

ΣΧΟΛΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ

Απόστολος Ντάνης
Διδάκτωρ Εργοφυσιολογίας
Καθηγητής Φ.Α. Α'βαθμιας Εκπαίδευσης

*Η άσκηση με στόχο τις βιολογικές
προσαρμογές μέγιστης προσπάθειας
δεν ενδείκνυται στο δημοτικό σχολείο.*

Η εφηβική φάση της ανάπτυξης του παιδιού σηματοδοτείται από ραγδαίες σωματικές και ορμονικές μεταβολές. Η βιολογική ωρίμανση (ωρίμανση του γεννητικού συστήματος) με την ορμονική διαφοροποίηση, εκτός από την ανάπτυξη των γεννητικών οργάνων και των δευτερευόντων χαρακτηριστικών του φύλου, προκαλεί και μια επιτάχυνση στη σωματική ανάπτυξη που είναι γνωστή σαν αλματική ανάπτυξη της εφηβείας (adolescent growth spurt). Χαρακτηριστικά, η ετήσια αύξηση του αναστήματος κατά την αλματική ανάπτυξη της εφηβείας διπλασιάζεται, φθάνοντας τα 10 cm στ' αγόρια και τα 8 cm στα κορίτσια, ενώ ανάλογα μεταβάλλεται και η αύξηση της μυϊκής μάζας και του σωματικού λίπους.

Η χρονική διάρκεια της εφηβικής ανάπτυξης κυμαίνεται στα 3-5 χρόνια, ενώ η αλματική ανάπτυξη (κορύφωση) συμβαίνει 1-2 χρόνια νωρίτερα στα κορίτσια απ' ότι στ' αγόρια. Ωστόσο δεν είναι η χρονολογική ηλικία που καθορίζει την έναρξη της εφηβείας αλλά η βιολογική, η οποία παρουσιάζει μια απόκλιση από την χρονολογική που μπορεί να φθάνει τα ± 3 χρόνια. Έτσι δεν μπορούμε να ορίσουμε βάση της χρονολογικής ηλικίας, πια παιδιά βρίσκονται ακριβώς στην εφηβική ανάπτυξη, κατανοούμε όμως σε πια παιδιά αναφερόμαστε δίνοντας τα παρακάτω στοιχεία με βάση τα ελληνικά δεδομένα για την ανάπτυξη του παιδιού (Μαντζαγιώτη-Μεϊμαρίδη et al. 1986, Ντάνης 1986, Αϊβάζης 1994): σχεδόν το 90% των αγοριών της 6^{ης} δημοτικού και της 1^{ης} γυμνασίου βρίσκονται στην εφηβική ανάπτυξη, ενώ περίπου στο 50-60% των αγοριών της 5^{ης} δημοτικού και περίπου στο 10-20% των αγοριών της 4^{ης} δημοτικού έχει αρχίσει η εφηβική ανάπτυξη. Ανάλογα ποσοστά ισχύουν για τα κορίτσια μετατοπίζοντάς τα κατά μια τάξη νωρίτερα. Η εισήγηση αυτή αναφέρεται κυρίως στα παιδιά της εφηβικής ανάπτυξης δηλ. στην πλειοψηφία των παιδιών της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου.

Κάνοντας μια αναδρομή στη βιβλιογραφία συναντάμε αντιφατικά δεδομένα για τη δυνατότητα βελτίωσης της αερόβιας ικανότητας¹ κατά την προεφηβική και εφηβική ηλικία (πίνακας 1). Τόσο στην αναπτυξιακή φάση πριν την έναρξη της εφηβείας (προεφηβική) όσο και κατά την εφηβεία οι μισές περίπου έρευνες δίνουν θετικά αποτελέσματα και οι άλλες μισές καμιά επίδραση της προπόνησης. Η ασυμφωνία αυτή των ερευνητικών αποτελεσμάτων ήταν το ερέθισμα για την επανεξέταση του θέματος αυτού στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας του ΤΕΦΑΑ Αθηνών.

