορμονών αυτών στα παιδιά και τους εφήβους είναι περιορισμένη. Τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης αυξάνονται κατά την εκτέλεση της βραχείας άσκησης στα αγόρια προεφηβικής (Oseid and Hermansen 1971), και εφηβικής ηλικίας (Wirth et al. 1978), ενώ τα επίπεδα της τεστοστερόνης παραμένουν αμετάβλητα κατά την προεφηβική ηλικία και αυξάνονται κατά την εφηβεία (Fahey et al. 1979).

Η επίδραση της σωματικής άσκησης στη μυϊκή δύναμη των αγοριών που βρίσκονται στην αναπτυξιακή περίοδο δεν έχει διευκρινισθεί ακόμη πλήρως. Παλαιότερα υπήρχε η άποψη ότι με την προπόνηση η μυϊκή δύναμη βελτιώνεται αποτελεσματικά μόνο μετά την εφηβεία (Bottger 1964). Σήμερα είναι αποδεκτό ότι αυτή βελτιώνεται σημαντικά με την είσοδο στην εφηβεία και εξαρτάται από το βαθμό εξέλιξης της ωρίμανσης και της κατάλληλης προπόνησης (Sailors and Berg 1987). Όσον αφορά τα αγόρια της προεφηβικής ηλικίας υπάρχουν απόψεις που υποστηρίζουν ότι η μυϊκή δύναμη δεν βελτιώνεται πέραν από εκείνη που αποδίδεται στη φυσιολογική ωρίμανση, λόγω των μη επαρκών επιπέδων των ανδρογόνων (American Academy of Pediatrics 1983). Υπάρχουν όμως και αντίθετες απόψεις, που υποστηρίζουν ότι η μυϊκή δύναμη βελτιώνεται με την προπόνηση, έστω και αν η έκκριση των ανδρογόνων βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα (Weltman et al. 1986). Τελευταία διατυπώνεται και η άποψη, ότι η μυϊκή δύναμη που βελτιώνεται με την προπόνηση δύναμης στα προεφηβικά αγόρια πιθανόν να μην εξαρτάται από το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης, αλλά από τα επίπεδα των ανδρογόνων που ενδεχομένως να αυξάνονται από τη συστηματική προπόνηση δύναμης μακράς περιόδου (Bar-Or 1989). Η ασυμφωνία των αποτελεσμάτων αποδίδεται στη διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση που έχει γίνει μέχρι τώρα. Δεν υπάρχει μια μελέτη που να συμπεριλαμβάνει όλους τους παράγοντες που μπορούν να τεκμηριώσουν τα αποτελέσματα της προπόνησης, όπως είναι για παράδειγμα η βιολογική ωρίμανση του ατόμου, ο τύπος του δυναμόμετρου, η ελεγχόμενη ατομική επιβάρυνση, ο τύπος της προπόνησης, τα επίπεδα ορμονών και η ομάδα ελέγχου. Τα προπονητικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης στα αγόρια της προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας ήταν περισσότερο με κλασικά βάρη (Sailors and Berg 1987, Ramsay et al. 1990) και λιγότερο με δυναμόμετρα ισοκινητικού τύπου (Weltman et al. 1986). Το εργομετρικό ποδήλατο ως προπονητικό μέσο, καθώς και το είδος της διαλειμματικής προπόνησης με μεγάλη και μικρή επιβάρυνση, ως μέσο για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης και την αύξηση των επιπέδων της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης, δεν

έχουν μελετηθεί μέχρι τώρα.

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να προσδιορίσει την αυξητική ορμόνη και τεστοστερόνη στον ορό του αίματος, τη μυϊκή δύναμη και τη μεταξύ τους σχέση, καθώς επίσης και τις μεταβολές τους μετά από προπόνηση μακράς περιόδου σε αγόρια προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

**Δοκιμαζόμενοι.** Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν εκατόν δέκα (110) αγύμναστοι υγιείς μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ηλικίας 10, 13 και 16 ετών γεννημένοι στο πρώτο εξάμηνο του έτους (Ιανουάριος-Ιούνιος). Η επιλογή των αγοριών, εκτός από τη χρονολογική ηλικία, βασίστηκε και στη βιολογική τους ανάπτυξη. Η εξακρίβωση του σταδίου ανάπτυξης σε κάθε δοκιμαζόμενο χωριστά έγινε σύμφωνα με τα 5 στάδια ανάπτυξης κατά Tanner (1962). Στην ηλικία των 10 ετών τα άτομα βρίσκονταν στο στάδιο ανάπτυξης 1, στην ηλικία των 13 ετών βρίσκονταν στα στάδια 2-4, και στην ηλικία των 16 ετών βρίσκονταν στο στάδιο 5. Κανένα άτομο δε συμμετείχε σε συστηματικό πρόγραμμα προπόνησης τα τελευταία χρόνια και η μόνη φασική δραστηριότητα ήταν η φυσική αγωγή του εβδομαδιαίου προγράμματος του σχολείου. Η επιλογή έγινε τυχαία από σχολεία του κέντρου της πόλης Θεσσαλονίκης και η συμμετοχή στο πρόγραμμα προπόνησης επετράπη μόνο μετά από ιατρική γνωμάτευση. Όλα τα αγόρια, καθώς και οι γονείς τους, πληροφορήθηκαν για τη διαδικασία της έρευνας και η συμμετοχή τους, που ήταν εθελοντική, έγινε μετά από την έγγραφη συγκατάθεση των γονέων. Οι εξεταζόμενοι και των τριών ηλικιών χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την πειραματική ή ομάδα εξάσκησης (Α, 55 άτομα) και την ομάδα ελέγχου (Β, 55 άτομα).

