

Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό

Τόμος 13 (3), 37 – 49

Δημοσιεύτηκε: Δεκέμβριος 2015



---

Inquiries in Sport & Physical Education

[www.pe.uth.gr/emag](http://www.pe.uth.gr/emag)

Volume 13 (3), 37-49

ISSN 1790-3041

Released: December 2015

---

### **Morphological and Functional Adaptations in the Heart of Young Athletes Due to Endurance Training**

<sup>1</sup>Lefteris Rafailakis, <sup>1</sup>Dimitrios Soulas, & <sup>1,2</sup>Athanasios Z. Jamurtas

<sup>1</sup> Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Trikala, Hellas

<sup>2</sup> Institute for Research and Technology – Thessaly, Trikala, Hellas

#### **Abstract**

The main goal of the present review is to investigate the effect of endurance training on the morphology and function of the heart. Research on that topic is scarce and almost absent on endurance training exclusively. Research based on adult athletes as well as young athletes was reviewed and was found that the cardiac adaptations between adults and adolescents are similar. Even though the existence of the “athlete’s” heart is a common belief among the researchers, the Morganroth’s hypothesis which prevailed for many years, seems to be partially verified, since the concentric cardiac adaptation of athletes of dynamic sports does not seem to apply to the same degree as the increase of left ventricular wall thickness among the endurance sports athletes, as more recent research shows. It seems that in all athletes’ categories there is an increase in end-diastolic left ventricular volume that occurs concurrently with the increase on wall thickness. However, the cardiac hypertrophy is more apparent on ultra-distance athletes who show extremely high rates of this adaptation. Although the adaptations in the right ventricle and atrium have not been sufficiently investigated, it seems that there is a prevailing uniform development of the heart as a result of exercise. The body surface area affects positively the cardiac hypertrophy, while, as a result of the above, men show higher rates in all relevant parameters. Ejection fraction seems not to be affected due to training whereas all relevant to systolic and diastolic function are modified.

The hormonal profile of children younger than the twelve years of age does not help in the development of the heart and is required at least two years of training in order to observe significant changes. In young athletes, the increase in left ventricular end-diastolic volume precedes the increase in wall thickness of the left ventricle, something that happens in opposite fashion in adults. Many questions regarding the morphological and functional changes of the heart due to intense training are still remaining.

*Key words: Heart, adolescents, children, endurance training, left ventricular, right ventricular, wall thickness, systolic and diastolic function*

---

## Μορφολογικές και Λειτουργικές Μεταβολές της Καρδιάς Νεαρών Αθλητών με την Προπόνηση Αντοχής

<sup>1</sup>Λευτέρης Ραφαϊλάκης, <sup>1</sup>Δημήτριος Σούλας, & <sup>1,2</sup>Αθανάσιος Τζιαμούρτας

<sup>1</sup>ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

<sup>2</sup>Ινστιτούτο Έρευνας, Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας, Τρίκαλα,

---

### Περίληψη

Ο κύριος στόχος της παρούσας ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της επίδρασης της προπόνησης αντοχής στη μορφολογία και λειτουργία της καρδιάς των παιδιών και των εφήβων αθλητών. Από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε νεαρούς και ενήλικους αθλητές, διαπιστώθηκαν παρόμοιες καρδιακές προσαρμογές μετά από προπόνηση αντοχής. Ενώ πλέον, η ύπαρξη «αθλητικής καρδιάς» είναι κοινή ερευνητική πεποίθηση, η υπόθεση Morganroth η οποία επικράτησε για πολλά χρόνια φαίνεται να επαληθεύεται μερικώς, αφού η ομόκεντρη (concentric) καρδιακή προσαρμογή σε αθλητές δυναμικών αγωνισμάτων αλλά και η μη αύξηση του πάχους τοιχώματος (ΠΤ) της αριστερής κοιλίας (ΑΚ) σε αθλητές αντοχής δε φαίνεται από τις νεότερες έρευνες να ισχύει. Σε όλες τις κατηγορίες αθλητών υπάρχει αύξηση στην τελοδιαστολική διάμετρο της ΑΚ (ΤΔΑΑΚ) αλλά και στο πάχος τοιχώματος της αριστερής κοιλίας (ΠΤΑΚ), η οποία είναι παράλληλη, αλλά στα αγωνίσματα αντοχής η καρδιακή υπερτροφία είναι πιο εμφανής με τους αθλητές υπεραποστάσεων να εμφανίζουν ακραία υψηλές τιμές. Παρότι οι προσαρμογές στη δεξιά κοιλία (ΔΚ) αλλά και στους κόλπους δεν έχουν επαρκώς διερευνηθεί φαίνεται να επικρατεί μία ομοιόμορφη ανάπτυξη της καρδιάς ως αποτέλεσμα της φυσικής άσκησης. Η επιφάνεια σώματος επηρεάζει θετικά την υπερτροφία της καρδιάς, ενώ ως αποτέλεσμα αυτού οι άντρες παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές σε όλες τις σχετικές παραμέτρους. Το κλάσμα εξώθησης δεν παρουσιάζει μεταβολές από την προπόνηση αλλά όλες οι άμεσες μετρήσεις που σχετίζονται με τη συστολική λειτουργία φαίνεται ότι μεταβάλλονται, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τη διαστολική λειτουργία. Επίσης, είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι αθλητές αντοχής παρουσιάζουν φλεβοκομβική βραδυκαρδία και χαμηλές τιμές καρδιακής συχνότητας ηρεμίας. Το ορμονικό προφίλ των παιδιών <12 ετών δεν ευνοεί την ανάπτυξη της καρδιάς, ενώ απαιτούνται τουλάχιστον δύο χρόνια προπόνησης για να υπάρξουν σημαντικές μεταβολές. Στους μικρούς αθλητές (9-12 ετών) η αύξηση της ΤΔΔΑΚ προηγείται της αύξησης του ΠΤΑΚ, ενώ στους ενήλικες συμβαίνει το αντίστροφο. Μετά από αυτή την ανασκόπηση παραμένουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με τις επιπτώσεις των υψηλών επιβαρύνσεων στη μορφολογία και τη λειτουργία της καρδιάς.

Λέξεις κλειδιά: Καρδιά, έφηβοι, παιδιά, προπόνηση αντοχής, αριστερή κοιλία, δεξιά κοιλία, πάχος τοιχώματος κοιλίας, συστολική και διαστολική λειτουργία

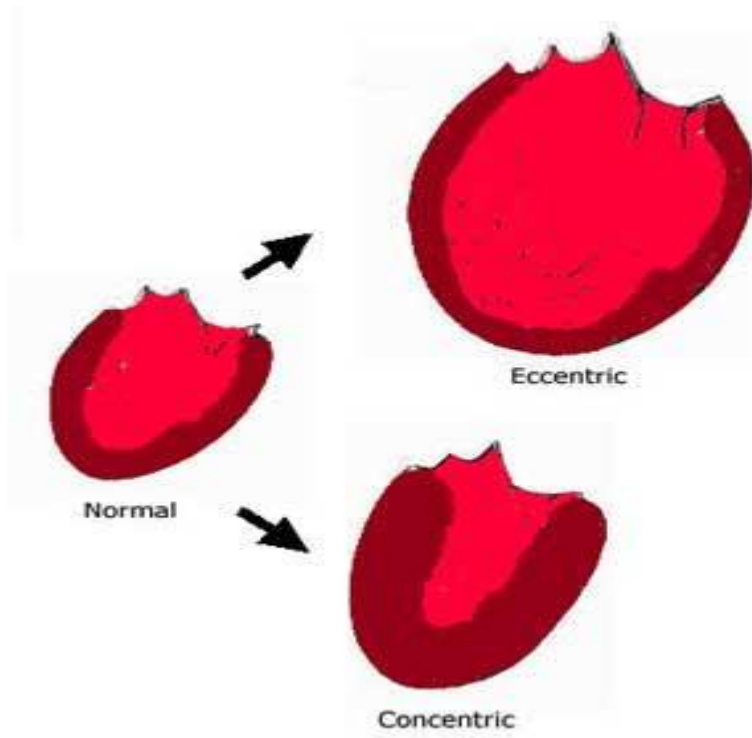
---

## Γενική Εισαγωγή

Είναι αποδεκτό ότι η φυσική άσκηση συνδέεται με αιμοδυναμικές αλλαγές και επιφέρει μορφολογικές και λειτουργικές προσαρμογές στην καρδιά των αθλούμενων. Η αύξηση της μάζας της καρδιάς των αθλητών παρατηρήθηκε πρώτη φορά από τους Henschen και Skidlauf το 1899, με προσεκτική εξέταση μέσω δακτυλικών χτύπων, επιβεβαιώθηκε αργότερα με τη χρήση της ακτινογραφίας, ενώ αποδείχτηκε και μέσω νεκροψίας. Η έλευση της υπερηχοκαρδιογραφίας επέτρεψε στους ερευνητές να εμβαθύνουν αναλυτικότερα στη αναδιαμόρφωση που υπόκειται η καρδιά μέσω της άσκησης, ενώ τα τελευταία χρόνια η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας βοήθησε ακόμα περισσότερο στη μελέτη των προσαρμογών που προκαλεί η άθληση στην καρδιά. Η παρούσα ανασκόπηση θα προσπαθήσει να αναδείξει τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν τις επιδράσεις που επιφέρουν τα διάφορα είδη άσκησης, κυρίως η προπόνηση αντοχής (ΠΑ), στην καρδιά και ιδιαίτερα σε αυτή των νεαρών αθλητών (9-16 ετών).

