

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ORIGINAL PAPER

Οξείες προσαρμογές της αερόβιας άσκησης στην καρδιαγγειακή λειτουργία υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών προεφηβικής ηλικίας

ΣΚΟΠΟΣ Αξιολόγηση των άμεσων προσαρμογών της αερόβιας άσκησης στην καρδιαγγειακή λειτουργία υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών προεφηβικής ηλικίας. ΥΛΙΚΟ-ΜΕΘΟΔΟΣ Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 54 παιδιά ελληνοκυπριακής καταγωγής, ηλικίας $11,2 \pm 0,5$ ετών, κλινικά υγιή, που ταξινομήθηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με το βαθμό παχυσαρκίας (νορμοβαρή $n=21$, υπέρβαρα/παχύσαρκα $n=33$), χρησιμοποιώντας το δείκτη μάζας σώματος (body mass index, BMI) για ηλικία και φύλο, σύμφωνα με τα κριτήρια της IOTF. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (σωματική μάζα, ύψος από όρθια θέση, δερματοπτυχές, περιφέρεια μέσης, κοιλιάς και ισχίου), καθώς και στην αρτηριακή πίεση και στην καρδιακή συχνότητα: (α) Σε συνθήκες ηρεμίας από καθιστή θέση και μετά από ανάπαυση 5 min, (β) κατά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης στον εργοδιάδρομο σε ταχύτητες 4 km/ώρα, 5,6 km/ώρα και 8 km/ώρα, αντίστοιχα, διάρκειας 10 min σε κάθε στάδιο και (γ) στο 3ο min αποκατάστασης. Κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης στον εργοδιάδρομο, 10 sec πριν από την αλλαγή κάθε σταδίου, εφαρμοζόταν ο προσδιορισμός του δείκτη υποκειμενικής κόπωσης με τη δεκάβαθμη κλίμακα του Omni, υποδεικνύοντας το παιδί με το δάκτυλό του τον αντίστοιχο αριθμό, στοιχείο το οποίο τη δεδομένη στιγμή αντιπροσώπευε την κόπωσή του. Επίσης, με ειδικές εξισώσεις προσδιορίστηκε η πίεση σφυγμού, η μέση αρτηριακή πίεση, το διπλό γινόμενο, ο όγκος παλμού, η καρδιακή παροχή, η περιφερική αντίσταση και ο δείκτης καρδιακής λειτουργίας. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ Τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν καλύτερες τιμές συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά στη συστολική αρτηριακή πίεση ($p<0,01$), στη μέση αρτηριακή πίεση ($p<0,01$), στην πίεση σφυγμού ηρεμίας ($p<0,05$), στην καρδιακή συχνότητα ($p<0,05$), στο διπλό γινόμενο ($p<0,001$) και στο δείκτη καρδιακής λειτουργίας ($p<0,01$). Ειδικότερα, στο δείκτη καρδιακής λειτουργίας, οι τιμές των παιδιών με φυσιολογικές τιμές σωματικής μάζας διέφεραν σημαντικά στην ηρεμία ($p<0,05$), στα 8 km/ώρα ($p<0,01$) και στο 3ο min αποκατάστασης ($p<0,01$), παρουσιάζοντας καλύτερη ανταπόκριση συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά. Η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης σχετίστηκε σημαντικά με το δείκτη BMI ($r=0,422$, $p<0,001$), το σωματικό λίπος ($r=0,375$, $p<0,01$), την περιφέρεια μέσης ($r=0,344$, $p<0,05$) και κοιλιάς ($r=0,376$, $p<0,001$), τη συστολική αρτηριακή πίεση ($r=0,279$, $p<0,05$), το διπλό γινόμενο ($r=0,301$, $p<0,05$), το δείκτη καρδιακής λειτουργίας ($r=-0,331$, $p<0,05$) και το χρόνο άσκησης στον εργοδιάδρομο ($r=-0,487$, $p<0,001$). ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ Τα παραπάνω αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά παρουσιάζουν χαμηλότερη καρδιαγγειακή λειτουργία και εμφανίζουν υψηλότερους δείκτες υποκειμενικής κόπωσης συγκριτικά με τα νορμοβαρή παιδιά, ενδεχομένως λόγω της μειωμένης φυσικής τους κατάστασης.

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2014, 31(4):477-486
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2014, 31(4):477-486

Ο.Γ. Αντωνιάδης,¹
Ε.Θ. Δούδα,¹
Δ.Α. Παπάζογλου,²
Σ.Π. Τοκμακίδης¹

¹Τμήμα Επιστημών Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Κομοτηνή
²Ιατρική Σχολή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Δραγάνα, Αλεξανδρούπολη

The immediate adaptations to aerobic exercise of the cardiovascular function of overweight/obese pre-pubertal children

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Αερόβια άσκηση
Αρτηριακή πίεση
Παιδιά
Παχυσαρκία

Υποβλήθηκε 21.1.2014
Εγκρίθηκε 27.1.2014

Το ποσοστό διάγνωσης της υπέρτασης σε παιδιά και εφήβους φαίνεται να αυξάνει.^{1,2} Το φαινόμενο αυτό συνδέεται τόσο με την αυξανόμενη επικράτηση της παιδικής παχυσαρκίας όσο και με τους γενετικούς παράγοντες δράσης πολλών γονιδίων, τα οποία επηρεάζονται σε σχετικά μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον (έλλειψη άσκησης, διατροφικές συνήθειες, γεωγραφική περιοχή, ηλικία) και ενισχύουν την πιθανότητα να εμφανιστεί υπερτασική νόσος σε ένα άτομο.³ Η παχυσαρκία, ωστόσο, κατά την ενήλικη ζωή σχετίζεται με την εμφάνιση δυσλιπιδαιμίας, σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2 και μακροχρόνια με αθηροσκλήρωση και καρδιαγγειακά προβλήματα.⁴⁻⁶