**Βιοχημικός προσδιορισμός ορμονών.** Για τον προσδιορισμό των επιπέδων της αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης στο αίμα, έγινε λήψη φλεβικού αίματος (5 ml) με ενδοφλέβιο καθετήρα σε 55 αγόρια και των δύο ομάδων (ομάδα Α=29, ομάδα Β=26). Η αιμοληψία έγινε το πρωί 08.00-08.15 σε ηρεμία και τα άτομα ήταν νηστικά. Μετά την αιμοληψία το αίμα φυγοκεντρήθηκε και ο ορός διατηρήθηκε στους -20 °C μέχρι την ανάλυση. Τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης στον ορό αίματος προσδιορίστηκαν με ραδιοανοσολογικές μεθόδους (RIA), σύμφωνα με τη μέθοδο Mollinatti και συνεργατών (1969) για την αυξητική ορμόνη και τη μέθοδο Abraham (1977) για την τεστοστερόνη. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρίας SORIN Biomedical Company (Italy).

**Μετρήσεις μυϊκής δύναμης.** Για τον προσδιορισμό της μυϊκής δύναμης καταγράφηκε η ροπή του τετρακεφαλου και των οπισθίων μηριαίων (δεξί σκέλος) πριν και μετά την τρίμηνη προπόνηση. Η μέτρηση έγινε σε ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex II, Lumex Inc., Ronkonkoma, N.Y., 11779). Η μέγιστη ροπή καταγράφηκε σε Nm ανά 5 μοίρες σε όλο το εύρος κίνησης της άρθρωσης με ειδικό πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πριν τη δοκιμασία είχε προηγηθεί 5-λεπτη προθέρμανση σε κυκλοεργόμετρο. Οι εξεταζόμενοι, αφού είχαν πληροφορηθεί για την όλη διαδικασία της εξέτασης, κάθονταν στη συνέχεια δεμένοι στην πολυθρόνα του δυναμόμετρου με τα γόνατα λυγισμένα στις 90°. Τα χέρια ήταν σταυρωμένα στο στήθος και το αριστερό σκέλος ήταν ελεύθερο. Ο μοχλοβραχίονας αντίστασης του δυναμόμετρου τοποθετήθηκε 5-10 εκατοστά πάνω από τον αστράγαλο. Το ίδιο έγινε και για τους 10-χρονους στους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο μικρός βραχίονας. Η εξοικείωση του εξεταζόμενου με το δυναμόμετρο έγινε με την εκτέλεση μερικών δοκιμαστικών προσπαθειών. Η έκταση του τετρακεφάλου

άρχιζε από τις 90° (λυγισμένο γόνατο) μέχρι τις 0° (πλήρης έκταση). Η κάμψη των οπισθίων μηριαίων άρχιζε αντίθετα, από τις 0° έως τις 90° (κάμψη γόνατος). Η εκτέλεση των προσπαθειών άρχιζε από τη γωνιακή ταχύτητα με μικρή αντίσταση ( $300^\circ \cdot s^{-1}$ ) και προοδευτικά έφτανε στη γωνιακή ταχύτητα με μεγάλη αντίσταση ( $30^\circ \cdot s^{-1}$ ). Οι προσπάθειες σε κάθε ταχύτητα ήταν τρεις, από τις οποίες καταγραφόταν η τιμή της καλύτερης προσπάθειας. Το διάλειμμα ανάμεσα σε κάθε προσπάθεια ήταν 30 sec, και ανάμεσα στις γωνιακές ταχύτητας 60 sec. Η καταγραφή της ροπής του τετρακεφαλου και των οπισθίων μηριαίων έγινε στις γωνιακές ταχύτητες: 30, 60, 120, 180 και  $300^\circ \cdot s^{-1}$ .