### *Καρδιά αθλητή*

Η υποψία ότι η άθληση προκαλεί μορφολογικές και λειτουργικές προσαρμογές στην καρδιά («αθλητική καρδιά») είναι μία πολύ παλιά υπόθεση η οποία είναι πλέον κοινή επιστημονική πεποίθηση. Η αύξηση του μεγέθους της είναι μία προσαρμογή της συστηματικής άθλησης. Η μεγέθυνση της προέρχεται είτε από την αύξηση της διαμέτρου της αριστερής κοιλίας (ΑΚ), ειδικότερα της τελοδιαστολικής, είτε από την αύξηση του πάχους των τοιχωμάτων (ΠΤ), κυρίως της ΑΚ. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει πολλές έρευνες με χιλιάδες άτομα να συμμετέχουν σε αυτές, προκειμένου να αποδειχτεί η ύπαρξη του φαινομένου της «καρδιάς του αθλητή» (athlete's heart), αλλά και να αποκαλυφθούν πιθανές λειτουργικές και μορφολογικές διαφοροποιήσεις που επέρχονται στην καρδιά από την προπόνηση. Οι Morganroth, Maron, Henry και Epstein, το 1975, ήταν οι πρώτοι που προσπάθησαν να περιγράψουν δύο διαφορετικές μορφές ανάπτυξης της καρδιάς ανάλογα με την άσκηση στην οποία υποβάλλονταν οι αθλούμενοι, τη δυναμικά και την αερόβια γυμνασμένη καρδιά. Χρησιμοποιώντας υπερηχοκαρδιογραφία, παρατήρησε ότι στους αθλητές που έκαναν προπόνηση δύναμης (ΠΔ) υπήρξε ομόκεντρη (concentric) ανάπτυξη της καρδιάς, δηλαδή αύξηση του πάχους του τοιχώματος (ΠΤ) της ΑΚ (ΠΤΑΚ) και φυσιολογικός τελοδιαστολικός όγκος, ενώ σε αυτούς που έκαναν ΠΑ υπήρξε έκκεντρη (eccentric) ανάπτυξη, με αύξηση του ΤΔΟ και φυσιολογική αύξηση του ΠΤΑΚ (Εικόνα 1). Η «υπόθεση Morganroth» έγινε ευρέως αποδεκτή από τους επιστήμονες που ασχολούνται με την εργοφυσιολογία. Έκτοτε, έγιναν πολλές έρευνες που ενίσχυσαν αυτή την υπόθεση (Gilbert, Nutter, Felner, Perkins, Heymsfield, & Schlant, 1977; Longhurst, Kelly, Gonyea, & Mitchell, 1980; Maron, Pelliccia, Spataro, & Granata, 1993; Pelliccia, Culasso, Di Paolo, & Maron, 1999; Roeske, O' Rourke, Klein, Leopold, & Karliner, 1976). Τα τελευταία χρόνια όμως υπάρχουν κάποιες έρευνες που διαφοροποιούνται κυρίως σε ότι αφορά στην επίδραση της άσκησης δύναμης στο ΠΤΑΚ. Να σημειωθεί εδώ ότι σε ενδεχόμενη έκκεντρη ανάπτυξη της καρδιάς ο μηχανισμός Frank-Starling βρίσκει απόλυτη εφαρμογή, αφού η αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου παλμού. Η αύξηση του όγκου παλμού είναι μία προσαρμογή που θα μπορούσε να προκαλέσει βελτίωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) και της απόδοσης, κυρίως σε αθλητές αντοχής. Στην εικόνα 1 παρουσιάζονται οι τρεις διαφορετικοί τύποι ανάπτυξης της καρδιάς.



Εικόνα 1. Εκκεντρη (eccentric) και ομόκεντρη (concentric) ανάπτυξη της καρδιάς

### Ανασκόπηση σχετικών ερευνών

#### Μορφολογικές-δομικές προσαρμογές

Έπειτα από τις πρώτες αναφορές του Morganroth πολλές έρευνες έχουν δείξει άμεση συσχέτιση μεταξύ της προπόνησης και της αναδιαμόρφωσης της καρδιάς. Μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στη διαμόρφωση της ΑΚ, ειδικότερα στο μέγεθος της, στην τελοδιαστολική διάμετρο της ΑΚ (ΤΔΔΑΚ) και στο ΠΤΑΚ. Σε μία έρευνα ορόσημο (Pellicia et al, 1999) όπου εξετάστηκαν 1309 Ιταλοί αθλητές, που ασχολούντο με 38 διαφορετικά αθλήματα, το 45% των αθλητών είχαν ΤΔΔΑΚ  $\geq 55\text{mm}$  και το 14%  $\geq 60\text{mm}$ . Σημαντικά διεσταλμένη ΑΚ ήταν πιο προφανής σε αθλητές με μεγάλη επιφάνεια σώματος και στους αθλητές αντοχής (ποδηλασία, σκι αντοχής, κωπηλασία και κανό). Σε σύγκριση με τους μη-αθλητές, οι αθλητές είχαν 15-20% μεγαλύτερο πάχος τοιχώματος της ΑΚ και 10-15% αύξηση στο μέγεθος της ΑΚ. Η μάζα της ΑΚ ξεπερνούσε τα ανώτατα όρια για το 9% για τους αθλητές και για το 7% για τις αθλήτριες. Σε μία άλλη έρευνα σε 286 επαγγελματίες ποδηλάτες εμφανίστηκε διεσταλμένη ΑΚ στο 35% των αθλητών (Abergel et al, 2004).

Σε μία μετα-ανάλυση 59 ηχοκαρδιογραφικών ερευνών (Pluim, Van der Laarse, & Van der Wall, 2000) στην οποία αξιολογήθηκαν συνολικά 1491 αθλητές παρατηρήθηκε μία αύξηση 15-20% στο διαφραγματικό και στο οπίσθιο τοίχωμα της ΑΚ. Σε απόλυτες τιμές, όμως, οι μέσες τιμές του ΠΤΑΚ ήταν μεταξύ 10 και 11 mm, αρκετά κοντά σε αυτά των μη αθλούμενων.

Σε μία Ιταλική έρευνα με 947 Ολυμπιακού επιπέδου αθλητές, το 38% (362 άτομα) εμφάνισε ΤΔΔΑΚ  $>54\text{mm}$  ενώ το 1.7% (16 άτομα) είχαν ΠΤΑΚ που ξεπερνούσε τα 12mm (Spirito et al, 1994), ενώ σε μία νεότερη έρευνα στην οποία συμμετείχαν 3.500 πολύ καλά προπονημένοι Βρετανοί αθλητές το 1.5% εμφάνισε ΠΤΑΚ  $>12\text{mm}$  (Basavarajiah, Wilson, Whyte, Shah, McKenna, & Sharma, 2008). Οι μέγιστες τιμές και στις δύο προαναφερθείσες έρευνες ήταν 16mm, αν και έχουν γίνει αναφορές και για μεγαλύτερες τιμές (19mm) σε αθλητές υπερμαραθωνίων δρόμων (Nagashima, Musha, Takada, & Murayama, 2003).

Επίσης, σε έρευνα με 600 Ιταλίδες αθλήτριες η μεγαλύτερη τιμή που βρέθηκε ήταν 12mm (Pellicia, Maron, Culasso, Spataro, & Casselli, 1996). Μία σχετικά πρόσφατη μετά-ανάλυση 13 ηχοκαρδιογραφικών ερευνών, που είχε σαν δείγμα υψηλού επιπέδου αθλητές, έδειξε πως η προπόνηση επιφέρει στατιστικά σημαντική αύξηση στην ΤΔΔΑΚ και στο πάχος του οπίσθιου τοιχώματος της ΑΚ (Calderon Montero, Benito Peinado, Di Salvo, Pigozzi, et al., 2007).

Οι Spence, Naylor και Carter (2011), χρησιμοποιώντας μαγνητική τομογραφία (MRI), εξέτασαν τις διαφορές στην ΑΚ μετά από 6 μήνες ΠΑ και ΠΔ σε αγύμναστα άτομα. Ο τελοδιαστολικός όγκος μετά από την ΠΑ αυξήθηκε σημαντικά παρουσιάζοντας μία μέση αύξηση 9 ml. Η αντίστοιχη, επίσης στατιστικά σημαντική,

αύξηση μετά από την ΠΔ ήταν 3 ml. Υπήρξε επίσης, σημαντική αύξηση της μάζας (+9.3gr) της ΑΚ μετά την ΠΑ, ενώ η αλλαγή (+4.6 gr) που παρατηρήθηκε μετά από την ΠΔ δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Οι Scharhag, Schneider, Urhausen, Rochette, Kramann, και Kindermann (2002), εξέτασαν με MRI τις πιθανές αλλαγές στη μάζα και τον τελοδιαστολικό όγκο της ΑΚ (ΤΔΟΑΚ) αλλά και της δεξιάς κοιλίας (ΔΚ) σε 21 αθλητές αντοχής. Οι μάζες της ΑΚ και ΔΚ αυξήθηκαν σημαντικά κατά 36±14% και 37±17% αντίστοιχα, συγκρινόμενες με αυτές των ατόμων της ομάδας ελέγχου, ενώ και οι τελοδιαστολικοί όγκοι της ΑΚ και της ΔΚ αυξήθηκαν επίσης σημαντικά κατά 34±22% και 25±19%, αντίστοιχα.