¹ Η ευρέως γνωστή αερόβια «αντοχή» συγκροτείται από την μέγιστη αερόβια ικανότητα που εκτιμάται από την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\text{VO}_2 \text{ max}$) και από τη βασική αερόβια ικανότητα που εκτιμάται από το αναερόβιο κατώφλι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ VO₂ MAX ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΦΗΒΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΗΒΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ.

Α. ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΕΦΗΒΕΙΑΣ	
Θετική επίδραση	Καμιά επίδραση
Weber et al. 1976	Schmuecker und Hollmann 1973 nc
Lussier and Buskirk 1977	Bar-Or and Zwiren 1973
Vaccaro and Clarke 1978	Kobayashi et al. 1978
Gerhardus 1980 ?	Yoshida et al. 1980
Petratis et al. 1983	Mirwald et al. 1981
Rotstein et al. 1986	
Mahon and Vaccaro 1994	
Β. ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΦΗΒΕΙΑΣ	
Θετική επίδραση	Καμιά επίδραση
Eklblom 1969 ?	Daniels and Oldridge 1971 nc
Eriksson 1972 nc	Parizkova and Sprynarova 1975 ?
Massicotte and MacNab 1974 ?	Weber et al. 1976
Kobayashi et al. 1978	Stewart and Gutin 1976 ?
Mirwald et al. 1981	
Mahon and Vaccaro 1989 ?	
? αμφιβολίες για τη βιολογική ηλικία των παιδιών	
nc χωρίς ομάδα ελέγχου	

9 ζευγάρια μονοζυγωτικών διδύμων ηλικίας 11-14 ετών χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα. Ένας δίδυμος από κάθε ζευγάρι συμμετείχε σε προπόνηση με δομικές επιβαρύνσεις έντασης 85-120 % του αναερόβιου κατωφλίου (75-97 % της VO₂ max), που γινόταν 3 φορές τη βδομάδα και διάρκεσε 6 μήνες. Οι μη προπονούμενοι δίδυμοι αδελφοί τους αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Με τη μέθοδο του Tanner (1962) ελέγχθηκε η βιολογική ηλικία των διδύμων (5 στάδια ωρίμανσης των γεννητικών οργάνων) και διαπιστώθηκε ότι 3 ζευγάρια ήταν στο στάδιο 1 (προεφηβική ανάπτυξη) και τα υπόλοιπα 6 στα στάδια 2-5 (εφηβική ανάπτυξη). Οι σκελετικές μεταβολές μετά τους 6 μήνες της προπόνησης ήταν ίδιες στους προπονημένους και στους απροπονητούς διδύμους, ενώ ήταν αισθητά μεγαλύτερες στους διδύμους της εφηβικής ανάπτυξης, επιβεβαιώνοντας έτσι της αλματική τους ανάπτυξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ 6 ΜΗΝΩΝ (Π) ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε) ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΟΝΟΖΥΓΩΤΙΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ ΠΡΟΕΦΗΒΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΗΒΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ (Ντάνης 1997).

Μεταβλητές		Πριν	Μετά	Μεταβολή (%)	p	
VO ₂ max (l/min)	Π	2.08 ±0.43	2.37 ±0.45	14.9 ±7.8	**	] ns
	E	2.10 ±0.41	2.32 ±0.47	10.5 ±6.6	**	
VO ₂ max (ml/kg/min)	Π	52.1 ±3.6	57.5 ±3.6	10.6 ±5.6	**	] **
	E	54.0 ±3.9	55.4 ±3.3	2.7 ±5.3	ns	
Αναερόβιο Κατώφλι	Π	11.4 ±1.3	13.4 ±1.1	18.2 ±10.1	**	] *
	E	11.9 ±0.9	12.7 ±1.1	6.8 ±10.1	ns	