**Προσδιορισμός της μέγιστης καρδιακής συχνότητας.** Για τον προσδιορισμό της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, όλα τα αγόρια και των τριών ηλικιών υποβλήθηκαν σε μέγιστη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο, πριν από την προπονητική περίοδο. Η μέτρηση έγινε για να καθοριστεί η ένταση με την οποία θα επιβαρύνονταν τα αγόρια στο πρόγραμμα προπόνησης και να υπολογιστεί η επιβάρυνση των αγοριών της ομάδας ελέγχου από το πρόγραμμα φυσικής αγωγής του σχολείου. Ο έλεγχος της καρδιακής συχνότητας σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας έγινε με ψηφιακό καρδιοταχόμετρο (Cardionics, Sweden). Για την επίτευξη της μέγιστης καρδιακής συχνότητας οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε προοδευτικά αυξανόμενες επιβαρύνσεις μέχρι εξάντλησης. Μετά από προκαταρκτικές μετρήσεις για κάθε ηλικία οι αρχικές επιβαρύνσεις για τα αγόρια ηλικίας 10, 13 και 16 ετών ήταν αντίστοιχα 50, 100 και 125 W. Κάθε φορτίο διαρκούσε για 6 min και αυξανόταν προοδευτικά με φορτία των 25 W, μέχρι που το άτομο αδυνατούσε να κρατήσει το ρυθμό του μετρονόμου, που αντιστοιχούσε σε 50 περιστροφές ανά λεπτό. Κατά την τελική φάση της μυϊκής προσπάθειας, παρά το αυξανόμενο φορτίο, η καρδιακή συχνότητα παρέμενε σταθερή. Για τα βραχύσωμα παιδιά της προεφηβικής ηλικίας η δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο έγινε μετά από τροποποίηση του ύψους της σέλας.

**Πρόγραμμα προπόνησης.** Η προπόνηση για την ομάδα εξάσκησης ήταν διαλειμματική και περιλάμβανε έντονη και ήπια μυϊκή προσπάθεια συνολικής διάρκειας 45-50 min. Εκτελούνταν 3 φορές την εβδομάδα και διήρκεσε 3 μήνες (Ιανουάριος - Απρίλιος). Το πρόγραμμα άρχιζε με προθέρμανση (10-15 min) και περιλάμβανε διάφορες μορφές ασκήσεων, όπως βάρη, ελαφρό τρέξιμο και ελεύθερες ασκήσεις, που επιστρατεύουν μεγάλες μυϊκές ομάδες. Μετά την προθέρμανση η άσκηση εκτελούνταν εναλλάξ με έντονη και ήπια μυϊκή προσπάθεια. Η έντονη μυϊκή προσπάθεια, που ήταν εξατομικευμένη, γινόταν συνολικά τρεις φορές στο κυκλοεργόμετρο, διαρκούσε 4 min κάθε φορά και αντιστοιχούσε κατά μέσο όρο στο 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Η ήπια μυϊκή προσπάθεια γινόταν στο δάπεδο, διαρκούσε 8-10 min και περιελάμβανε ασκήσεις για την ενδυνάμωση των κοιλιακών και ραχιαίων μυών, καθώς επίσης και διατατικές ασκήσεις των κάτω άκρων. Κατά τη φάση αυτή της προπόνησης η ένταση αντιστοιχούσε κατά μέσο όρο στο 30-40% περίπου της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Για τον έλεγχο της έντασης των επιβαρύνσεων της ημερήσιας προπόνησης, η καρδιακή συχνότητα των ασκουμένων καταγραφόταν δειγματοληπτικά με ειδικό φορητό μετρητή καρδιακών παλμών (Sport Tester) κατά τη διάρκεια του μαθήματος φυσικής αγωγής του σχολείου.

Η ομάδα ελέγχου (B), συμμετείχε μόνο στο σχολικό πρόγραμμα φυσικής αγωγής του σχολείου που γινόταν 2-3 φορές την εβδομάδα. Η επιβάρυνση των ασκήσεων του προγράμματος αυτού εκτιμήθηκε δειγματοληπτικά με τον ίδιο μετρητή καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια του μαθήματος φυσικής

αγωγής του σχολείου.

**Ανάλυση.** Για τη σημαντικότητα των διαφορών των μέσων όρων από ηλικία σε ηλικία, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της διασποράς (ANOVA) και για τη σύγκριση των μέσων όρων, πριν και μετά την προπόνηση, το t-test με ζευγαρωτές παρατηρήσεις (two-tailed test). Για τις συσχετίσεις μεταξύ των τιμών των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson. Η στατιστική σημαντικότητα έγινε δεκτή στο επίπεδο  $p \leq 0.05$ . Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS/PC + V 2.0.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πριν.** Πριν την προπονητική περίοδο, το ανάστημα και το σωματικό βάρος διέφερε σημαντικά ( $p \leq 0.001$ ) από ηλικία σε ηλικία και στις δύο ομάδες (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.** Ανάστημα και σωματικό βάρος των ομάδων εξάσκησης και ελέγχου στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες, πριν και μετά την προπονητική περίοδο.