Η ευεργετική επίδραση της άσκησης και η σημασία της καλής φυσικής κατάστασης στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης αποδεικνύεται επίσης από πολυάριθμες μελέτες που δείχνουν ότι τα υψηλότερα επίπεδα της αερόβιας ικανότητας συνδέονται με χαμηλότερη αρτηριακή πίεση, καθώς και με μικρότερο κίνδυνο για την ανάπτυξη υπέρτασης.⁷⁻⁹ Πολλές μελέτες συγκλίνουν στο γεγονός ότι τόσο η συστολική όσο και η διαστολική αρτηριακή πίεση ηρεμίας ρυθμίζονται με την άσκηση, με την πλέον σημαντική μεταβολή να αφορά στη συστολική αρτηριακή πίεση, ενώ αναφέρεται ότι η εν λόγω δράση είναι ίδια σε νέους, σε ενήλικες υπερτασικούς, αλλά και σε άτομα τρίτης ηλικίας.^{10,11} Παρ' όλα αυτά, η δράση της άσκησης στην αρτηριακή πίεση των παιδιών δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως και έχουν αναφερθεί αντικρουόμενα αποτελέσματα. Υπάρχουν δεδομένα που υποστηρίζουν ότι η αρτηριακή πίεση ρυθμίζεται με την άσκηση,^{12,13} καθώς και μελέτες στις οποίες δεν διαπιστώνεται η επίδραση της άσκησης στην αρτηριακή πίεση των παιδιών και των εφήβων.¹⁴ Πάντως, οι ερευνητές συμφωνούν ότι η συστηματική άσκηση προκαλεί αιμοδυναμικές προσαρμογές, όπως είναι η ελάττωση του καρδιακού ρυθμού ηρεμίας και η αύξηση της συσταλτικότητας του μυοκάρδιου, με μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα την οικονομία της καρδιακής λειτουργίας.

Τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά συνήθως εμπλέκονται μικρότερο χρόνο με μέτριες και έντονες μορφές σωματικής δραστηριότητας και έχουν χαμηλότερη καρδιοαναπνευστική αντοχή συγκριτικά με τα μη παχύσαρκα παιδιά.¹⁵ Ωστόσο, οι λίγες μελέτες που αξιολογούν μεμονωμένα την επίδραση της άσκησης στους παχύσαρκους εφήβους αναφέρουν σημαντικές αλλαγές στο σωματικό ή το σπλαγχνικό λίπος, στην ενδοθηλιακή λειτουργία, στη νευρική δραστηριότητα, στα λιπίδια και την αντίσταση στην ινσουλίνη,^{16,17} ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα για την επίδραση της άσκησης στις μεταβολές της αρτηριακής πίεσης σε παιδιά προεφηβικής ηλικίας. Στην Κύπρο, παρ' όλη την ανησυχητική αύξηση της παχυσαρκίας και της υπέρτασης στα παιδιά και τους εφήβους, δεν έχουν διεξαχθεί μελέτες αναφορικά με την επίδραση της αερόβιας άσκησης στην καρδιαγγειακή λει-

τουργία υπέρβαραν και παχύσαρκων παιδιών προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας.

Η παρούσα μελέτη επιχειρεί να καλύψει το κενό, παρουσιάζοντας τις οξείες επιδράσεις της αερόβιας άσκησης στη μεταβολή αιμοδυναμικών παραμέτρων υπέρβαραν/παχύσαρκων παιδιών προεφηβικής ηλικίας.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν 54 παιδιά ελληνοκυπριακής καταγωγής, ηλικίας 11,2±0,5 ετών, κλινικά υγιή, που ταξινομήθηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με το βαθμό παχυσαρκίας (ομάδα Α: νορμοβαρή n=21, ομάδα Β: υπέρβαρα/παχύσαρκα n=33), χρησιμοποιώντας το δείκτη μάζας σώματος (body mass index, BMI) για ηλικία και φύλο, σύμφωνα με τα κριτήρια της IOTF.¹⁸ Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και η σύσταση σώματος για κάθε ομάδα χωριστά παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Τα παιδιά συμμετείχαν στη μελέτη εθελοντικά, με έγγραφη συγκατάθεση των γονέων τους και έλαβαν μέρος μαθητές και μαθήτριες πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι με ιατρική γνώματευση παρακολουθούσαν το μάθημα της φυσικής αγωγής στο σχολείο σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα και δεν συμμετείχαν εξωσχολικά σε κάποια οργανωμένη μορφή άσκησης ή φυσικής δραστηριότητας. Κριτήρια αποκλεισμού μαθητών(τριών) από την έρευνα αποτέλεσαν η τυχόν λήψη φαρμάκων για τη θεραπεία της αρτηριακής υπέρτασης, του σακχαρώδους διαβήτη ή της δυσλιπιδαιμίας και η ενδεχόμενη ύπαρξη συγγενούς καρδιοπάθειας.

Μέσα συλλογής των δεδομένων

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά: Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στη σωματική μάζα (W) και στο ύψος από όρθια θέση (H) ενώ υπολογίστηκε και η επιφάνεια σώματος.¹⁹ Για την εκτίμηση των δεικτών παχυσαρκίας χρησιμοποιήθηκε ο BMI, ο λόγος περιφέρειας μέσης/περιφέρεια ισχίου (WHR), το άθροισμα των επτά δερματικών πτυχών (τρικέφαλου βραχιόνιου, δικέφαλου βραχιόνιου, υποπλάτιου, λαγόνιου, κοιλιακού, μηρού και γαστροκνήμιου), η άλιπη σωματική μάζα, η μάζα λίπους και το ποσοστό σωματικού λίπους, όπως προσδιορίστηκε από τις δερματοπτυχές τρικέφαλου και γαστροκνήμιου σύμφωνα με τις εξισώσεις των Slaughter et al.²⁰

Η διαδικασία ζύγισης του κάθε εξεταζόμενου πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονική ζυγαριά (Seca alpha 770) φορώντας ελαφριά ρούχα, αφού προηγουμένως είχε αφαιρέσει τα παπούτσια και κάθε βαρύ αντικείμενο από πάνω του. Ο δοκιμαζόμενος στεκόταν ακίνητος στο κέντρο της πλατφόρμας του ζυγού με τα πόδια παράλληλα και το βάρος του σώματος κατανεμημένο και στα δύο πόδια, χωρίς να στηρίζεται. Η καταγραφή της σωματικής μάζας πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια μέτρησης 100 g.