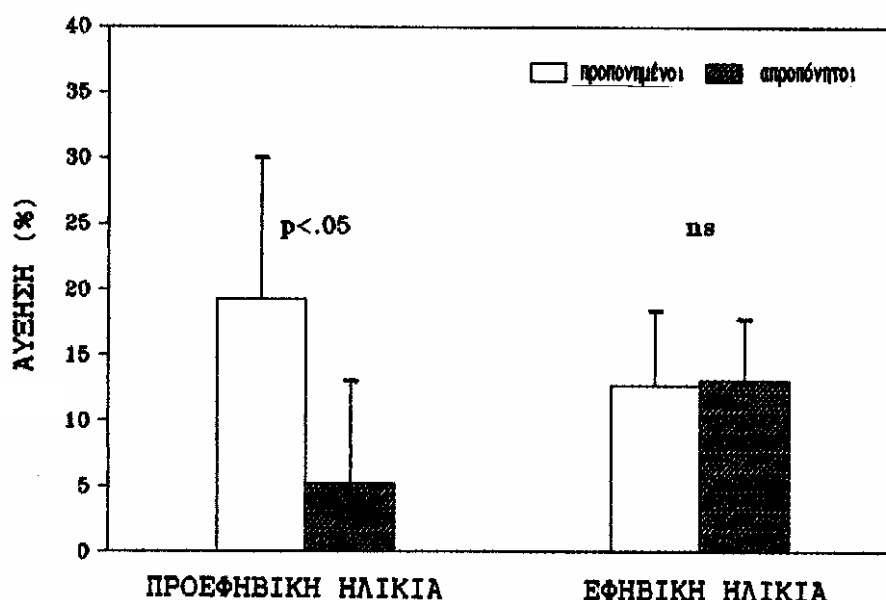
ns: μη στατιστικά σημαντική διαφορά (p>0.05)

* : στατιστικά σημαντική διαφορά (p<0.05)

** : στατιστικά σημαντική διαφορά (p<0.01)

Το αποτέλεσμα της προπόνησης στην VO_2 max δεν ήταν αυτό που αναμενόταν. Οι προπονημένοι δίδυμοι αύξησαν μετά τους 6 μήνες τη μέγιστή τους πρόσληψη οξυγόνου κατά 14.9 %, ενώ οι απροπονήτοι αδελφοί τους κατά 10.5 %. Μεταξύ τους δεν διέφεραν σημαντικά ούτε στην ποσοστιαία αύξηση ούτε στις μέσες τιμές (πίνακας 2). Δηλαδή η συστηματική προπόνηση δεν επέφερε κανένα σημαντικό αποτέλεσμα στην VO_2 max πέρα από εκείνη που προκάλεσε η ανάπτυξη στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα της προπόνησης.

Όταν αναλύθηκε χωριστά η επίδραση της προπόνησης στους διδύμους της προεφηβικής και στους διδύμους της εφηβικής ηλικίας (σχήμα 1) το αποτέλεσμα ήταν ακόμη πιο ξεκάθαρο. Τα τρία ζευγάρια των διδύμων της προεφηβικής ανάπτυξης παρουσίασαν μια βελτίωση 19.3 % στους προπονημένους και 5.2 % στους απροπονήτους διδύμους. Η βελτίωση δηλαδή με προπόνηση ήταν αισθητά μεγαλύτερη από εκείνη που προκάλεσε η ανάπτυξη. Αντίθετα στα υπόλοιπα έξι ζευγάρια της εφηβικής ανάπτυξης η βελτίωση ήταν η ίδια στους προπονημένους (12.7 %) και στους απροπονήτους (13.1 %) διδύμους. Δηλαδή η προπόνηση δεν επέφερε καμιά πρόσθετη βελτίωση από εκείνη που επέφερε η ανάπτυξη. Η αύξηση της VO_2 max στους διδύμους αυτούς ήταν σε στενή εξάρτηση με την αύξηση του αναστήματος ($r = 0.93$).



Σχήμα 1. Επίδραση της προπόνησης στην VO_2 max στους διδύμους της προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας.

Η σχετική τιμή της VO_2 max (ανά κιλό σωματικού βάρους) παρουσίασε μια σημαντική αύξηση στους προπονημένους διδύμους (10.6 %), ενώ οι απροπονήτοι αδελφοί τους δεν παρουσίασαν κάποια ουσιαστική διαφοροποίηση (2.7 %). Ωστόσο η βελτίωση αυτή ήταν ένα έμμεσο αποτέλεσμα της μικρότερης αύξησης του σωματικού βάρους στους προπονημένους διδύμους και πιο συγκεκριμένα της μείωσης του σωματικού τους λίπους. Το σχετικό σωματικό λίπος στους προπονημένους διδύμους μειώθηκε σημαντικά από 17.8 % σε 16.2 %, ενώ στους απροπονήτους αδελφούς τους παρέμεινε το ίδιο.