ΑΝΑΣΤΗΜΑ (cm)						
ηλικία (έτη)	n	ομάδα εξάσκησης (A)		n	ομάδα ελέγχου (B)	
		πριν	μετά		πριν	μετά
10	18	141.2±6.3	142.9±6.3***	17	138.3±6.6	139.9±6.7***
13	19	159.7±7.1	162.1±7.1***	18	157.8±4.9	160.2±5.4***
16	18	175.4±4.9	176.3±5.0***	20	173.0±7.8	173.7±7.9***

ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)						
ηλικία (έτη)	n	ομάδα εξάσκησης (A)		n	ομάδα ελέγχου (B)	
		πριν	μετά		πριν	μετά
10	18	38.6±08.2	39.0±08.4	17	35.7±06.0	37.0±6.7***
13	19	51.7±09.1	53.0±09.0**	18	48.8±06.4	51.4±6.9***
16	18	72.4±13.3	71.4±11.8	20	67.6±12.0	68.7±12.0**

\*\*  $p \leq 0.01$       \*\*\*  $p \leq 0.001$

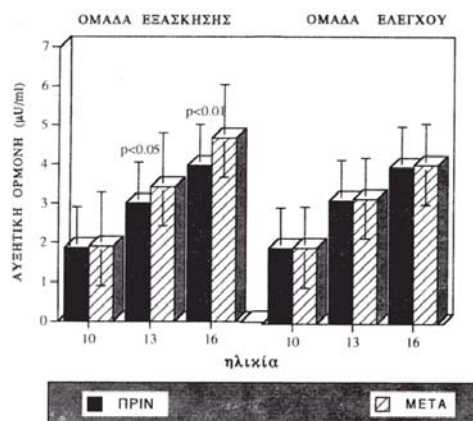
Τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης δεν διέφεραν από ηλικία σε ηλικία, σε αντίθεση με τα επίπεδα της τεστοστερόνης τα οποία διέφεραν ( $p \leq 0.001$ ), είτε όταν εξετάστηκαν οι ομάδες A και B ξεχωριστά, είτε όταν εξετάστηκαν και οι δύο μαζί, ως μια ομάδα.

Η μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων διέφερε σημαντικά ( $p \leq 0.001$ ) από ηλικία σε ηλικία σε κάθε γωνιακή ταχύτητα, είτε όταν οι ομάδες A και B εξετάστηκαν ξεχωριστά, είτε όταν εξετάστηκαν μαζί. Μεγαλύτερη ήταν στα 16-χρονα αγόρια και μικρότερη ήταν στα 10-χρονα. Η μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων του (δεξιού σκέλους και στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες των δύο ομάδων, καταγράφηκε στη γωνιακή ταχύτητα  $30^\circ \cdot s^{-1}$  (μεγάλη αντίσταση) και

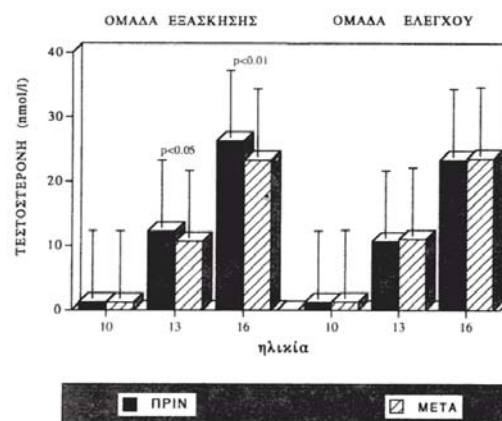
η μικρότερη καταγράφηκε στη γωνιακή ταχύτητα  $300^{\circ} \cdot s^{-1}$  (μικρή αντίσταση). Η μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων των αγοριών και των δύο ομάδων διέφερε σημαντικά ( $p \leq 0.001$ ) μόνο στις γωνιακές ταχύτητες  $300, 180$  και  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  (μικρή αντίσταση). Η γωνία του γόνατος που παρατηρείται η μέγιστη ροπή του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων ποικίλει και στις δύο ομάδες ανάλογα με τη γωνιακή ταχύτητα. Έτσι, ενώ στις γωνιακές ταχύτητες  $30$  και  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  (μεγάλη αντίσταση) η μέγιστη τιμή εμφανίζεται στην αρχή της κίνησης του γόνατος, στις ταχύτητες  $300, 180$  και  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  (μικρή αντίσταση) η μέγιστη τιμή εμφανίζεται αργότερα.

Δεν υπήρχε συσχέτιση ( $p \geq 0.01$ ) μεταξύ της μέγιστης ισοκινητικής ροπής του τετρακεφάλου και οπισθίων μηριαίων μυών και της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες της ομάδας εξάσκησης και ελέγχου, όπως και με τη μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακεφάλου στη γωνιακή ταχύτητα  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  στη θέση του γόνατος  $60$  μοιρών, και των οπισθίων μηριαίων μυών στην ίδια γωνιακή ταχύτητα στις  $15$  μοίρες, όταν συγκρίθηκαν οι δύο ομάδες μαζί ως μία σε κάθε ηλικία (ομάδες Α και Β).