Για τη μέτρηση του σωματικού ύψους, ο δοκιμαζόμενος στεκόταν σε όρθια θέση, χωρίς παπούτσια, με το κεφάλι ευθεία μπροστά και τις πτέρνες ενωμένες. Η μέτρηση του ύψους πραγματοποιήθηκε

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών.

Μεταβλητές	Νορμοβαρή (n=21)	Υπέρβαρα/Παχύσαρκα (n=33)	t	p
Ηλικία (έτη)	11,06±0,42	11,29±0,61	-1,49	NS
Σωματική μάζα (kg)	40,61±6,78	55,23±7,88	-7,00	0,001
Ύψος από όρθια θέση (cm)	147,80±7,20	150,30±6,12	-1,36	NS
Δείκτης BMI (kg/m ²)	18,46±1,63	24,35±2,39	-9,88	0,001
Επιφάνεια σώματος (m ²)	1,29±0,13	1,49±0,12	-5,45	0,001
Σωματικό λίπος (%)	21,73±4,44	24,86±4,08	-2,65	0,011
Μάζα λίπους (kg)	9,00±2,97	13,88±3,73	-5,00	0,001
Άλιπη σωματική μάζα (kg)	31,60±4,33	41,34±5,20	-7,13	0,001
Άθροισμα 7 δερματοπτυχών (mm)*	89,22±22,70	125,36±18,76	-6,34	0,001
Περιφέρεια μέσης (cm)	62,40±3,30	75,46±4,75	-10,99	0,001
Περιφέρεια κοιλιάς (cm)	66,78±4,27	85,51±5,91	-11,22	0,001
Περιφέρεια ισχίου (cm)	73,04±6,63	86,84±6,23	-7,73	0,001
Λόγος μέσης/ισχίου	0,85±0,01	0,87±0,04	-0,81	NS

*Άθροισμα 7 δερματοπτυχών: Τρικέφαλου βραχιόνιου, δικέφαλου βραχιόνιου, υποπλάτιου, λαγόνιου, κοιλιακού, μηρού και γαστροκνήμιου
BMI: Δείκτης μάζας σώματος (body mass index), NS: Μη στατιστικά σημαντική διαφορά

με τη χρήση ενός φορητού αναστημόμετρου (Seca 220, Ontario CA) με διαβάθμιση 2 m. Ένας οριζόντιος χάρακας προσαρμοσμένος στον κάθετο άξονα του αναστημόμετρου ερχόταν σε επαφή με το υψηλότερο σημείο της κεφαλής του δοκιμαζόμενου. Πριν από τη μέτρηση, ο δοκιμαζόμενος έπαιρνε μια βαθιά εισπνοή, για να εκταθεί η σπονδυλική στήλη, και τη συγκρατούσε μέχρι να ολοκληρωθεί η μέτρηση. Η καταγραφή του σωματικού ύψους επιτεύχθηκε με ακρίβεια μέτρησης 0,1 cm.

Αιμοδυναμική ανταπόκριση: Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στην αρτηριακή πίεση (συστολική, διαστολική) και στην καρδιακή συχνότητα: (α) Σε συνθήκες ηρεμίας, από καθιστή θέση και μετά από ανάπαυση 5 min, (β) κατά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης σε εργοδιάδρομο (Johnson, Jet 8000), σε ταχύτητες 4 km/ώρα, 5,6 km/ώρα και 8 km/ώρα, αντίστοιχα, διάρκειας 10 min σε κάθε στάδιο και (γ) στο 3ο min αποκατάστασης.

Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης σε συνθήκες ηρεμίας πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες της Αμερικανικής Καρδιολογικής Εταιρίας,²¹ με τον κάθε συμμετέχοντα να ευρίσκεται σε καθιστή θέση και μετά από ανάπαυση 5 min. Χρησιμοποιήθηκε, πιστοποιημένο για παιδιά και εφήβους, ηλεκτρονικό πιεσόμετρο (Omron MX3 Plus, Japan)²² κατάλληλο σε μέγεθος περιχειρίδας, ανάλογα με την περιφέρεια του βραχίονα κάθε παιδιού καλύπτοντας το βραχίονα του αριστερού χεριού, που ευρισκόταν στο επίπεδο της καρδιάς. Πραγματοποιούνταν τρεις μετρήσεις, με ενδιάμεσο διάλειμμα 2 min, και καταγραφόταν η μέση τιμή των τριών μετρήσεων για τη συστολική και τη διαστολική αρτηριακή πίεση, καθώς και για την καρδιακή συχνότητα. Η υπέρταση προσδιορίστηκε όταν η αρτηριακή πίεση εμφάνιζε τιμές ≥95η εκατοστιαία θέση για την ηλικία, το φύλο και το ύψος.²³

Η καταγραφή της αιμοδυναμικής λειτουργίας (αρτηριακή πίεση, καρδιακή συχνότητα) πραγματοποιήθηκε επίσης κατά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης στον εργοδιάδρομο