Σε πρόσφατη έρευνα των Caselli, Di Paolo, Pisticchio, Pandian και PellICCIA, (2011) εξετάστηκαν με υπερηχοκαρδιογραφία 511 Ολυμπιακού επιπέδου αθλητές κατηγοριοποιημένοι ανάλογα με τη φύση του αθλήματος (δύναμης, αντοχής και συνδυασμού αντοχής και δύναμης). Οι αθλητές είχαν υψηλότερους τελοδιαστολικούς όγκους ΑΚ (157±35 vs 111±26 ml) και μάζα ΑΚ (156±38 vs 111±25 g), σε σχέση με τις τιμές της ομάδας ελέγχου.

Σε μία πρόσφατη ανασκόπηση και μετα-ανάλυση για τις επιδράσεις του τρόπου προπόνησης στην καρδιά των αθλητών, ο Utomi και συν (2013) παρατήρησαν ότι όλες οι δομικές παράμετροι της καρδιάς ήταν υψηλότεροι στους αθλητές συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Μόνο η ΤΔΔΑΚ και ο τελοδιαστολικός όγκος ΑΚ ήταν σημαντικά υψηλότεροι στους αθλητές αντοχής συγκριτικά με αυτούς που έκαναν αθλήματα δύναμης (54.8 vs 52.4mm και 171 vs 131ml, αντίστοιχα). Επίσης, δεν παρατηρήθηκε ομόκεντρη ανάπτυξη της καρδιάς στους αθλητές που έκαναν ΠΔ. Ο Baggish και συν (2008) εξέτασαν με υπερηχοκαρδιογραφία 20 κωπηλάτες (10 άντρες και 10 γυναίκες) μετά από 90 ημέρες προπόνησης αντοχής. Υπήρξαν σημαντικές αυξήσεις στην ΤΔΔΑΚ (128±25 vs 144±28 ml), στην τελοδιαστολική έκταση της ΔΚ (2.850±550 έναντι 3.260±530 mm<sup>2</sup>), ενώ υπήρξε υπερτροφία της ΑΚ (227±51 vs 256±56 g).

**Πίνακας 1.** Συνοπτική παρουσίαση ερευνών που αφορούν στην επίδραση της άσκησης στην ΤΔΔΑΚ και στο ΠΤΑΚ

Ερευνητής	Δείγμα	Άθλημα	Ηλικία	Αντρες (%)	Εθνότητα	ΤΔΔΑΚ	ΠΤΑΚ
Pelliccia et al., (1999)	1309	Διάφορα	24±6	73	-	≥55mm:45% ≥60mm:14% Α- ντρες:55.5±4.3mm (43-70) Γυναίκες: 48.4±4.2mm (38-66)	>12mm:1.1% Μ.Ο.: 9.3±1.4mm (5-15)
Abergel et al., (2004)	286	Ποδηλασία	28±3	100	Λευκοί	>60mm:51% Μ.Ο.: 60.1±3.9mm (49-73)	>13mm: 8.7% Μ.Ο.: 11.1±1.3mm (7-15)
Spirito et al., (1994)	947	Διάφορα	22±3	78	-	≥55mm: 38% ≥60mm: 4% Αντρες: 54.2±4mm (40-66) Γυναίκες: 48.4±3.7mm (40-61)	>12mm: 1.7% Αντρες: 10.1±1.2mm (7-16) Γυναίκες: 8.4±0.9mm (6-11)
Pelliccia et al., (1996)	600	Διάφορα	21±8	0%	-	>54mm: 8% >60mm: 1% Μ.Ο.:49±4mm	Μ.Ο.: 9mm
Basavarajaih et al., (2008)	300	Διάφορα	21±6	100	Μαύροι	Μ.Ο.: 53±4.4mm (44-64)	>12mm: 18% Μ.Ο.: 11.3±1.6mm (8-16)

Τα τελευταία χρόνια έγιναν έρευνες μεταξύ αθλητών διαφορετικών αγωνισμάτων για να εξεταστούν πιθανές διαφοροποιήσεις στη μορφολογία της καρδιάς. Οι Moro, Okoshi, Radovani και Okoshi (2013), εξέτασαν τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ 21 ποδοσφαιριστών, 19 δρομέων μεγάλων αποστάσεων και 17 ποδηλατών βρίσκοντας σημαντικά αυξημένη ΤΔΔΑΚ και τελοδιαστολική διάμετρο της ΑΚ (ΤΣΔΑΚ) στις 3 ομάδες συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Οι Venckunas, Lionikas, Marcinkeviciene, Raugaliene, Alekrinskis και Stasiulis (2008), εξέτασαν τις διαφορές με υπερηχοκαρδιογραφία μεταξύ 22 δρομέων μεσαίων, 31 μεγάλων αποστάσεων και 11 υπερμαραθωνοδρόμων. Οι αθλητές μεσαίων αποστάσεων είχαν δείκτη μάζας ΑΚ σημαντικά μικρότερο από αυτό των δρομέων αντοχής και υπερμαραθωνοδρόμων (250, 288 και 305 g, αντίστοιχα). Το τελοδιαστολικό μεσοκοιλιακό πάχος και το πάχος του οπίσθιου τοιχώματος της ΑΚ ήταν παρόμοια και για τις τρεις κατηγορίες αθλητών. Η ΤΔΔΑΚ δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των τριών ομάδων, σε αντίθεση με την ΤΔΔΔΚ που στους υπερμαραθωνοδρόμους ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τους δρομείς μεγάλων και μεσαίων αποστάσεων.

Οι Hoogsteen, Hoogeveen, Schaffers, Wijn, και van Hemel, (2004) εξέτασαν με υπερηχοκαρδιογραφία τις διαφορές στην ανάπτυξη της καρδιάς 25 μαραθωνοδρόμων, 21 τριαθλητών και 38 ποδηλατών. Η μάζα της ΑΚ ήταν σημαντικά διαφορετική μεταξύ μαραθωνοδρόμων και τριαθλητών (253.6+/-63.7 vs 322.0+/-62.1 g) και μεταξύ μαραθωνοδρόμων και ποδηλατών (253.6+/-63.7 vs 314.2+/-79.2 g.). Η ΤΔΔΑΚ διαιρεμένη με την επιφάνεια σώματος ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στους ποδηλάτες έναντι των μαραθωνοδρόμων (31.6+/-3.0 vs 30.0+/-2.0 mm/ m<sup>2</sup>) αλλά όχι έναντι των τριαθλητών. Το 7% των αθλητών εμφάνισε ομόκεντρη και το 65% έκκεντρη αναδιαμόρφωση, με την έκκεντρη να είναι πιο προφανής στους ποδηλάτες.

Σε έρευνα που έγινε σε 34 υγιή και γυμνασμένα άτομα που υπεβλήθησαν σε 6 μήνες αυξανόμενης προπόνησης αντοχής (τρέξιμο) παρουσιάστηκαν σημαντικές αυξήσεις στην ΤΔΔΑΚ, στην τελοσυστολική διάμετρο της ΑΚ (ΤΣΔΑΚ), στο διαφραγματικό και στο οπίσθιο πάχος τοιχώματος της ΑΚ και στο δείκτη μάζας της ΑΚ (Aksakal et al., 2013).

Σε έρευνα που αναφέρθηκε παραπάνω (Pluim et al., 2000) οι αθλητές που έκαναν συνδυαστική προπόνηση δύναμης και αντοχής είχαν τις μεγαλύτερες τιμές ΤΔΔΑΚ (55.2-5.1 mm<sup>2</sup>). ενώ οι αθλητές αντοχής είχαν 52.8-54.6 mm<sup>2</sup> και οι αθλητές δυναμικών αγωνισμάτων 50.6-53.6 mm<sup>2</sup> με τους μη αθλούμενους να εμφανίζουν τιμές από 48.9-50.2 mm<sup>2</sup>.

#### *Διαφοροποιήσεις στη δεξιά κοιλία και στους κόλπους*

Τα προηγούμενα χρόνια υπήρχε ερευνητικό έλλειμμα σχετικά με τις επιδράσεις της άσκησης στη ΔΚ. Τελευταία, έγιναν έρευνες οι οποίες έδειξαν μία παρόμοια με την ΑΚ δομική διαφοροποίηση μέσω της προπόνησης (D'Andrea et al., 2010; La Gerche et al., 2011; Pagourelis, Kouidi, Efthimiadis, Deligiannis, Geleris, & Vasillikos, 2013; Scharhag et al., 2002). Ένδεια ερευνών υπάρχει και για τις επιδράσεις της άσκησης στην κολπική μορφολογία και λειτουργία. Ο D'Ascenzi και συν (2013) παρατήρησαν σημαντική υπερτροφία στον ΔΚ σε 100 αθλητές υψηλού επιπέδου ομαδικών αθλημάτων, ενώ αύξηση εμφανίστηκε και στη διάμετρο του ΔΚ 57 αθλητών 3 διαφορετικών αθλημάτων (Moro et al., 2013).