**Μετά.** Μετά την τριμήνη προπονητική περίοδο, το ανάστημα αυξήθηκε ( $p \leq 0.001$ ) και στις δύο ομάδες στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες, ενώ το σωματικό βάρος αυξήθηκε μόνο στους  $13$ -χρονους της ομάδας εξάσκησης ( $p \leq 0.01$ ) και σε όλους στην ομάδα ελέγχου (Πίνακας 1). Η βιολογική ωρίμανση παρέμεινε αμετάβλητη σε κάθε ηλικία και στις δύο ομάδες των εξεταζόμενων. Τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης παρέμειναν αμετάβλητα και στις τρεις ηλικίες της ομάδας ελέγχου, καθώς και στους  $10$ -χρονους της ομάδας εξάσκησης, ενώ αυξήθηκαν στους  $13$ -χρονους ( $p \leq 0.05$ ) και  $16$ -χρονους ( $p \leq 0.01$ ) που υποβλήθηκαν σε προπόνηση (Σχήματα 1, 2).



**Σχήμα 1.** Επίπεδα αυξητικής ορμόνης στις τρεις ηλικίες της ομάδας εξάσκησης και ελέγχου πριν και μετά την τριμήνη περίοδο προπόνησης.

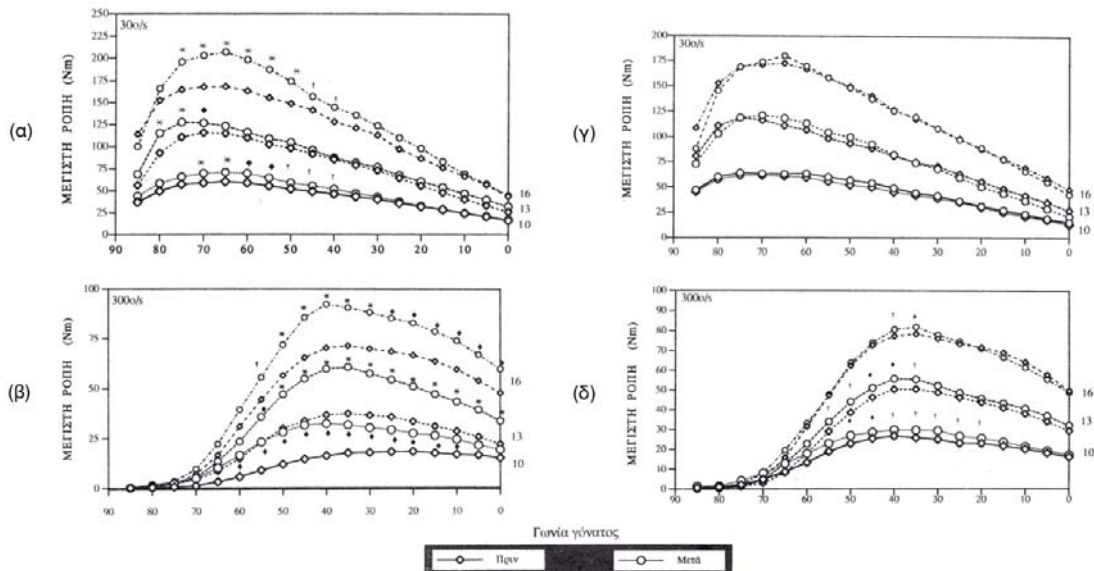


**Σχήμα 2.** Επίπεδα τεστοστερόνης στις τρεις ηλικίες της ομάδας εξάσκησης και ελέγχου πριν και μετά την τριμήνη περίοδο προπόνησης.

Η μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακεφάλου (Σχήμα 3) και των οπισθίων μηριαίων (Σχήμα 4) αυξήθηκε σημαντικά ( $p \leq 0.001$ ) σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες στην ομάδα Α και στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες. Στην ομάδα Β η μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακεφάλου και των οπισθίων μηριαίων αυξήθηκε σημαντικά στις τρεις ηλικίες μόνο στις γωνιακές ταχύτητες με μικρή αντίσταση.



Δεν υπήρχε συσχέτιση ( $p \geq 0.01$ ) μεταξύ της μέγιστης ισοκινητικής ροής του τετρακέφαλου και οπισθίων μηριαίων μυών και της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες, στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες της ομάδας A και B.



**Σχήμα 3.** Μέγιστη ισοκινητική ροπή του τετρακέφαλου μηριαίου της ομάδας εξάσκησης (α, β) και ελέγχου (γ, δ) σε ολόκληρο το εύρος έκτασης του γόνατος στις τρεις αναπτυξιακές ηλικίες, πριν και μετά την τρίμηνη περίοδο προπόνησης στις γωνιακές ταχύτητες 30 και 300  $s^{-1}$  (\* $p < 0.05$ , † $p < 0.01$ , \* $p < 0.001$ ).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο διάστημα της τρίμηνης περιόδου προπόνησης παρατηρήθηκε αύξηση του αναστήματος και στις δύο ομάδες. Η αύξηση αυτή είναι μέσα στα φυσιολογικά όρια και επέρχεται είτε με την προπόνηση είτε χωρίς την προπόνηση. Η αύξηση του αναστήματος οφείλεται κυρίως σε κληρονομικούς παράγοντες και όχι σε περιβαλλοντικούς, όπως είναι η σωματική άσκηση (Tanner 1962, Malina 1984). Ελάττωση του σωματικού βάρους στην ομάδα A δεν παρατηρήθηκε παρά τη συστηματική προπόνηση. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο μικρό χρονικό διάστημα της προπόνησης και στον μη περιορισμό της τροφής κατά την προπονητική περίοδο. Επιπλέον ο διαχωρισμός των αποτελεσμάτων που προέρχονται από την προπόνηση και εκείνων που σχετίζονται με τη φυσιολογική ανάπτυξη είναι δυσχερές, επειδή η σύσταση του σώματος αλλάζει αισθητά κατά τη φάση της φυσιολογικής ανάπτυξης και ωρίμανσης του παιδιού (Malina 1984). Η αύξηση του σωματικού βάρους στα 13-χρονα αγόρια της ομάδας A θα μπορούσε να αποδοθεί στη ραγδαία αύξηση του αναστήματος που συμβαίνει στην αναπτυξιακή αυτή περίοδο.