σε ταχύτητες 4 km/ώρα, 5,6 km/ώρα και 8 km/ώρα, αντίστοιχα, διάρκειας 10 min σε κάθε στάδιο,²⁴ καθώς και στο 3ο min αποκατάστασης. Κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης στον εργοδιάδρομο, 30 sec πριν από την αλλαγή της ταχύτητας, γινόταν μέτρηση της αρτηριακής πίεσης στον αριστερό βραχίονα του δοκιμαζόμενου, ο οποίος διέκοπτε την άσκηση και καθόταν σε μια καρέκλα επάνω στον εργοδιάδρομο. Με ειδικές εξισώσεις προσδιορίστηκε η πίεση σφυγμού, η μέση αρτηριακή πίεση, το διπλό γινόμενο, ο όγκος παλμού, η καρδιακή παροχή, η περιφερική αντίσταση και ο δείκτης καρδιακής λειτουργίας.^{21,25} Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν απογευματινές ώρες (17:00–19:00) σε κλειστή αίθουσα, με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας (περίπου 20–22 °C) και υγρασίας (55–65% περίπου).

Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (Omni Scale): Κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης στον εργοδιάδρομο, 10 sec πριν από την αλλαγή της ταχύτητας στον εργοδιάδρομο γινόταν ο προσδιορισμός του δείκτη υποκειμενικής κόπωσης κάθε παιδιού με τη δεκάβαθμη κλίμακα του Omni,²⁶ υποδεικνύοντας το παιδί με το δάκτυλό του τον αντίστοιχο αριθμό, στοιχείο το οποίο τη δεδομένη στιγμή αντιπροσώπευε την κόπωσή του κατά την προσωπική του εκτίμηση.

Στατιστική ανάλυση

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή (mean), η τυπική απόκλιση (standard deviation, SD) και το τυπικό σφάλμα (SE mean). Για τον έλεγχο των υποθέσεων στα αιμοδυναμικά χαρακτηριστικά (αρτηριακή πίεση, καρδιακή συχνότητα, μέση αρτηριακή πίεση, πίεση σφυγμού ηρεμίας, όγκος παλμού, καρδιακή παροχή, διπλό γινόμενο, περιφερική αντίσταση, δείκτης καρδιακής λειτουργίας) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (two-way ANOVA, βαθμός

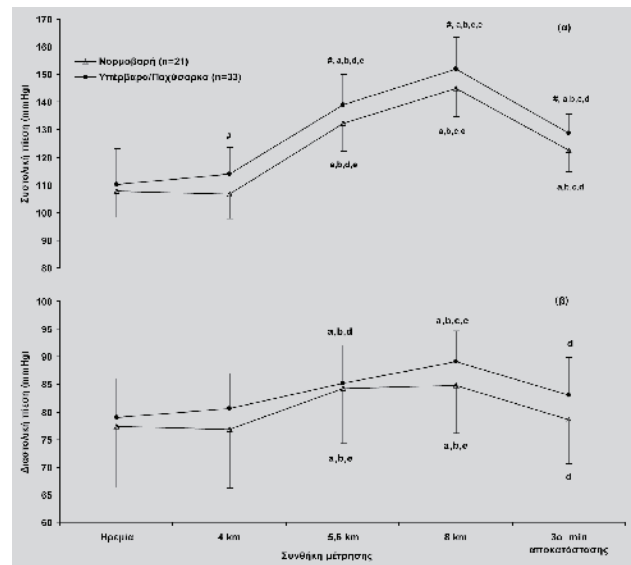
παχυσαρκίας×συνθήκη μέτρησης, 2×5) με επαναλαμβανόμενο το δεύτερο παράγοντα και πολλαπλές συγκρίσεις κατά Bonferroni για τον έλεγχο διαφορών στα επί μέρους επίπεδα του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης». Επίσης, για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ νορμοβαρών-υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών εφαρμόστηκε ο έλεγχος t για ανεξάρτητα δείγματα (independent samples t-test). Επί πλέον, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson για την εύρεση συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων. Ως επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο δεύτερο παράγοντα (two-way ANOVA repeated measures, επίπεδο παχυσαρκίας×συνθήκη μέτρησης, 2×5) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «*επίπεδο παχυσαρκίας*», με τα νορμοβαρή παιδιά να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά στη συστολική αρτηριακή πίεση [$F_{(1,52)}=9,24$, $p < 0,01$, $\eta^2=0,15$], στη μέση αρτηριακή πίεση [$F_{(1,52)}=7,65$, $p < 0,01$, $\eta^2=0,12$], στην πίεση σφυγμού ηρεμίας [$F_{(1,52)}=5,27$, $p < 0,05$, $\eta^2=0,09$], στην καρδιακή συχνότητα [$F_{(1,52)}=6,18$, $p < 0,05$, $\eta^2=0,10$], στο διπλό γινόμενο [$F_{(1,52)}=15,83$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,23$] και στο δείκτη καρδιακής λειτουργίας [$F_{(1,52)}=7,0$, $p < 0,01$, $\eta^2=0,12$].

Ο παράγοντας «*συνθήκη μέτρησης*» εμφάνισε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση στο σύνολο των αιμοδυναμικών παραμέτρων. Τα νορμοβαρή παιδιά παρουσίασαν καλύτερες τιμές σε όλες τις συνθήκες μέτρησης απ' ό,τι τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά στη συστολική αρτηριακή πίεση [$F_{(4,208)}=211,14$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,80$], στη διαστολική αρτηριακή πίεση [$F_{(4,208)}=23,51$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,31$], στη μέση αρτηριακή πίεση [$F_{(4,208)}=98,08$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,65$], στην πίεση σφυγμού ηρεμίας [$F_{(4,208)}=89,92$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,63$], στην καρδιακή συχνότητα [$F_{(4,208)}=556,17$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,91$], στο διπλό γινόμενο [$F_{(4,208)}=482,74$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,90$], στον όγκο παλμού [$F_{(4,208)}=22,62$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,30$], στην καρδιακή παροχή [$F_{(4,208)}=299,97$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,84$], στην περιφερική αντίσταση [$F_{(4,208)}=97,36$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,65$] και στο δείκτη καρδιακής λειτουργίας [$F_{(4,208)}=283,52$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,84$].