Σε μία πολύ πρόσφατη έρευνα στην οποία συμμετείχαν 24 αθλήτριες υψηλού επιπέδου, όπου πραγματοποίησαν 16 εβδομάδες έντονης προπόνησης οι δείκτες όγκου της ΔΚ (24.0±3.6 vs 26.7±6.9 mL/m<sup>2</sup>) και του ΑΚ (15.66±3.09 vs 20.47±4.82 ml/m<sup>2</sup>) αυξήθηκαν σημαντικά (D'Ascenzi et al., 2014). Παρόμοια αποτελέσματα εμφάνισε μία τελευταία έρευνα που εξέτασε 29 αθλητές μπάσκετ και βόλεϊ υψηλού επιπέδου πριν και μετά το τέλος της αγωνιστικής χρονιάς (D'Ascenzi et al., 2015). Ο Major και συν (2015), εξέτασαν τις διαφορές σε ΑΚ και ΔΚ, 52 αθλητών αντοχής και βρήκαν επίσης ότι και οι δύο κοιλίες αυξήθηκαν σημαντικά με τη ΔΚ να παρουσιάζει μεγαλύτερη αύξηση. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας θεωρούμε ότι είναι οι πρώτοι ερευνητές οι οποίοι εξέτασαν την ταυτόχρονη αναδιάρθρωση των δύο κόλπων και συμπέραναν ότι και τα τέσσερα τμήματα της καρδιάς (κόλποι και κοιλίες) αναπτύσσονται παράλληλα, έχοντας άμεση, δυναμική συσχέτιση και διαδραστικότητα.

#### *Λειτουργικές προσαρμογές*

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι αθλητές, ειδικά αυτοί που κάνουν αθλήματα αντοχής, παρουσιάζουν φλεβοκομβική βραδυκαρδία και χαμηλή καρδιακή συχνότητα ηρεμίας (Di Paolo et al., 2012; Papadakis, Basavarajaiah, & Rawlins, 2009; Sharma et al., 1999; Wilson et al., 2011), η οποία εμφανίζεται στο 60-80% των πολύ προπονημένων αθλητών. Αυτή προέρχεται από την αύξηση στην ΤΔΔΑΚ και τον ΤΔΟΑΚ που οδηγούν σε χαμηλότερη καρδιακή συχνότητα για να διατηρηθεί σταθερή η καρδιακή παροχή. Επίσης, ο νόμος Frank Starling βρίσκει απόλυτη εφαρμογή στους αθλητές αερόβιων αγωνισμάτων, με αποτέλεσμα η μεγαλύτερη ΤΔΔΑΚ να οδηγεί σε αυξημένο όγκο παλμού και στις περισσότερες φορές σε αύξηση της VO<sub>2</sub> max. Αυτό συμβαίνει παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρείται αύξηση στο κλάσμα εξώθησης γενικά στους αθλητές (Caselli et al., 2011; Fagard, 1997; Pluim et al., 2000; Scharhag et al., 2002).

Ο Baggish και συν (2008), δεν παρατήρησαν αλλαγές στο κλάσμα εξώθησης της ΑΚ 20 κωπηλατών μετά από 90 μέρες προπόνησης αλλά υπήρξαν σημαντικές αλλαγές σε όλες τις άμεσες μετρήσεις που είχαν σχέση με τη συστολική λειτουργία της ΑΚ. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τη διαστολική λειτουργία αφού εμφανίζονται διφορούμενα συγκρίνοντας κυρίως την αναλογία E/A (αρχική προς τε-

λική διαστολική ταχύτητα πλήρωσης). Οι Sadaniantz, Yurgalevitch, Zmuda και Thompson (1996), δεν παρατήρησαν διαφορές στη διαστολική λειτουργία 27 ατόμων μη αθλητών που υπεβλήθησαν σε ένα χρόνο προπόνησης αντοχής. Αντίθετα, ο Rodrigues και συν (2006), παρατήρησαν σημαντική βελτίωση στη διαστολική λειτουργία 23 αντρών που πραγματοποίησαν 6 μήνες αερόβια προπόνηση. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Kivisto, Perhonen, Holmstrom και Lauerma (2006), μετά από 3 μήνες προπόνησης σε ανάλογο δείγμα ατόμων. Σε πολύ πρόσφατη έρευνα όπου εξετάστηκε η διαστολική λειτουργία σε 1145 αθλητές Ολυμπιακού επιπέδου παρατηρήθηκαν παρόμοιες E (αρχικές) ταχύτητες, αλλά πολύ μειωμένες A (τελικές) ταχύτητες στους αθλητές συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου και επομένως αυξημένη αναλογία E/A στους αθλητές. Στους αθλητές αντοχής παρατηρήθηκαν οι μικρότερες A ταχύτητες και οι υψηλότερες E/A αναλογίες (Caselli, Di Paolo, Pisicchio, Pandian & Pelliccia, 2015). Σημαντική διαφορά στο λόγο E/A ( $2.07 \pm 0.51$  vs  $1.75 \pm 0.36$ ) παρατηρήθηκε σε 52 υψηλού επιπέδου αθλητές αντοχής συγκριτικά με τους μη αθλητές, ενώ παρότι η ΔΚ αυξήθηκε περισσότερο, η λειτουργική διαφοροποίηση της ΑΚ ήταν σαφώς πιο ισχυρή (Major et al., 2015).

#### *Επίδραση της προπόνησης στην καρδιά νεαρών αθλητών*

Οι καρδιακές προσαρμογές που προκαλεί η άσκηση στα παιδιά και στους εφήβους απασχολεί λίγα χρόνια την ερευνητική κοινότητα, ενώ οι σχετικές έρευνες δεν είναι πολλές. Έτσι, η πληροφόρηση σχετικά με την αναδιαμόρφωση της καρδιάς νεαρών αθλητών ή παιδιών είναι σχετικά μικρή. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε πως επηρεάζεται η καρδιά μορφολογικά και λειτουργικά σε νεαρή ηλικία μετά από άσκηση. Αυτή η γνώση μπορεί να βελτιώσει τις μεθόδους προπόνησης, έτσι ώστε να υπάρξουν τα βέλτιστα αποτελέσματα και να αποφεύγονται πιθανοί περιορισμοί, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά την ανάπτυξη της καρδιάς, όπως θα συνέβαινε στο ενδεχόμενο της επαλήθευσης της υπόθεσης Morganroth. Για πολλά χρόνια επικράτησε η υπόθεση ότι στις περιπτώσεις που παιδιά και έφηβοι υποβάλλονταν σε έντονη αναερόβια προπόνηση για μεγάλο χρονικό διάστημα και αυτό είχε ως συνέπεια την ομόκεντρη ανάπτυξη της καρδιάς που περιορίζει σημαντικά την ΤΔΔΑΚ και κατά συνέπεια την τελοδιαστολικό όγκο, τον ΟΠ και ως τελικό αποτέλεσμα και την  $VO_{2max}$ . Σε πολύ νεαρή ηλικία (κάτω από 12 ετών), είναι δύσκολο να παρατηρηθούν σημαντικές διαφοροποιήσεις, γιατί η διάρκεια αλλά και η ένταση της προπόνησης που έχουν δεχτεί οι μικροί αθλητές είναι ανεπαρκής για να δημιουργήσουν ξεκάθαρα χαρακτηριστικά αθλητικής καρδιάς. Επίσης, το ορμονικό προφίλ των προέφηβων δεν ευνοεί την ανάπτυξη της καρδιάς (Manolas, Pavlik, Banhegyi, Faludi, Sido, & Olexo 2001; Nottin, Nguyen, Terbah, & Obert, 2004; Rowland, Unnithan, Mac Farlane, & Paton, 1994; Shephard, 1992). Παρόλα αυτά, έχουν υπάρξει έρευνες που παρατήρησαν αύξηση του ΠΤΑΚ σε κολυμβητές ηλικίας 6-7 ετών μετά από 8 μήνες προπόνησης (Geenen, Gilliam, Crowley, Moorehead-Steffens, & Rosenthal, 1982).

Οι περισσότεροι συγγραφείς συμφωνούν ότι απαιτούνται δύο περίπου χρόνια συστηματικής προπόνησης για να εμφανιστούν ξεκάθαρες προπονητικές και καρδιολογικές προσαρμογές (Maingourd, Bourges-Petit, Tanguy, Quintard, Medelli, & Freville, 1990; Mesko, Jurko, Vrlík, Novomeska, Horniak, & Dzurenkova, 1993; Obert, Nottin, Baquet, Thevenet, Gamelin, & Berthoin, 2001; Owen, Theakston, O'Donovan, & Bird, 2004). Έρευνες που ασχολήθηκαν με έφηβους (14-18 ετών) παρατήρησαν μία προφανή υπερτροφία της ΑΚ (Csanady, Forster, & Hogue et al., 1986; Cubero et al., 2000; Makan, Sharma, Firoozi, Whyte, Jackson, & Mc Kenna, 2005; Manolas et al., 2001; Sharma et al., 2002; Somauroo, Pyatt, Jackson, Perry, & Ramsdale, 2001; Vasiliasuskas, Venckunas, Marcinkeviciene, & Bartkeviciene, 2008). Έχει παρατηρηθεί αρκετές φορές ότι στους νεαρούς αθλητές φαίνεται να προηγείται μία διάταση της ΑΚ, με ταυτόχρονη αύξηση της ΤΔΔΑΚ και έπειτα η αύξηση του ΠΤ.