Η βιολογική κατάσταση των παιδιών και των δύο ομάδων δεν μεταβλήθηκε μετά την προπονητική περίοδο, γιατί οι αλλαγές που επέρχονται στην εφηβική κατάσταση εξαρτώνται κυρίως από κληρονομικούς παράγοντες (Tanner 1962) και όχι από την προπόνηση (Fahey et al. 1979), και επιπλέον τα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του φύλου δεν παρουσιάζουν μεταβολές, παρά τα αυξημένα επίπεδα της τεστοστερόνης (Weltman et al. 1986).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν καθαρά ότι μετά από τρεις μήνες προπόνηση τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης και τεστοστερόνης δεν μεταβάλλονται στα αγόρια της προεφηβικής ηλικίας, παρά μόνο στα αγόρια

που βρίσκονται στην εφηβεία. Τα αποτελέσματα αυτά είναι δύσκολο να συγκριθούν με αποτελέσματα άλλων συγγραφέων, γιατί δεν υπάρχουν αντίστοιχα που να προέρχονται από μακροχρόνια προπόνηση. Έχει αναφερθεί από τους Oseid και Hermansen (1971) και Wirth και συνεργάτες (1978) ότι κατά τη βραχεία άσκηση, τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης αυξάνονται στα αγόρια της προεφηβικής ηλικίας. Στις παραπάνω μελέτες δεν χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου και δεν ελήφθησαν υπόψη κι άλλοι παράγοντες, όπως είναι η βιολογική ωρίμανση, το επίπεδο φυσικής κατάστασης των ατόμων και η ώρα που έγινε η αιμοληψία, παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην έκκριση των ορμονών (Bunt 1986). Έτσι, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί εάν οι αλλαγές των επιπέδων της αυξητικής ορμόνης προήλθαν από την επίδραση των παράπων παραγόντων ή από την προπόνηση.

Για τις μεταβολές της τεστοστερόνης στα αγόρια προεφηβικής ηλικίας δεν υπάρχουν μελέτες που να αφορούν τη μακροχρόνια προπόνηση, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ως προς τη βραχεία άσκηση, οι Fahey και συνεργάτες (1979) αναφέρουν ότι στην προεφηβική ηλικία τα επίπεδα της τεστοστερόνης παραμένουν αμετάβλητα. Στην προεφηβική ηλικία, όπου τα επίπεδα της τεστοστερόνης είναι χαμηλά, φαίνεται ότι η προπόνηση δεν αποτελεί ερέθισμα για μια επιπλέον αύξηση των επιπέδων της ορμόνης, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από τη χαμηλή λειτουργική ικανότητα που έχουν τα κύτταρα Leydig των όρχεων στην ηλικία αυτή (Vermeulen 1974).

Για τα παιδιά της προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας δεν υπάρχουν πληροφορίες για τους μηχανισμούς που δραστηριοποιούνται κατά την άσκηση για την αύξηση των επιπέδων της αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης, ενώ για τους ενήλικες οι μηχανισμοί δεν έχουν διευκρινιστεί πλήρως. Από τα αποτελέσματα μας φαίνεται ότι οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα παιδιά επηρεάζονται από την ηλικία των ατόμων και τους παράγοντες της προπόνησης. Έτσι, γίνεται φανερό ότι κατά την αναπτυξιακή περίοδο, η ένταση, η διάρκεια και ο τύπος της άσκησης είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την έκκριση των ορμονών, αλλά μόνο κατά την εφηβική ηλικία. Φαίνεται δηλαδή ότι και για τους εφήβους μπορεί να υπάρχουν παρόμοιοι με τους ενήλικες μηχανισμοί για τις ορμονικές μεταβολές, που προκαλούνται από την άσκηση.