Πιο αναλυτικά, τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές στη συστολική αρτηριακή πίεση σε όλες τις συνθήκες άσκησης συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, παρά το γεγονός ότι στη συνθήκη ηρεμίας δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($t=-0,763$, $df=52$, $p=0,449$). Επίσης, οι τιμές στα 5,6 km/ώρα και στα 8 km/ώρα διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από τη συνθήκη ηρεμίας, στα 4 km/ώρα και από το 3ο min αποκατάστασης και στις δύο ομάδες τόσο στη συστολική (εικ. 1α) όσο και στη διαστολική αρτηριακή πίεση (εικ. 1β). Στη μέση αρτη-

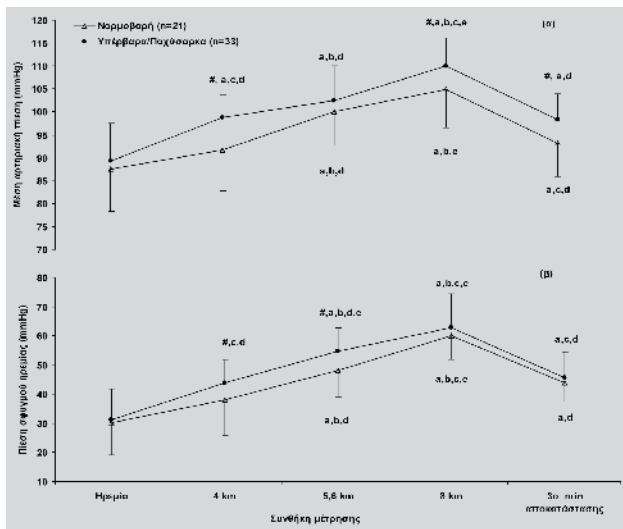


Εικόνα 1. Συστολική (α) και διαστολική (β) αρτηριακή πίεση νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών στις διάφορες συνθήκες μέτρησης στο δαπεδοεργόμετρο.

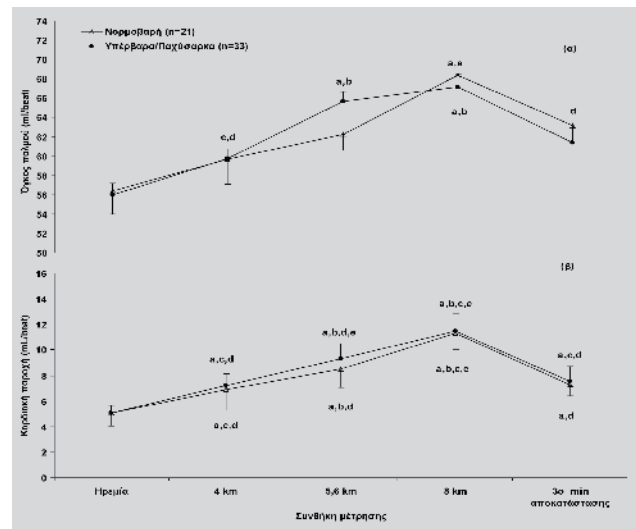
$p < 0,05$: Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών, a: Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τη συνθήκη ηρεμίας, b: Από τα 4 km/ώρα, c: Από τα 5,6 km/ώρα, d: Από τα 8 km/ώρα, e: Από το 3ο min αποκατάστασης

ριακή πίεση, τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές σε όλες τις συνθήκες άσκησης συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, εκτός από τη συνθήκη ηρεμίας όπου δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($t=-0,774$, $df=52$, $p=0,442$). Επίσης, οι τιμές στα 4 km/ώρα, στα 5,6 km/ώρα και στα 8 km/ώρα διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από τη συνθήκη ηρεμίας και από το 3ο min αποκατάστασης και στις δύο ομάδες (εικ. 2α). Παρόμοια δυναμική παρατηρήθηκε και στην πίεση σφυγμού ηρεμίας [$F_{(1,52)}=5,78$, $p=0,20$, $\eta^2=0,100$], όπου τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά χαμηλότερες τιμές στα 4 km/ώρα και στα 5,6 km/ώρα, ενώ στη συνθήκη των 8 km/ώρα και οι δύο ομάδες διαφοροποιήθηκαν από τις υπόλοιπες συνθήκες μέτρησης (εικ. 2β).

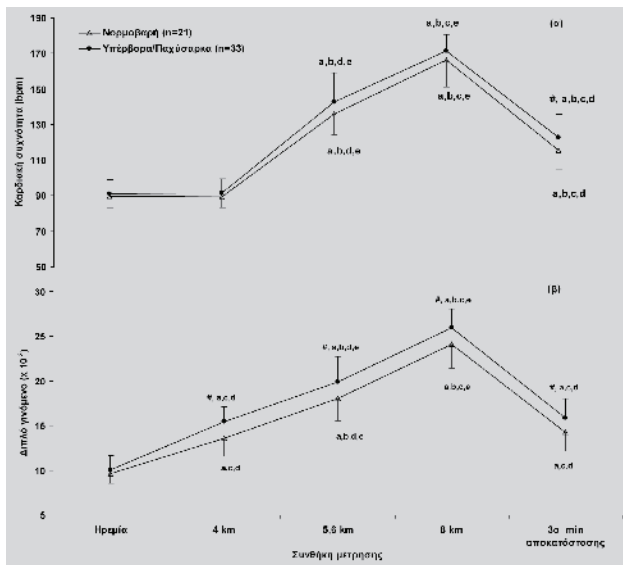
Στην καρδιακή συχνότητα, τα νορμοβαρή παιδιά, στα 8 km/ώρα, από $166,38 \pm 15,18$ bpm παρουσίασαν σημαντική μείωση σε $115,76$ bpm συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, οι τιμές των οποίων κυμάνθηκαν σε $171,30 \pm 9,44$ bpm (8 km/ώρα) και σε $122,87 \pm 13,14$ bpm, αντίστοιχα (εικ. 3α). Στατιστικά χαμηλότερες τιμές εμφάνισαν και στο διπλό γινόμενο, συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, σε όλες τις συνθήκες άσκησης, εκτός από τη συνθήκη ηρεμίας ($t=-0,929$, $df=52$, $p=0,357$). Επίσης, οι τιμές στα 4 km/ώρα, στα 5,6 km/ώρα και στα 8 km/ώρα διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από τη συνθήκη ηρεμίας και από το 3ο min αποκατάστασης και στις δύο ομάδες (εικ. 3β).