Επίσης, στο ξεκίνημα της αθλητικής καριέρας, εμφανίζεται αύξηση της ΤΔΔΑΚ χωρίς να αυξάνεται το ΠΤ και αυτό μπορεί να συμβεί στην ηλικία των 9-12 ετών (Maingourd et al., 1990; Makan et al., 2005; Medved, Fabecic-Sabadi, & Medved, 1986; Obert, Stecken, Courteix, Lecoq, & Guenon, 1998; Obert et al., 2001) ή και λίγο αργότερα στην ηλικία 12-14 (Nottin, Nguyen, Terbah, & Obert, 2004; Triposkiadis, Ghiokas, Skoularikis, Kotsakis, Giannakoulis, & Thanopoulos, 2002; Zdravkovic et al., 2010). Αντίθετα στους ενήλικες αθλητές παρατηρείται μία ελαφριά αύξηση πρώτα στο ΠΤ και μετά στην ΤΔΔΑΚ (Csanady, Forster, Hogue, Gruber, & Moczo, 1986; Manolas et al., 2001; Mesko et al., 1993).

Η πιο έντονη αύξηση στην ΤΔΔΑΚ, ειδικά στους αθλητές αντοχής, δικαιολογείται από την απλή διαπίστωση ότι υπάρχει αυξημένη απαίτηση αίματος στην αερόβια μορφή άσκησης, που οδηγεί σε αυξημένη φλεβική επαναφορά και μεγαλύτερο επομένως προφορτίο που θα καταλήξει σε αυξημένο όγκο παλμού ΑΚ. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που αυξάνεται νωρίτερα η ΤΔΔΑΚ από το πάχος του τοιχώματος της ΑΚ. Η καθυστερημένη αύξηση του ΠΤ εξηγείται επίσης, από την ανεπαρκή ορμονική υποστήριξη, ειδικά την ένδεια τεστοστερόνης στις μικρές ηλικίες, που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη του καρδιακού τοιχώματος. Αυτός είναι και ο λόγος που ο καρδιακός μυς αυξάνει μετά την ηλικία των 13-14 ετών (Manolas et al., 2001; Rowland et al., 1994).

Ο Obert και συν (2001), διεξήγαγαν μία έρευνα που συμμετείχαν 29 αγόρια και κορίτσια 10-11 ετών, τα οποία έκαναν 3 προπονήσεις την εβδομάδα σε ένα πρόγραμμα 13 εβδομάδων και έτρεχαν σε μία ένταση >80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Η ΤΔΔΑΚ αυξήθηκε σημαντικά (+4,6%), ενώ παρατηρήθηκε παράλληλα, μείωση στο πάχος του τοιχώματος της ΑΚ (-10.7%) ως αποτέλεσμα της ΠΑ. Να σημειωθεί ότι όλες οι μορφολογικές παράμετροι επανήλθαν στην πρότερη κατάσταση μετά από 2 μήνες αποχής από την προπόνηση, που υποδεικνύει την πλαστικότητα που χαρακτηρίζει την καρδιά σε αυτή την ηλικία.

Σε μία πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα, ο Makan και συν (2005), προσπάθησαν να βρουν τα ανώτερα όρια του μεγέθους της ΑΚ σε πολύ προπονημένους έφηβους αθλητές. Για να το πετύχουν αυτό εξέτασαν 900 αθλητές διαφόρων αθλημάτων ηλικίας 15.7 ( $\pm 1.2$ ) έτη. Η πλειοψηφία των αθλητών είχαν φυσιολογικό μέγεθος ΑΚ και ΤΔΔΑΚ, αλλά μία σημαντική μειοψηφία 117 αθλητών (13%) είχαν σημαντικά αυξημένη ΤΔΔΑΚ ( $\geq 54$ mm), ενώ κανένας δεν είχε πάνω από 60mm, ανεξαρτήτως αθλήματος, φύλλου και ηλικίας. Οι περισσότεροι αθλητές που εμφάνισαν αυξημένη ΤΔΔΑΚ ήταν αγόρια και παρότι 12% των κοριτσιών εμφάνισαν διευρυσμένη ΑΚ, καμία δεν είχε ΤΔΔΑΚ πάνω από 55mm. Σε αυτή την έρευνα δεν υπήρξε διαχωρισμός των παραμέτρων που μετρήθηκαν ανάλογα με το άθλημα.

Σε μία παρόμοια έρευνα σε 720 αθλητές, με σχετικά ίδια ηλικιακά και αθλητικά χαρακτηριστικά και στόχο να καθοριστούν τα φυσιολογικά όρια της ΑΚ σε έφηβους ελίτ αθλητές, το ΠΤΑΚ ήταν σημαντικά αυξημένο ( $9.5 \pm 1.7$ mm) στους αθλητές συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου ( $8.4 \pm 1.4$ mm). Σε 38 αθλητές εμφανίστηκε ΠΤΑΚ >11mm και σε 3 ήταν >12mm. ενώ καμία αθλήτρια δεν εμφάνισε >11mm. Και οι 38 αθλητές παρουσίασαν παράλληλα σημαντικά διεσταλμένη ΑΚ ( $54.4 \pm 2.1$ mm με εύρος 52-60mm) (Sharma, Maron, Whyte, Firoozi, Elliott, & McKenna et al., 2002).

Ο Di Paolo και συν (2012) ερέυνησαν καρδιολογικά 154 ποδοσφαιριστές που συμμετείχαν στο Παναφρικανικό πρωτάθλημα κάτω των 17 ετών του 2009. Οι αθλητές εμφάνισαν αυξημένη ΤΔΔΑΚ (Μ.Ο.:  $51.0 \pm 3.6$ mm), όπου το 16% παρουσιάζει μεγαλύτερο από 54mm και το 0.6% >60mm, με παράλληλη αύξηση στο ΠΤΑΚ (Μ.Ο.:  $10 \pm 1$ mm), όπου το 2.6% παρουσιάζει μεγαλύτερο από 12mm. Σε αυτή την έρευνα παρατηρήθηκε αυξημένο ΠΤΑΚ (5%) στους Αφρικανούς συγκριτικά με τους Καυκάσιους, ενώ ακραία υψηλές τιμές ( $\geq 13$ mm) εμφανίστηκε σε ποδοσφαιριστές από την υποσαχάρια Αφρική. Σε έφηβους όπως και στους ενήλικες το μέγεθος της ΑΚ αυξάνει σε αθλητές κωπηλασίας, ποδηλασίας ή δρομείς αποστάσεων και συχνά ξεπερνάει τα προβλεπόμενα όρια. Όμως, η διαφορά της ΤΔΔΑΚ μεταξύ εφήβων αθλητών και μη αθλητών είναι πολύ μικρότερη από αυτή των ενηλίκων (Pluim et al., 2000).

**Πίνακας 2.** Συνοπτική παρουσίαση ερευνών που αφορούν στην επίδραση της άσκησης σε παιδιά, και έφηβους στην ΤΔΔΑΚ και στο ΠΤΑΚ

Ερευνητής	Δείγμα	Άθλημα	Ηλικία	Χρόνος προπόνησης	ΤΔΔΑΚ (Πειραματική ομάδα vs ομάδας ελέγχου)	ΠΤΑΚ (Πειραματική ομάδα vs ομάδας ελέγχου)
Geenen et al., (1982)	38	Κολύμβηση	6-7	8 μήνες		Μέση αύξηση από 3.9mm στα 4.7mm
Csanady et al., (1986)	15	Κανό	13	3 χρόνια	$46.13 \pm 4.64$ mm vs $44.35 \pm 3.06$ mm	$7.47 \pm 0.74$ mm vs $6.47 \pm 1.18$ mm
Sharma et al., (2002)	720	Διάφορα	$16 \pm 1$			$9.5 \pm 1.7$ mm vs. $8.4 \pm 1.4$ mm
Makan et al., (2005)	900	Διάφορα	$15.7 \pm 1.2$		$50.8 \pm 3.7$ vs $47.9 \pm 3.5$ mm	
Obert et al., (1998)	9	Κολύμβηση	10-11	2 χρόνια	$41.6 \pm 1.6$ vs $39 \pm 2.2$ mm	$5.2 \pm 0.6$ vs $5.3 \pm 0.6$ mm
Triposkiadis et al., (2002)	25	Κολύμβηση	$11.9 \pm 1.6$	4 χρόνια	$32.3 \pm 3.3$ vs $29.5 \pm 3.3$ mm	$5.7 \pm 0.9$ vs $5.4 \pm 0.8$ mm

#### Επίδραση της άσκησης στη διαστολική λειτουργία

Η επίδραση της άσκησης στο λόγο E/A, που εκφράζει τη διαστολική λειτουργία σε παιδιά κάτω από 15 ετών παρουσιάζεται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα. Όπως φαίνεται από την πλειοψηφία των ερευνών υπάρχει μία σημαντική βελτίωση στη διαστολική λειτουργία όπως αυτή εκφράζεται από το λόγο αρχική προς τελική ταχύτητα πλήρωσης της ΑΚ.