Η μυϊκή δύναμη βελτιώθηκε σημαντικά με την προπόνηση σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες στα αγόρια προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας, ενώ αντίθετα στα απροπόνητα αγόρια βελτιώθηκε μόνο στις γωνιακές ταχύτητες με μικρές αντιστάσεις. Τα παραπάνω αποτελέσματα που αφορούν τα αγόρια της ομάδας προπόνησης της προεφηβικής ηλικίας συμφωνούν με αποτελέσματα ορισμένων ερευνητών (Nielsen et al. 1980, Micheli 1983, Weltman et al. 1986, Ramsay et al. 1990), ενώ διαφωνούν με αποτελέσματα άλλων (Armstrong et al. 1977, American Academy of Pediatrics 1983, Sailors and Berg 1987). Ο Vrijens (1978) αναφέρει ότι η προπόνηση στην ηλικία αυτή δεν είναι παράγοντας για την αύξηση της μυϊκής δύναμης λόγω του χαμηλού ποσοστού ανδρογόνων, ενώ οι Weltman και συνεργάτες (1986) και Ramsay και συνεργάτες (1990) αποδίδουν τη σημαντική αύξηση της μυϊκής δύναμης στην ηλικία αυτή σε νευρολογικούς και άλλους αδιευκρίνιστους παράγοντες και όχι σε υπερτροφία. Στους έφηβους και τους ενήλικες η αύξηση της μυϊκής δύναμης που προέρχεται από την προπόνηση αποδίδεται πρώτα σε νευρολογικούς παράγοντες και μετά σε αυξημένη σύνθεση της συστατικής ακτομοσίνης, δηλαδή στην υπερτροφία (Sale et al. 1982, Hakkinen and Komi 1983).

Η βελτίωση της μυϊκής δύναμης σε σχέση με τα αυξημένα επίπεδα της



αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης που προέρχονται από την άσκηση δεν έχουν διευκρινισθεί πλήρως, όχι μόνο στα αγόρια προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας, αλλά ούτε και στους ενήλικες. Παρά την επικρατούσα αντίληψη ότι η τεστοστερόνη αυξάνει τη μυϊκή δύναμη (Terperman 1973), οι Fahey και συνεργάτες (1976) αναφέρουν ότι στους ενήλικες δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ της αυξημένης δύναμης και των αυξημένων επιπέδων της τεστοστερόνης που προέρχεται από την άσκηση. Η ορμόνη αυτή άμεσα επηρεάζει την αύξηση της μυϊκής μάζας (MacDougall et al. 1977, Jacobs et al. 1982). Σύμφωνα με τους Sale και συνεργάτες (1982) και Hakkinen και Komi (1983) στους ενήλικες η βελτίωση της μυϊκής δύναμης στα πρώτα στάδια της προπονητικής περιόδου οφείλεται σε νευρολογικές προσαρμογές, λόγω της δραστηριοποίησης των κινητικών μονάδων και στη συνέχεια οφείλεται στην αυξημένη σύνθεση της συσταλτής πρωτεΐνης, που οδηγεί στη μυϊκή υπερτροφία. Οι Souccar και συνεργάτες (1982) αναφέρουν επίσης ότι η τεστοστερόνη δεν βοηθά άμεσα στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, αλλά στη διέγερση της νευρομυϊκής λειτουργίας. Η χαμηλή σχέση της αυξητικής ορμόνης με τη μυϊκή δύναμη μετά την προπόνηση δείχνει μάλλον την έμμεση επίδραση που έχει η αυξητική ορμόνη στη δύναμη, η οποία επηρεάζει περισσότερο την αύξηση της μυϊκής μάζας και λιγότερο τη νευρομυϊκή λειτουργία (Macintyre 1987). Φαίνεται, λοιπόν, και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ότι η βελτίωση της μυϊκής δύναμης, που επήλθε από τη συγκεκριμένη προπόνηση και στις τρεις ηλικίες, μπορεί να οφείλεται σε άλλους παράγοντες και όχι σε ορμονικούς.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμπεραίνεται ότι τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης στην προεφηβική ηλικία δεν μεταβάλλονται από την ένταση της προπόνησης. Στην εφηβική ηλικία, όμως, η υψηλή ένταση της προπόνησης μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο διέγερσης για την αύξηση των επιπέδων της αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι η προπόνηση με μεγάλη ένταση αυξάνει όλες τις μορφές δύναμης σε μικρές και μεγάλες αντιστάσεις, ενώ η προπόνηση με ήπια ένταση αυξάνει τη δύναμη μόνο σε μικρές αντιστάσεις. Παρά την αντίληψη ότι με την προπόνηση δύναμης τα αυξημένα επίπεδα της τεστοστερόνης βελτιώνουν τη μυϊκή δύναμη, εντούτοις η σχέση τους είναι χαμηλή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ABRAHAM, G.E. *Handbook of Radioimmunoassay*. Marcel Dekker, 1977.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Weight training and weight lifting: information for the pediatrician. *Phys. Sports Med.* 11; 157-161, 1983.
- ARMSTRONG, R.R., J.A. FAUKKER, and P.V. KOMI. Round Table: Structure and function of skeletal muscle. *Phys. Sports Med.* 4:34-52, 1977.
- BAR-OR, O. Trainability of the prepubescent child. *Phys. Sports Med.* 17:65-82, 1989.
- BOTTGER, W. Fragen der blutungs wirkungen sportlichen trainings auf den im wachstum befindlichen organismus. *Med. Sport IV*: 185-187. 1964.
- BUNT, J.C. Hormonal alterations due to exercise. *Sports Med.* 3:331-345, 1986.
- CARRON, A.V. and D.A. BAILEY. Strength development in boys from 10 through 16 years. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 39 (4, serial No. 157), 1974.
- FAHEY, T.D., R. ROLPH, P. MOUNGMLE, J. NAGEL, and S. MORTARA. Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Med. Sci. Sports* 8:31-34, 1976.
- FAHEY, T.D., A. DEL VALLEZURIS, G. OCHLSEN, M. TRIED, and J. SEYMOUR. Pubertal stage differences in hormonal and hematological responses to maximal exercise in males. *J. Appl. Physiol.* 46:823-827, 1979.
- HAKKINEN, K., and P.V. KOMI. Electromyographic changes during strength training and detraining.