Εικόνα 2. Μέση αρτηριακή πίεση (α) και πίεση σφυγμού ηρεμίας (β) νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών στις διάφορες συνθήκες μέτρησης στο δαπεδοεργόμετρο.
$p < 0,05$: Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών, α: Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τη συνθήκη ηρεμίας, β: Από τα 4 km/ώρα, γ: Από τα 5,6 km/ώρα, δ: Από τα 8 km/ώρα, ε: Από το 30 min αποκατάστασης



Εικόνα 4. Όγκος παλμού (α) και καρδιακή παροχή (β) νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών στις διάφορες συνθήκες μέτρησης στο δαπεδοεργόμετρο.
 $p < 0,05$, α: Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τη συνθήκη ηρεμίας, β: Από τα 4 km/ώρα, γ: Από τα 5,6 km/ώρα, δ: Από τα 8 km/ώρα, ε: Από το 30 min αποκατάστασης

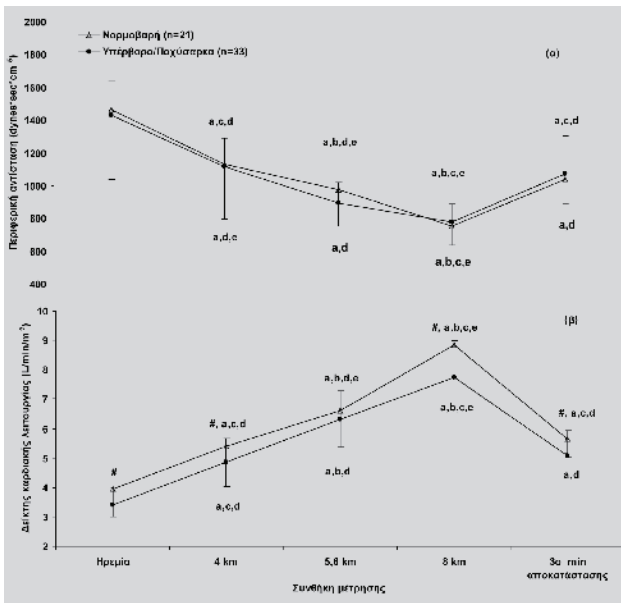


Εικόνα 3. Καρδιακή συχνότητα (α) και διπλό γινόμενο (β) νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών στις διάφορες συνθήκες μέτρησης στο δαπεδοεργόμετρο.
$p < 0,05$: Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών, α: Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τη συνθήκη ηρεμίας, β: Από τα 4 km/ώρα, γ: Από τα 5,6 km/ώρα, δ: Από τα 8 km/ώρα, ε: Από το 30 min αποκατάστασης

Όσον αφορά στον όγκο παλμού (εικ. 4α) και την καρδιακή παροχή (εικ. 4β), τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν παρόμοιες τιμές σε όλες τις συνθήκες άσκησης συγκριτικά με τα

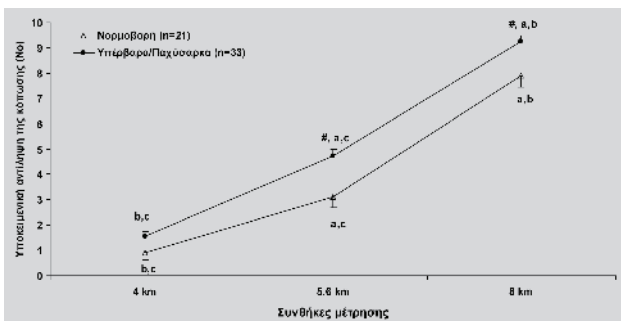
υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, με τις τιμές στα 4 km/ώρα, στα 5,6 km/ώρα και στα 8 km/ώρα να διαφοροποιούνται σημαντικά από τη συνθήκη ηρεμίας και στις δύο ομάδες. Στην περιφερική αντίσταση, δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων στις διάφορες χρονικές στιγμές, ενώ στην αποκατάσταση οι τιμές αντιστρέφονταν υπέρ των νορμοβαρών παιδιών (εικ. 5α). Αναφορικά με το δείκτη καρδιακής λειτουργίας, οι τιμές των νορμοβαρών παιδιών διέφεραν σημαντικά στην ηρεμία ($t=2,31$, $df=52$, $p < 0,05$), στα 8 km/ώρα ($t=2,97$, $df=52$, $p < 0,01$) και στο 30 min αποκατάστασης ($t=2,66$, $df=52$, $p < 0,01$), παρουσιάζοντας καλύτερη ανταπόκριση από τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά (εικ. 5β).