**Πίνακας 3.** Συνοπτική παρουσίαση ερευνών που αφορούν στην επίδραση της άσκησης σε παιδιά και έφηβους στη διαστολική λειτουργία

Συγγραφείς	Φύλο	Άθλημα	Αποτελέσματα		
			Μη αθλητές	Αθλητές	Διαφορά
Obert et al., (2009)	A-Γ	Κολύμβηση	2.07	2.12	=
Pavlik et al., (2013)	A	Διάφορα	1.94	2.03	=
Ayabakan et al., (2006)	A	Κολύμβηση	1.98	1.85	=
Triposkiadis et al., (2002)	A+Γ	Κολύμβηση	1.78	2.20	+
Nottin et al., (2004)	A	Ποδηλασία	1.70	2.12	+

### Σχόλια και συζήτηση

Η υπόθεση Morganroth επαληθεύεται μερικώς από τα νέα ερευνητικά δεδομένα. Ενώ πράγματι φαίνεται η καρδιά να αναπτύσσεται με έκκεντρο τρόπο στους αθλητές αντοχής, η ομόκεντρη ανάπτυξη δε φαίνεται να είναι χαρακτηριστικό των αθλητών που κάνουν προπόνηση δύναμης. Παρατηρείται δηλαδή μία αύξηση στην ΤΔΔΑΚ και στον τελοδιαστολικό όγκο ΑΚ στους αθλητές δυναμικών αγωνισμάτων, η οποία είναι σαφώς μικρότερη από αυτή των αθλητών αντοχής, που όμως δε συνοδεύεται από ανάλογη αύξηση του πάχους των τοιχωμάτων της ΑΚ. Η ΠΑ φαίνεται να επιφέρει σημαντικές διαφορές στην ΤΔΔΑΚ αλλά και στον ΤΔΟΑΚ με παράλληλη ανάπτυξη του πάχους των τοιχωμάτων της ΑΚ. Διακρίνεται επίσης, μία αυξημένη υπερτροφία ανάλογη της διάρκειας της προπόνησης και του αγωνίσματος, με τις τιμές να φτάνουν σε ακραία επίπεδα σε υπερμαραθωνοδρόμους, ποδηλάτες και τριαθλητές υψηλού επιπέδου. Παρότι το ερευνητικό βάρος έχει πέσει στην ΑΚ οι τελευταίες έρευνες στη ΔΚ αλλά και στους κόλπους αμφοτέρους δείχνουν μία παρόμοια προσαρμογή στη δομική αναδιάρθρωση. Έτσι, παρατηρείται μία ισόρροπη ανάπτυξη της καρδιάς, ως αποτέλεσμα της συστηματικής προπόνησης, με την υπερτροφία της ΔΚ να είναι ανάλογη και του ίδιου τύπου με αυτή της ΑΚ αλλά και με παράλληλη ανάπτυξη των κόλπων. Σε κάθε περίπτωση πάντως και ανεξαρτήτως τύπου άσκησης, η επιφάνεια σώματος και το φύλο είναι καθοριστικοί παράγοντες υπερτροφίας, με τους άντρες να εμφανίζουν πιο σαφή υπερτροφία από τις γυναίκες (Abernethy, Choo, & Hutter, 2003; Pelliccia et al., 1999; Pluim et al., 2000; 1996; Utomi et al., 2013). Σε μία μικρή μειοψηφία πολύ καλά προπονημένων αθλητών, όπου οι τιμές του ΠΤΑΚ ξεπερνάνε τα 13mm, είναι πολύ συχνό το φαινόμενο να υπάρχει σύγχυση με το ενδεχόμενο διατακτικής μυοκαρδιοπάθειας, η πιο συχνή περίπτωση μεγαλοκαρδίας. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και στις έρευνες που ασχολήθηκαν με παιδιά, προέφηβους και εφήβους, με μοναδική αξιοσημείωτη διαφορά το γεγονός ότι στα παιδιά προηγείται η αύξηση της ΤΔΔΑΚ και μετά η αύξηση του ΠΤΑΚ σε αντίθεση με τους ενήλικες. Επίσης, το ορμονικό προφίλ των παιδιών <12 ετών δεν ευνοεί την ανάπτυξη της καρδιάς, ενώ απαιτούνται τουλάχιστο δύο χρόνια προπόνησης για να υπάρξουν σημαντικές μεταβολές. Σε καμία έρευνα δεν εξετάστηκε, αλλά και δεν αναφέρεται αν η υπερβολική προπονητική επιβάρυνση θα μπορούσε να επιφέρει κάποιους περιορισμούς στην ανάπτυξη της καρδιάς, περιορίζοντας πιθανόν το ενδεχόμενο της αύξησης της ΤΔΔΑΚ που είναι το κρίσιμο ζητούμενο. Φαίνεται ότι η αποχή από την προπόνηση επαναφέρει την καρδιά πολύ γρήγορα στο πρότερο μέγεθος της σε μικρές ηλικίες, πιθανότατα λόγω αυξημένης πλαστικότητας. Γενικά, θα λέγαμε ότι το ερευνητικό τοπίο είναι σχετικά παρθένο σχετικά με τις επιδράσεις της προπόνησης αντοχής στην καρδιά παιδιών και εφήβων (9-16), με πολλά ερωτηματικά να παραμένουν αναπάντητα.

### Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις

Ο στόχος της παρούσας ανασκόπησης ήταν να διερευνηθεί η περιοχή που αφορά στις επιδράσεις της προπόνησης αντοχής στην καρδιά κυρίως παιδιών. Επίσης, ποια θα μπορούσε να είναι η βέλτιστη προπονητική επιβάρυνση για την καλύτερη ανάπτυξη της καρδιάς στην αναπτυξιακή ηλικία, κάτι το οποίο σε μεγάλο βαθμό δεν απαντάται από τη βιβλιογραφία. Υπήρχε η υποψία, με βάση τη θεωρία Morganroth, ότι η υπερβολική αναερόβια προπόνηση θα δημιουργούσε ένα περιοριστικό περιβάλλον στην καρδιά των μικρών αθλητών, αφού η ομόκεντρη ανάπτυξη ίσως οδηγούσε σε περιορισμό της αύξησης της ΤΔΔΑΚ, που θα είχε ως αποτέλεσμα μικρότερο ΟΠ και χαμηλότερες τιμές της  $VO_{2max}$ . Αυτό το ενδεχόμενο δεν επαληθεύεται, αλλά η έκκεντρη ανάπτυξη φαίνεται να επικρατεί με παράλληλη αύξηση ΤΔΔΑΚ και ΠΤΑΚ, καθώς και η ισόρροπη υπερτροφία σε κόλπους και ΔΚ. Το γεγονός ότι πολλοί νεαροί αθλητές αντοχής υπεραποδίδουν σε μικρή ηλικία και μετά, παρότι συνεχίζουν να προπονούνται συστηματικά ακόμα και πιο έντονα, ακολουθεί ένα πλατό ή ακόμα και κάμψη στην αγωνιστική τους απόδοση, θα πρέπει να αποδοθεί μάλλον σε περιφερικούς παράγοντες παρά σε κεντρικούς. Φαίνεται, παρότι χρήζει περαιτέρω διερεύνησης ότι η προπόνηση αντοχής σε μικρή ηλικία δεν έχει «τοξικά» αποτελέσματα σε ότι αφορά στην ανάπτυξη της καρδιάς. Σίγουρα βέβαια, δε μπορεί

κάποιος να προτείνει ποιες είναι οι κατάλληλες επιβαρύνσεις ώστε να υπάρξουν τα καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με την ανάπτυξη της καρδιάς των μικρών αθλητών. Ειδικά στην Ελλάδα, ένα πολύ μικρό ποσοστό των πρωταθλητών αντοχής της κατηγορίας παμπαίδων και παιδών φτάνει στο σημείο να βελτιώνεται και να πρωταγωνιστεί και στην κατηγορία των αντρών μερικά χρόνια αργότερα (Σούλας, Μάνου, Βουτσελάς, Παπανικολάου, Κουτσιώρας, Σαρσολανίδης et al., 2011).

### Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον θα υπήρχε αν σε μελλοντικές έρευνες καταγραφούν οι επιδράσεις που θα υπάρξουν στην καρδιά των νεαρών αθλητών μετά από διαφορετικές προπονητικές μεθόδους. Πως θα επηρεάσει μορφολογικά αλλά και λειτουργικά την καρδιά ένα προπονητικό πρωτόκολλο ήπιας και προοδευτικά αυξανόμενης προπόνησης και πως ένα μοντέλο πιο έντονης επιβάρυνσης (πολλές επαναλήψεις άσκησης διάρκειας από 30''-120'', σε ποσοστά πάνω από το 100% της  $\dot{V}O_{2max}$ ). Η καταγραφή των καρδιακών προσαρμογών σε ένα βάθος χρονικό από την παιδική έως τη μετα-εφηβική ηλικία, σε νεαρούς αθλητές αντοχής, με παράλληλη καταγραφή των προπονητικών επιβαρύνσεων που δέχτηκαν, θα έδινε πολύ χρήσιμες πληροφορίες για τη βελτίωση της ποιότητας της προπόνησης αντοχής στις μικρές ηλικίες. Επίσης, θα ήταν πολύ χρήσιμο να καταγραφούν οι προπονητικές μέθοδοι χωρών που έχουν εθνικά στοχευμένη στρατηγική και καταφέρνουν οι μικροί πρωταθλητές τους να φτάνουν να πρωταγωνιστούν και σε μεγαλύτερη ηλικία με συνεχή βελτίωση. Στόχος των επόμενων ερευνών πρέπει να είναι πως θα προστατευθούν οι μικροί αθλητές και πως θα δημιουργηθούν οι καταλληλότερες προϋποθέσεις για να φτάσουν στον υψηλό αθλητισμό ή στην καλύτερη δυνατή ανάπτυξη της καρδιάς του γενικού πληθυσμού.

### Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Το όφελος από την κατανόηση των καρδιακών προσαρμογών, δομικών αλλά και λειτουργικών, που προκύπτει από τη φυσική άσκηση, είναι διττό. Είναι απολύτως σημαντικό για τον πληθυσμό που κάνει μαζικό αθλητισμό να γνωρίζει πως θα καταφέρει να αναπτυχθεί η καρδιά τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, βάζοντας έτσι τις βάσεις και τις προϋποθέσεις για μία καλή ποιότητα ζωής μελλοντικά, αλλά και για τα παιδιά που θέλουν να ακολουθήσουν το δρόμο του πρωταθλητισμού είναι σημαντικό να αποφύγουν πιθανές «τοξικές» παρενέργειες από λάθος προπονητικές επιβαρύνσεις. Επίσης, ο σύγχρονος τρόπος ζωής και τα πολλά καρδιακά επεισόδια που προκαλούνται από το άγχος αλλά και τη λάθος διατροφή, με την υπερβολική κατανάλωση λιπαρών, κάνει ακόμα πιο σημαντική την ανάγκη για πιο δυνατή καρδιά που αφορά όλους μας. Είναι επομένως ένα θέμα που απασχολεί το ευρύ κοινό, όχι μόνο κάποιους ερευνητές και η περαιτέρω διερεύνηση του θα βελτιώσει άμεσα την ποιότητα ζωής στο γενικό πληθυσμό.

### Βιβλιογραφία

- Abergel, E., Chatellier, G., Hagege, A. A., Oblak, A., Linhart, A., Ducardonnet, A., et al., (2004). Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists. *Journal of the American College of Cardiology*, 44, 144-149.
- Abernethy, W. B., Choo, J. K., & Hutter, A. M. (2003). Echocardiographic characteristics of professional football players. *Journal of the American College of Cardiology*, 41, 280-284.
- Aksakal, E., Kurt, M., Oztürk, M. E., Tanboğa, I. H., Kaya, A., Nacar, T., et al., (2013). The effect of incremental endurance exercise training on left ventricular mechanics: A prospective observational deformation imaging study. *The Anatolian Journal of Cardiology*, 13(5), 432-438.
- Ayabakan, C., Akalin, F., Menguray, S., Cotuc, B., Odabas, I., & Ozuak, A. (2006). Athlete's heart in prepubertal male swimmers. *Cardiology in the Young*, 16, 61-66.
- Baggish, A. L., Yared, K., Wang, F., Weiner, R. B., Hutter, A. M. Jr., Picard, M. H., & et al., (2008). The impact of endurance exercise training on left ventricular systolic mechanics. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 295(3), H1109-H1116.
- Basavarajaiah, S., Boraita, N., Whyte, G., Wilson, M., Carby, L., Shah, A., et al., (2008). Ethnic differences in left ventricular remodeling in highly-trained athletes: relevance to differentiating left ventricular hypertrophy from hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American College of Cardiology*, 51, 2256-2262.
- Basavarajaiah, S., Wilson, M., Whyte, G., Shah, A., McKenna, W., & Sharma, S. (2008). Prevalence of hypertrophic cardiomyopathy in highly trained athletes: relevance to pre-participation screening. *Journal of the American College of Cardiology*, 51(10), 1033-1039.

- Calderon Montero, F. J., Benito Peinado, P. J., Di Salvo, V., Pigozzi, F., & Maffulli, N. (2007). Cardiac adaptation to training and decreased training loads in endurance athletes: a systematic review. *British Medical Bulletin*, 84(1), 25-35.
- Caselli, S., Di Paolo, F. M., Pisicchio, C., Di Pietro, R., Quattrini, F. M., Di Giacinto, B., et al., (2011). Three-dimensional echocardiographic characterization of left ventricular remodeling in Olympic athletes. *American Journal of Cardiology*, 108(1), 141-147.
- Caselli, S., Di Paolo, F. M., Pisicchio, C., Pandian, N. G., & Pelliccia, A. (2015). Patterns of left ventricular diastolic function in Olympic athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 28(2), 236-244.
- Csanady, M., Forster, T., & Hogue, M. (1986). Comparative echocardiographic study of junior and senior basketball players. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 128-132.
- Csanady, M., Forster, T., Hogue, M., Gruber, N., & Moczo, I. (1986). Three-year echocardiographic follow-up study on canoeist boys. *Acta of Cardiology*, 41, 413-425.
- Cubero, G. I., Batalla, A., Rodriguez Reguero, J. J., Barriales, R., Gonzalez, V., Lopez de la Iglesia, J., et al. (2000). Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *International Journal of Cardiology*, 75, 261-265.
- D'Andrea, A., Riegler, L., Cocchia, R., Scarafile, R., Salerno M. G., Gravino M. R., et al., (2010). Left atrial volume index in highly trained athletes. *American Heart Journal*, 159, 1155-1161.
- D'Ascenzi, F., Cameli, M., Padeletti, M., Lisi, M., Zacà, V., Natali, B., et al., (2013). Characterization of right atrial function and dimension in top-level athletes: a speckle tracking study. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 29(1), 87-94.
- D'Ascenzi, F., Pelliccia, A., Natali, B., Zacà, V., Cameli, M., Alvino, F., et al., (2014). Morphological and functional adaptation of left and right atria induced by training in highly trained female athletes. *Circulation Cardiovascular Imaging*, 7, 222-229.
- D'Ascenzi, F., Pelliccia, A., Corrado, D., Cameli, M., Curci, V., Alvino, F., et al., (2015). Right ventricular remodeling induced by exercise training in competitive athletes. *European Heart Journal-Cardiovascular Imaging*, 18, DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ehjci/jev155>.
- Di Paolo, F. M., Schmied, C., Zerguini, Y. A., Junge, A., Quattrini, F., Culasso, F., et al., (2012). The athlete's heart in adolescent Africans: An electrocardiographic and echocardiographic study. *Journal of the American College of Cardiology*, 59, 1029-1036.
- Fagard, R. H. (1997). Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiology Clinics*, 15(3), 397-412.
- Geenen, D. L., Gilliam, T. B., Crowley, D., Moorehead-Steffens, C., & Rosenthal, A. (1982). Echocardiographic measures in 6 to 7 year old children after 8 months exercise program. *American Journal of Cardiology*, 49, 1990-1995.
- Gilbert, C., Nutter, D., Felner, J., Perkins, J., Heymsfield, S., & Schlant, R. (1977). Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athlete. *The American Journal of Cardiology*, 40(4), 528-533.
- Henschen, S., Skidlauf und Skidwettlauf (1899). Eine medizinische sportstudie. *Mitt Med Klin Upsala*, 2, 15.
- Hoogsteen, J., Hooegeven, A., Schaffers, H., Wijn, P. F. F., & van Hemel, N. M. (2004) Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 20, 19-26.
- Kivistö, S., Perhonen, M., Holmström, M., & Lauerma, K. (2006). Assessment of the effect of endurance training on left ventricular relaxation with magnetic resonance imaging. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(5), 321-328.
- La Gerche, A., Heidbuchel, H., Burns, A. T., Mooney, D. J., Taylor, A. J., Pflugger, H. B., et al., (2011). Disproportionate exercise load and remodeling of the athlete's right ventricle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43, 974-981.
- Longhurst, J. C., Kelly, A. R., Gonyea, W. J., & Mitchell, J. H. (1980). Echocardiographic left ventricular masses in distance runners and weight lifters. *Journal of Applied Physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 48(1), 154-162.
- Maingourd, Y., Bourges-Petit, E., Tanguy, C., Quintard, J. M., Medelli, J., & Freville, M. (1990). A peripubertal longitudinal echocardiographic study of cardiac development in a group of ice hockey players. *Archives des Maladies du Coeur*, 83, 371-375.
- Major, Z., Csajági, E., Kneffel, Z., Kováts, T., Szauder, I., Sidó, Z., et al., (2015). Comparison of left and right ventricular adaptation in endurance-trained male athletes. *Acta Physiologica Hungarica*, 102(1), 23-33.
- Makan, J., Sharma, S., Firoozi, S., Whyte, G., Jackson, P. G., & Mc Kenna, W. J. (2005). Physiological upper limits of ventricular cavity size in highly trained adolescent athletes. *Heart*, 91, 495-499.