Τα ίδια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε μια δεύτερη έρευνα στο πανεπιστήμιο της Θεσ/νίκης (Ντάνης et al. 1999), όπου αγόρια στην πλειοψηφία εφηβικής ανάπτυξης (ηλικίας 10-13 ετών) προπονήθηκαν για 4 μήνες με δομικές επιβαρύνσεις έντασης 90-110% του αναερόβιου κατωφλίου (3 φορές /βδομάδα). Τόσο η πειραματική ομάδα ($n=10$) όσο και η ομάδα ελέγχου ($n=12$) βελτίωσαν σημαντικά την VO_2 max μετά τους 4 μήνες (πειραματική 6.8 %, ελέγχου 5.6 %). Μεταξύ τους όμως δε διαπιστώθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά, ούτε στη μέση τιμή ούτε στην ποσοστιαία βελτίωση. Καμιά σημαντική διαφοροποίηση δεν παρατηρήθηκε στη σχετική τιμή της VO_2 max μετά τους 4 μήνες, ενώ η μείωση του σωματικού λίπους ήταν σημαντική στην πειραματική ομάδα.

Στην παραπάνω έρευνα εξετάσθηκε η ορμονική ανταπόκριση (αυξητική ορμόνη, θυροειδικές ορμόνες και τεστοστερόνη) σε μέγιστη επιβάρυνση πριν και μετά την προπόνηση. Δεν διαπιστώθηκε όμως καμιά διαφοροποίηση στα προπονημένα αγόρια σε σχέση με τα απροπονημένα που να δίνει κάποια εξήγηση για την αδυναμία μιας περαιτέρω βελτίωσης της $VO_2 \max$ πάνω από τα επίπεδα της ανάπτυξης. Γεγονός είναι ωστόσο ότι η $VO_2 \max$ κατά τη διάρκεια της εφηβικής ανάπτυξης παρουσιάζει μια αλματική αύξηση, περίπου παράλληλη με την αλματική αύξηση του αναστήματος, **δεν μπορεί όμως να βελτιωθεί περισσότερο μέσω της προπόνησης, ούτε φυσικά μέσω της σχολικής φυσικής αγωγής.**

Σε ότι αφορά τη γαλακτική ικανότητα που συνδέεται με τη μέγιστη προσπάθεια, είναι γνωστό ότι τα παιδιά παρουσιάζουν μια αδυναμία σε σχέση με τους ενήλικες. Έχουν δηλ. μικρότερες συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος, που οφείλονται προφανώς στη μικρότερη δραστηριοποίηση του ενζύμου φωσφοφρουκτοκινάση (PFK) και κατά συνέπεια στην περιορισμένη παραγωγή γαλακτικού οξέος.

Στην έρευνα με τους διδύμους εξετάσθηκε η επίδραση της προπόνησης των 6 μηνών στη μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα μετά από μια μέγιστη προσπάθεια δρόμου 300 m με ταυτόχρονη συμμετοχή και των δύο διδύμων από κάθε ζευγάρι. Παρά το γεγονός ότι μετά την προπόνηση οι προπονημένοι δίδυμοι είχαν καλύτερες επιδόσεις (σε χρόνους) από τους αδελφούς τους, οι μέγιστες συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος δεν μεταβλήθηκαν ούτε στους προπονημένους (πριν 9.4 , μετά 9.4 mmol/l) ούτε στους απροπονητούς διδύμους (πριν 9.2 , μετά 9.0 mmol/l). Ας σημειωθεί ότι τα ερεθίσματα της διαλειμματικής προπόνησης ήταν τέτοια που θα μπορούσαν να προκαλέσουν μεταβολές στην αναερόβια γαλακτική ικανότητα. Φαίνεται όμως ότι τέτοιες προσαρμογές στην προεφηβική και εφηβική ηλικία δεν είναι εύκολο ή δεν είναι δυνατό να προκληθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ ΣΤΟ ΑΙΜΑ (mmol/l) ΣΕ ΑΓΟΡΙΑ ΠΡΟΕΦΗΒΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΗΒΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Συγγραφείς	Ηλικία	Πριν	Μετά	p
Eriksson et al. 1973	11 - 13	4.7	5.9	s
Eriksson and Koch 1973	11 - 13	7.8	8.7	s
Massikotte and MacNab 1974	11 - 13	8.0	9.6	s
Παξινός 1994	9 - 10	6.7	8.8	s
Eklom 1969	11	8.7	8.3	ns
Weber et al. 1976	10	6.5	7.3	ns
Weber et al. 1976	13	8.3	8.8	ns
Ντάνης 1997	11 - 14	9.4	9.4	ns