Για το χρόνο άσκησης στο δαπεδοεργόμετρο, ο έλεγχος t για ανεξάρτητα δείγματα (independent samples t -test) έδειξε ότι τα παιδιά με φυσιολογικές τιμές σωματικής μάζας παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικά καλύτερες τιμές ($t=3,66$, $df=52$, $p < 0,001$) συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά. Τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικά χαμηλότερες τιμές υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης στα 5,6 km/ώρα και στα 8 km/ώρα συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά (εικ. 6), με οριακή, μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στα 4 km/ώρα ($t=-1,978$, $df=52$, $p=0,053$). Επίσης, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης σχετίστηκε σημαντικά με το δείκτη BMI ($r=0,422$, $p < 0,001$), το σωματικό λίπος ($r=0,375$, $p < 0,01$), την περιφέρεια μέσης ($r=0,344$, $p < 0,05$) και της



Εικόνα 5. Περιφερική αντίσταση (α) και δείκτης καρδιακής λειτουργίας (β) νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών στις διάφορες συνθήκες μέτρησης στο δαπεδοεργόμετρο.

$p < 0,05$: Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών, α: Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τη συνθήκη ηρεμίας, β: Από τα 4 km/ώρα, γ: Από τα 5,6 km/ώρα, δ: Από τα 8 km/ώρα, ε: Από το 30 min αποκατάστασης.



Εικόνα 6. Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης στις διάφορες συνθήκες μέτρησης νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών.

$p < 0,05$: Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ νορμοβαρών και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών, α: Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τα 4 km/ώρα, β: Από τα 5,6 km/ώρα, γ: Από τα 8 km/ώρα

κοιλιάς ($r=0,376$, $p < 0,001$), τη συστολική αρτηριακή πίεση ($r=0,279$, $p < 0,05$), το διπλό γινόμενο ($r=0,301$, $p < 0,05$), το δείκτη καρδιακής λειτουργίας ($r=-0,331$, $p < 0,05$) και το χρόνο άσκησης στον εργοδιάδρομο ($r=-0,487$, $p < 0,001$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη, τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν καλύτερη αιμοδυναμική ανταπόκριση συγκριτικά με τα

υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά τόσο στην ηρεμία όσο και στις διάφορες συνθήκες ταχύτητας στον εργοδιάδρομο, παρουσιάζοντας μεγαλύτερο χρόνο άσκησης και χαμηλότερες τιμές υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης στα 5,6 km/ώρα και στα 8 km/ώρα. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την καλύτερη φυσική κατάσταση των παιδιών που δεν είναι παχύσαρκα. Μελέτες έχουν δείξει ότι, στην ηρεμία, τα υπέρβαρα και τα παχύσαρκα παιδιά έχουν υψηλότερη καρδιακή παροχή και όγκο παλμού^{27,28} συγκριτικά με τα άτομα κανονικού βάρους λόγω αύξησης του όγκου του αίματος²⁹ και της άλιπης σωματικής μάζας.³⁰⁻³² Στην παρούσα μελέτη, τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά εμφάνισαν υψηλότερες τιμές στον όγκο παλμού στα 5,6 km/ώρα, ενώ στην καρδιακή παροχή υπερέχον σε όλες τις συνθήκες ταχύτητας στον εργοδιάδρομο συγκριτικά με τα νορμοβαρή παιδιά. Οι παράγοντες που αναφέρεται ότι συμβάλλουν στην αύξηση του όγκου παλμού όσο αυξάνει η ένταση της άσκησης αποδίδονται στην αυξημένη φλεβική επιστροφή, στην αυξημένη συσταλτικότητα των κοιλιών, καθώς και στη μείωση των συνολικών περιφερικών αντιστάσεων λόγω της αυξημένης αγγειοδιαστολής των αιμοφόρων αγγείων που τροφοδοτούν τους ενεργούς σκελετικούς μυς.³³

Η επίδραση, ωστόσο, του υπερβολικού βάρους και της παχυσαρκίας στην αιμοδυναμική ανταπόκριση κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι λιγότερο σαφής. Δεδομένα μελετών υποστηρίζουν ότι στα πρώτα στάδια εμφάνισης του υπέρβαρου σωματικού βάρους ή και του παχύσαρκου ατόμου υπάρχει μια εκσεσημασμένη αιμοδυναμική ανταπόκριση,³⁴ η οποία εξελίσσεται σε μειωμένη αντίδραση όταν η παχυσαρκία καθίσταται σοβαρή ή χρόνια.³⁵ Οι Collis et al³⁰ υποστηρίζουν ότι οποιοσδήποτε αιμοδυναμικές μεταβολές παρατηρούνται σε υπέρβαρα άτομα κατά τη διάρκεια της άσκησης σχετίζονται με τις μεταβολές στη λιπώδη μάζα και στην άλιπη σωματική μάζα, η οποία συνδέεται με την περίσσεια μάζας σώματος και αυξάνει τις μεταβολικές απαιτήσεις των μυών κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Αναφορικά με την καρδιακή συχνότητα, στην παρούσα μελέτη τα νορμοβαρή παιδιά παρουσίασαν στα 8 km/ώρα σημαντική μείωση από $166,38 \pm 15,18$ bpm σε $115,76$ bpm συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, οι τιμές των οποίων κυμάνθησαν σε $171,30 \pm 9,44$ bpm (8 km/ώρα) και $122,87 \pm 13,14$ bpm, αντίστοιχα. Δεδομένα υποστηρίζουν ότι, σε υπομέγιστο έργο, τα παχύσαρκα παιδιά έχουν υψηλότερη καρδιακή συχνότητα απ' ό,τι τα παιδιά με φυσιολογικές τιμές σωματικής μάζας, τα οποία παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας για το ίδιο επίπεδο υπομέγιστης έντασης.³⁶ Ενδιαφέρον εμφανίζουν και οι τιμές της περιφερικής αντίστασης, όπου παρά το γεγονός ότι δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων στις

διάφορες χρονικές στιγμές, παρατηρώντας τους μέσους όρους διαφαίνεται η ευεργετική επίδραση της άσκησης στα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, ενώ στην αποκατάσταση οι τιμές αντιστρέφονται υπέρ των νορμοβαρών παιδιών. Επίσης, οι τιμές του δείκτη καρδιακής λειτουργίας στα νορμοβαρή παιδιά διέφεραν σημαντικά στην ηρεμία, στα 8 km/ώρα και στο 3ο min αποκατάστασης, παρουσιάζοντας καλύτερη ανταπόκριση από τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, και σε συνδυασμό με τις τιμές της καρδιακής τους συχνότητας διαφαίνεται οικονομικότερη λειτουργία της καρδιάς στην εν λόγω ομάδα.