- Med. Sci. Sports Exerc.* 15:455-460, 1983.
- JACOBS, I., B. SJÖDIN. and B. SAUVE. Muscle fiber type cross-sectional area and strength in boys after 4 years endurance training. Abstract. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14:123, 1982.
- MACDOUGALL, J.B., G.R. WARD. D.G. SALE, and J.R. SUTTON. Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *J. Appl. Physiol.* 43:700-703, 1977.
- MACINTYRE, J.G. Growth hormone and athletes. *Sports Med.* 4:129-142, 1987.
- MALINA, R.M. *Human growth, nutrition and regular activity.* In: Advances in Pediatric Sport Sciences, Vol. 1, R.A. Boileau (Ed.). Illinois: Human Kinetics Publishers, 1984. p. 59-83.
- MALINA, R.M. and C. Bouchard. *Growth, maturation and physical activity.* Human Kinetics Publishers, Inc. 1991.
- MICHELI, L. Preadolescents show dramatic strength gains. *Phys. Sports Mod.* 11: 25. 1983.
- MOLLINATTI, G.M., F. MASSARA, E. STRUMIA, F. PENKKI, G.A. SCACELLATI, and L. VANCHERI. Radioimmunoassay of human growth hormone. *J. Nucl. Biol. Med.* 13:26-36, 1969.
- MOLNAR, G.E. and J. ALEXANDER. Objective, quantitative muscle testing in children: A pilot study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 54:224-228, 1973.
- NIELSEN, B., K. NIELSEN, M. BEHRENDT-HANSEN, E. ASMUSSEN. *Training of "functional muscular strength" in girls 7-19 years old.* In: Children and Exercise IX, K. Berg and B.O. Eriksson (Eds.), Baltimore: University Park Press, 1980, p. 68-69.
- OSEID, S. and L. HERMANSEN. Hormonal and metabolic changes during and after prolonged muscular work in pre-pubertal boys. *Acta Paedr. Scand.* (Suppl.) 217:147-153, 1971.
- RAMSAY, J.A., C.J.R. BLIMKIE, K. SMITH, S. GARNER, J.D. MACDOUGALL, and D.G. SALE. Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12:605-614, 1990.
- SAILORS, M., and K. BERG. Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 27: 30-37, 1987.
- SALE, D., J. McCOMES, D. MACDOUGALL, and A. UPTON. Neuromuscular adaptation in human muscles following strength training and immobilization. *J. Appl. Physiol.* 53:419-424, 1982.
- SOUCAR, C., A.S. LAPA, and R.B. DOVALLE. The influence of testosterone on neuromuscular transmission in hormone sensitive mammalian skeletal muscles. *Muscle Nerve* 5:232-237, 1982.
- TANNER, J.M. *Growth at adolescence.* Oxford, England: Blackwell Scientific Publications Ltd. , 1962.
- TANNER, J.M. *Foetus into man, physical growth from conception to maturity.* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1978.
- TEPPERMAN. J. *Metabolic and Endocrine Physiology.* Chicago, IL: Year Book, 1973, p. 70.
- VERMUELEN, A. Leydig cell secretion in (pre) pubertal boys and in delayed puberty. In: *The Endocrine Function of the Human Testes*, Vol. II, V. James, M. Serio, and L. Martini (Eds.), New York: Acad. Press, 1974. p. 145-160.
- VRIJENS, J. *Muscle strength development in the pre- and post- pubescent age.* In: Pediatric Work Physiology, Vol. 11, J. Borms and M. Hebbelinck (Eds.), Karger, Basel, 1978. p. 152-158.
- WELTMAN, A., C. JANNEY, C.B. RIAN, K. STRAND, B. BERG, S. TIPPITT, J. WISE, B. R. CAHILL, and F.I. KATCH. The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18:629-638, 1986.
- WIRTH, A., E. TRAGER., K. SCHEELE, D. MAYER, K. DIEHM, K. REISCHLE, K., and H. WEIKER. Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal and submaximal physical exercise in boys and girls at different stages of maturity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 39:229-240, 1978.