s : Στατιστικά σημαντική αύξηση

ns: Μη στατιστικά σημαντική μεταβολή

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται αποτελέσματα από έρευνες στην προεφηβική και εφηβική ηλικία σ' ότι αφορά τη βελτίωση της μέγιστης συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο αίμα. Όπως φαίνεται και εδώ υπάρχουν αντιφατικά δεδομένα. Αξιοσημείωτο είναι όμως ότι στις έρευνες που παρατηρήθηκε βελτίωση οι συγκεντρώσεις πριν την προπόνηση δεν ξεπερνούσαν τα 8.0 mmol/l, πράγμα που δημιουργεί ερωτηματικά κατά πόσο εξάντλησαν τα παιδιά την ανοχή τους στο γαλακτικό οξύ κατά το αρχικό τεστ. Είναι δεδομένο ότι ειδικά σε απροπονημένα άτομα η ανοχή στις ψηλές συγκεντρώσεις διαφοροποιείται αισθητά μέσα στις 2 ή 3 πρώτες προσπάθειες. Στον πίνακα φαίνεται χαρακτηριστικά ότι όπου υπήρχαν ψηλές αρχικές συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος δεν παρατηρήθηκε βελτίωση. **Είναι αμφίβολο λοιπόν αν κατά την παιδική ηλικία μπορεί να βελτιωθεί η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα και κατ' επέκταση η γαλακτική ικανότητα.**

Αν λοιπόν οι βιολογικές προσαρμογές μέγιστης προσπάθειας που αναφέρονται στην $VO_2 \max$ και στη μέγιστη παραγωγή γαλακτικού οξέος δεν μπορούν να βελτιωθούν με

συστηματική προπόνηση, τότε φυσικά δεν μπορούν να βελτιωθούν με τις περιορισμένες διδακτικές ώρες της σχολικής φυσικής αγωγής και επομένως δεν μπορούν να αποτελέσουν στόχο του μαθήματος.

Διερευνώντας ωστόσο την άλλη πλευρά της αερόβιας αντοχής, τη βασική αερόβια ικανότητα μέσω του αναερόβιου κατώφλιου² παρατηρήθηκαν διαφορετικά αποτελέσματα. Στην έρευνα με τους διδύμους παρατηρήθηκε μια βελτίωση 18.2 % στους προπονημένους και 6.8 % στους απροπονητούς διδύμους. Η βελτίωση της προπόνησης ήταν παρόμοια και στους διδύμους της προεφηβικής και στους διδύμους της εφηβικής ανάπτυξης (πίνακας 2). Μια σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε επίσης στη δεύτερη έρευνα στα αγόρια της πειραματικής ομάδας μετά τους 4 μήνες της προπόνησης (13.7 %), ενώ δεν βελτιώθηκαν στατιστικά τα αγόρια της ομάδας ελέγχου (5.4 %).

Είναι λοιπόν φανερό ότι μπορούν να προκληθούν προσαρμογές στο αναερόβιο κατώφλι και κατ' επέκταση στη βασική αερόβια ικανότητα των παιδιών της προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας. Οι προσαρμογές αυτές όμως προκαλούνται με ερεθίσματα χαμηλής έντασης, τα οποία μπορούν να δοθούν μέσα από το κινητικό περιεχόμενο του μαθήματος της φυσικής αγωγής, όχι απαραίτητα με μορφή δομικών επιβαρύνσεων αλλά και με μορφή παιχνιδιού (κινητικά παιχνίδια ή αθλοπαιδιές) ή άλλων μορφών γύμνασης. **Έτσι λοιπόν μπορούν να αναμένονται βιολογικές προσαρμογές στη βασική αερόβια ικανότητα (αναερόβιο κατώφλι) μέσα από το μάθημα της φυσικής αγωγής.**