- Maron, B. J., Pelliccia, A., Spataro, A., & Granata, M. (1993). Reduction in left ventricular wall thickness in highly trained Olympic athletes. *British Heart Journal*, 69(2), 125-128.
- Manolas, V. M., Pavlik, G., Banhegyi, A., Faludi, J., Sido, Z., & Olexo, Z. (2001). Echocardiographic changes in the development of athlete's heart in 9 to 20-year-old male subjects. *Acta Physiologica Hungarica*, 88, 259-270.
- Medved, R., Fabecic-Sabadi, V., & Medved, V. (1986). Echocardiographic findings in children participating in swimming training. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 94-99.
- Mesko, D., Jurko, A., Vrlik, M., Novomeska, M., Horniak, E., & Dzurenkova, D. (1993). Development of the left ventricular hypertrophy and dilation in adolescent ice hockey players evaluated with echocardiography. *Sports medicine training and rehabilitation*, 4, 177-188.
- Morganroth, J., Maron, B. J., Henry, W. L., & Epstein, S. E. (1975). Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Annals of Internal Medicine*, 82, 521-524.
- Moro, A. S., Okoshi, M. P., Padovani, C. R., & Okoshi, K. (2013). Doppler echocardiography in athletes from different sports. *Medical Science Monitor*, 12(19), 187-193.
- Nagashima, J., Musha, H., Takada, H., & Murayama, M. (2003). New upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in Japanese participants in the 100-km ultramarathon. *Journal of the American College of Cardiology*, 42(9), 75-80.
- Nottin, S., Nguyen, L-D., Terbah, M., & Obert, P. (2004). Left ventricular function in endurance-trained children by tissue Doppler imaging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1507-1513.
- Obert, P., Stecken, F., Courteix, D., Lecoq, A. M., & Guenon, P. (1998). Effect of long-term intensive endurance training on left ventricular structure and diastolic function in prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 149-154.
- Obert, P., Mandigout, S., Vinet, A., N'Guyen, L. D., Stecken, F., & Courteix, D. (2001). Effect of aerobic training and detraining on left ventricular dimensions and diastolic function in prepubertal boys and girls. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 90-96.
- Obert, P., Nottin, S., Baquet, G., Thevenet, D., Gamelin, F. X., & Berthoin, S. (2009). Two months of endurance training does not alter diastolic function evaluated by TDI in 9-11 year old boys and girls. *British Journal of Sports Medicine*, 43(2), 132-135.
- Owen, A. & Bryan SR. (2004). Right and left ventricular diastolic function of male endurance athletes. *International Journal of Cardiology*, 95, 231-235.
- Papadakis, M., Basavarajiah, S., & Rawlins, J. (2009). Prevalence and significance of T-wave inversions in predominantly Caucasian adolescent athletes. *European Heart Journal*, 30, 1728-1735.
- Pagourelas, E. D., Kouidi, E., Efthimiadis, G. K., Deligiannis, A., Geleris, P., & Vasillikos, V. (2013). Right atrial and ventricular adaptations to training in male Caucasian athletes: an echocardiographic study. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 26(11), 1344-1352.
- Pavlik, G., Major, Z., Csajaqi, E., Jeserich, M., & Kneffel, Z. (2013). The athlete's heart. Part II: influencing factors on the athlete's heart: types of sports and age (review). *Acta Physiologica Hungarica*, 100(1), 1-27.
- Pelliccia, A., Maron, B. J., Culasso, F., Spataro, A., & Casselli, G. (1996). Athlete's heart in women. Echocardiographic characterization of highly trained female athletes. *The Journal of the American Medical Association*, 276(3), 211-215.
- Pelliccia, A., Culasso, F., Di Paolo, F. M., & Maron, B. J. (1999). Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Annals of Internal Medicine*, 130(1), 23-31.
- Pluim, B. M, Van der Laarse, A., & Van der Wall, E. E. (2000). The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*, 101, 336-344.
- Rodrigues, A. C. T., Melo Costa, J., Alves, G. B., Silva, F., Picard, M. H., Andrade, J. L., et al., (2006). Left ventricular function after exercise training in young men. *American Journal of Cardiology*, 97, 1089-1092.
- Roeske, W. R., O' Rourke, R. A., Klein, A., Leopold, G., & Karliner, J. S. (1976). Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes. *Circulation*, 53(2), 286-291.
- Rowland, T. W., Unnithan, V. B., Mac Farlane, N. G., & Paton, J. Y. (1994). Clinical manifestations of the "athlete's heart" in prepubertal male runners. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 515-519.
- Sadaniantz, A., Yurgalevitch, S., Zmuda, M., & Thompson, P. D. (1996). One year of exercise training does not alter resting left ventricular systolic or diastolic function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1345-1350.
- Scharhag, J., Schneider, G., Urhausen, A., Rochette, V., Kramann, B., & Kindermann, W. (2002). Athlete's heart: right and left ventricular mass and function in male endurance athletes and untrained individuals determined by magnetic resonance imaging. *Journal of the American College of Cardiology*, 40, 1856-1863.

- Sharma, S., Whyte, G., Elliott, P., Padula, M., Kaushal, R., Mahon, N., et al., (1999). Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 33(5), 319-324.
- Sharma, S., Maron, B. J., Whyte, G., Firoozi, S., Elliott, P., & McKenna, W. (2002). Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes; relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American College of Cardiology*, 40, 1431-1436.
- Shephard, R. J. (1992). Effectiveness of training programmes for prepubescent children. *Sports Medicine*, 13, 194-213.
- Somauroo, J. D., Pyatt, J. R., Jackson, M., Perry, R. A., & Ramsdale, D. R. (2001). An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart*, 85, 649-654.
- Spence, A. L., Naylor, L. H., & Carter, H. H. (2011). A prospective randomized longitudinal MRI study of left ventricular adaptation to endurance and resistance exercise training in humans. *The Journal of Physiology*, 589, 5443-5452.
- Spirito, P., Pelliccia, A., Proschan, M. A., Granata, M., Spataro, A., et al., (1994). Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *American Journal of Cardiology*, 74, 802-806.
- Triposkiadis, F., Ghiokas, S., Skoularikis, I., Kotsakis, A., Giannakoulis, I., & Thanopoulos, V. (2002). Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *European Journal of Clinical Investigation*, 32, 16-23.
- Utomi, V., Oxborough, D., Whyte, G. P., Somauroo, J., Sharma, S., Shave, R. et al., (2013). Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart. *Heart*, 99(23), 1727-1733.
- Vasiliauskas, D., Venckunas, T., Marcinkeviciene, J. E., & Bartkeviciene, A. (2008). Development of structural cardiac adaptation in basketball players. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 13, 985-989.
- Venckunas, T., Lionikas, A., Marcinkeviciene, J. E., Raugaliene, R., Alekrinskas, A., & Stasiulis, A. (2008). Echocardiographic parameters in athletes of different sports. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 151-156.
- Wilson, M. G., Chatard, J. C., Carre, F., Hamilton, B., Whyte, G. P., Sharma, S., et al., (2011). Prevalence of electrocardiographic abnormalities in West-Asian and African male athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 341-347.
- Zdravkovic, M., Perunicic, J., Krotin, M., Ristic, M., Vukomanovic, V., Soldatovic S., et al., (2010). Echocardiographic study of left ventricular remodeling in highly trained preadolescent footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 602-606.
- Σούλας, Δ., Μάνου, Β., Βουτσελάς, Β., Παπανικολάου, Ζ., Κουτσιώρας, Ι., Σαρασλανιδής, Π., et al., (2011). Η πρόωρη εγκατάλειψη των αθλητών των δρόμων αντοχής και ημιαντοχής στην Ελλάδα. *Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός*, 31(2), 188-195.

---

**Υπεύθυνος έκδοσης:** Ελληνική Ακαδημία Φυσικής Αγωγής, **Υπεύθυνος συντακτικής επιτροπής:** Γιάννης Θεοδωράκης, **Επιμελητές έκδοσης:** Βάσω Ζήση, Βασίλης Γεροδήμος, Αντώνης Χατζηγεωργιάδης, Θανάσης Τσιόκανος, Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Γιώργος Τζέτζης, Θωμάς Κουρτέσης, Ευάγγελος Αλμπανιδής, Κων/να Δίπλα. **Διαχείριση-επιμέλεια-στοιχειοθεσία:** Στέφανος Πέρκος, Βασίλης Μπούγλας.

**Editor -in- Chief:** Hellenic Academy of Physical Education, **Head of the editorial board:** Yannis Theodorakis, **Editorial Board:** Vaso Zissi, Vasilis Gerodimos, Antonis Chatzigeorgiadis, Thanassis Tsiokanos, Athanasios Jamurtas, Giorgos Tzetzis, Thomas Kourteisis, Evangelos Albanidis, Konstantina Dipla. **Editorial management:** Stefanos Perkos, Vasilis Bouglas.