Προκειμένου όμως να συνδυάζονται περισσότεροι στόχοι της φυσικής αγωγής σε κάθε διδακτική ώρα τα ερεθίσματα αυτά θα μπορούσαν να δοθούν, για παράδειγμα, μέσα από συνθήκες τακτικού παιχνιδιού στο μπάσκετ, το ποδόσφαιρο και το χάντμπωλ, μέσα από συνθήκες εξάσκησης της τεχνικής και τακτικής των αθλοπαιδιών (1 εναντίον 1, 2 εναντίον 2, 3 εναντίον 3 κλπ.), μέσα από κινητικά παιχνίδια που περιέχουν τρέξιμο ή μέσα από άλλες ελεύθερες κινητικές δραστηριότητες (γυμναστική με μουσική κλπ.). Έτσι εκπληρώνονται ταυτόχρονα και άλλοι στόχοι της φυσικής, όπως κινητική μάθηση και κινητική επιδεξιότητα, ψυχαγωγία, μύηση σε αντικείμενα αθλητικής κατεύθυνσης ή φυσικής δραστηριότητας που προσφέρονται για μια «δια βίου» άσκηση. Μ' αυτό τον τρόπο το μάθημα γίνεται συνήθως πιο ευχάριστο για τους μαθητές και τον διδάσκοντα.

Βιβλιογραφία

- Αϊβάζης, Β. : Το φυσιολογικό παιδί. Πρότυπα στοιχεία ανάπτυξης. Εκδόσεις «Άρις», Θεσ/νίκη 1990.
- Bar-Or, O. and L.D. Zwiren : Physiological effects of frequency and content variation of physical education classes and of endurance conditioning on 9 to 10 year old boys and girls. In: Bar-Or, O. (ed): Pediatric Work Physiology. 4th Int. Symp. Israel, Wingate Institute, pp 198-208, 1973.
- Daniels, J., N. Oldridge, F. Nagle and B. White : Differences and changes in VO_2 among young runners 10 to 18 years of age. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10: 200-203, 1978.
- Eklom, B. : Effect of physical training in adolescent boys. *J. Appl. Physiol.* 27, 3: 350-355, 1969.
- Eriksson, B.O. : Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13-year old boys. *Acta Physiol. Scand., Suppl.* 384, 1972.
- Eriksson, B.O. and G. Koch : Effect of physical training on hemodynamic response during submaximal and maximal exercise in 11-13-year old boys. *Acta Physiol. Scand.* 87: 27-39, 1973.
- Eriksson, B.O., P.D. Gollnick and B. Saltin : Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol. Scand.* 87: 485-497, 1973.
- Gerhardus, H. : Ueber den Einfluss eines Leistungs-Ausdauer-trainings im Kindesalter auf kardio-pulmonale parameter. *Dr. Arbeit*, DSHS Koeln, 1980.

² Σαν αναερόβιο κατώφλι ορίζεται εκείνη η ένταση της προσπάθειας στην οποία παρατηρείται η ψηλότερη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα καθ' όσο η προσπάθεια συνεχίζεται, δηλ. η ψηλότερη ισορροπία ανάμεσα στην παραγωγή γαλακτικού οξέος στους μυς και στην απομάκρυνσή του από το αίμα. Η σταθερή αυτή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα είναι συνήθως τα 4 mmol/l και η ένταση που αντιστοιχεί σ' αυτή τη συγκέντρωση είναι υπομέγιστη και δεν εξαρτάται από το μέγεθος της προσπάθειας.

- Kobayashi, K., K. Kitamura, M. Miura, H. Sodeyama, Y. Murase, M. Miyashita, and H. Matsui : Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J. Appl. Physiol.* 44, 5: 666-672, 1978.
- Lussier, L. and E.R. Buskirk : Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 301: 734-741, 1977.
- Mahon, A.D. and P. Vaccaro : Ventilatory threshold and VO_2 max changes in children following endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21, 4: 425-431, 1989.
- Mahon, A.D. and P. Vaccaro : Cardiovascular adaptations in 8- to 12-year-old boys following a 14-week running program. *Can. J. Appl. Physiol.* 19,2: 139-150, 1994.
- Μαντζαγριώτη-Μεϊμαρίδη, Μ., Ν. Πανταζίδης, Σ. Δοξιάδης και Μ. Ραφαήλ : Εθνικά πρότυπα ανάπτυξης: Βάρος και ύψος παιδικού πληθυσμού στην Ελλάδα. *Παιδιατρική* 49: 1-15, 1986.
- Massicotte, D.R. and R.B.J. MacNab : Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. *Med. Sci. Sports* 6, 4: 242-246, 1974.
- Mirwald, R.L., D.A. Bailey, N. Cameron and R.L. Rasmussen : Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Annals Human Biol.* 8, 5: 405-414, 1981.
- Ντάνης, Α. : Χαρακτηριστικά ανάπτυξης των Ελληνίδων αθλητριών ενόργανης γυμναστικής - σύγκριση με μη αθλούμενες μαθήτριες. *Αθλητική Επιστήμη, Θεωρία και Πράξη* 2: 54-71, 1986.
- Ντάνης, Α.: Βιολογικές προσαρμογές στην προεφηβική και εφηβική ηλικία: Κληρονομικότητα και προπόνηση. *Διδακτορική διατριβή*, ΤΕΦΑΑ πανεπιστημίου Αθήνας, Αθήνα 1997,
- Ντάνης, Α., Μ. Καραμούζης, Ι. Καλογερόπουλος, Ν. Κουτλιάνος, Ν. Γαλάνης και Α. Δελγιάννης: Η ανταπόκριση των HGH, TSH, T_3 και T_4 σε μέγιστη επιβάρυνση, πριν και μετά την προπόνηση σε αγόρια προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας. *7^ο Διεθνές Συνέδριο Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού*, Κομοτηνή, Μάιος 1999.
- Parizkova, J. and S. Spynarova : Longitudinal study of the changes in body composition, body build and aerobic capacity in boys of different physical activity from 11 to 15 years. In: Mellerowicz, H., E. Jokl and G. Hansen (Eds): *Ergebnisse der Ergometrie*. Perimed mbH, Erlangen, 1975.
- Παζινός Θ. : Αλληλεπίδραση γονότυπου και προπόνησης αγοριών προεφηβικής ηλικίας σε επιλεγμένες μεταβολικές και νευρομυϊκές παραμέτρους. *Διδακτορική Διατριβή*, ΤΕΦΑΑ πανεπιστημίου Αθήνας, Αθήνα 1994.
- Petratis, M.M., S.P. Sady, M.P. Savage and W.H. Thomson : Effects of 10 weeks exercise training on cardiorespiratory fitness of prepubescent boys and adult men (abstract). *Med. Sci. Sports Exerc.* 15: 107, 1983.
- Rotstein, A., R. Dotan, O. Bar-Or and G. Tenenbaum : Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int. J. Sports Med.* 7: 281- 286, 1986.
- Schmuecker, B. und W. Hollmann : Zur Frage der Trainierbarkeit von Herz und Kreislauf bei Kindern bis zum 10. Lebensjahr. *Sportarzt u. Sportmed.* 10: 231-235, 11: 263-265, 1973.
- Stewart, K.J. and B. Gutin (1976) : Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Research Quarterly* 47: 110- 120, 1976.
- Tanner, J.M. : *Wachstum und Reifung des Menschen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1962.
- Vaccaro, P. and D.H. Clarke : Cardiorespiratory alterations in 9 to 11 year old children following a season of competitive swimming. *Med. Sci. Sports* 10, 3: 204-207, 1978.
- Weber, G., W. Kartodihardjo, and V. Klissouras : Growth and physical training with reference to heredity. *J. Appl. Physiol.* 40, 2: 211-215, 1976.
- Yoshida, T., I. Ishiko, and I. Muraoka : Effect of endurance training on cardiorespiratory functions of 5-year-old children. *Int. J. Sports Med.* 1, 2: 91-94, 1980