Η σημασία της γνώσης των αιμοδυναμικών ανταποκρίσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης σε παιδιά και εφήβους αποτέλεσε το επίκεντρο μελετών,^{37,38} στις οποίες τα παιδιά και οι έφηβοι υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση εφαρμόζοντας πρωτόκολλα προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (Bruce). Στις μελέτες αυτές δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε κατάσταση ηρεμίας στην αρτηριακή πίεση μεταξύ των δύο φύλων στην παιδική ηλικία. Ωστόσο, οι εν λόγω διαφορές έγιναν εμφανείς στην ηλικία των 16 ετών, με περισσότερο αυξημένες τιμές συστολικής αρτηριακής πίεσης στα αγόρια.^{37,38} Οι Washington et al,³⁶ όσον αφορά στη συμπεριφορά της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης, επισημαίνουν ότι η συστολική πίεση για τα παιδιά και τους εφήβους, στη μέγιστη εξάντληση, αναμένεται να μην υπερβαίνει τα 200 mmHg, ενώ η διαστολική να παρουσιάζει πτώση ή να παραμένει αμετάβλητη. Μελέτες σε παιδιά και εφήβους αναφέρουν παρόμοια συμπεριφορά της συστολικής αρτηριακής πίεσης όπως και στους ενήλικες, δηλαδή αύξηση των επιπέδων ανάλογα με το βαθμό της έντασης.^{37,38} Στην παρούσα μελέτη, τα νορμοβαρή παιδιά εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές στη συστολική αρτηριακή πίεση σε όλες τις συνθήκες αύξησης της έντασης της άσκησης συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, παρά το γεγονός ότι στη συνθήκη ηρεμίας δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σε αρκετές έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι τα υπέρβαρα παιδιά συμμετέχουν λιγότερο σε δραστηριότητες που απαιτούν καλή φυσική κατάσταση.^{39,40} Επομένως, τα παιδιά που αυξάνουν τα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας και βελτιώνουν την αντοχή τους μπορούν να ελέγξουν καλύτερα το βάρος τους καταναλώνοντας περισσότερες θερμίδες, ενώ, παράλληλα, είναι σε θέση να συμμετέχουν για περισσότερο χρόνο σε σωματικές δραστηριότητες χωρίς να κουράζονται. Με την άποψη αυτή συμφωνούν και τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, με τα νορμοβαρή παιδιά να πραγματοποιούν περισσότερο χρόνο άσκησης

στον εργοδίαδρομο, παρουσιάζοντας χαμηλότερες τιμές υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης για την ίδια ένταση άσκησης συγκριτικά με τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά, τα οποία εμφανίζουν παράλληλα χαμηλότερη καρδιαγγειακή λειτουργία, ενδεχομένως λόγω της μειωμένης φυσικής τους δραστηριότητας επειδή συνήθως εμπλέκονται λιγότερο χρόνο σε μέτριες και έντονες μορφές σωματικής άσκησης.

Έχει τεκμηριωθεί πλέον ότι η μελέτη των αιμοδυναμικών ανταποκρίσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση της ανταπόκρισης του καρδιαγγειακού συστήματος σε κατάσταση stress σε συνδυασμό με τις μεταβολικές αλλαγές που οφείλονται στο υπερβολικό σωματικό βάρος.^{41,42} Κατά συνέπεια, η γνώση της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος τόσο σε ηρεμία όσο και κατά την άσκηση στην παιδική και την εφηβική ηλικία θεωρείται βασική προϋπόθεση για το σχεδιασμό ασφαλέστερων προγραμμάτων άσκησης. Προς την κατεύθυνση αυτή, μελέτες δείχνουν ότι τα παιδιά με φυσιολογικές τιμές σωματικής μάζας, για τις ανάγκες της πρωτογενούς πρόληψης που αφορά στον έλεγχο του σωματικού τους βάρους, θα πρέπει να συμμετέχουν το ελάχιστο 1 ώρα σε φυσικές δραστηριότητες μέτριας έως έντονης μορφής κάθε ημέρα ή τις περισσότερες ημέρες της εβδομάδας,⁴³ ενώ για τη μείωση του σωματικού βάρους υπέρβαρων παιδιών απαιτούνται τουλάχιστον 155–180 min αερόβιας άσκησης κάθε εβδομάδα.⁴⁴ Ανάλογα, ωστόσο, με το βαθμό παχυσαρκίας συστήνονται και διαφορετικού τύπου δραστηριότητες.^{45,46}

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης καταδεικνύουν ότι τα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά παρουσιάζουν χαμηλότερη καρδιαγγειακή λειτουργία συγκριτικά με τα νορμοβαρή παιδιά πιθανόν λόγω της μειωμένης φυσικής τους δραστηριότητας, γιατί συνήθως εμπλέκονται λιγότερο χρόνο σε μέτριες και έντονες μορφές σωματικής άσκησης. Είναι αποδεδειγμένο ότι η αύξηση της φυσικής δραστηριότητας και η συμμετοχή σε οργανωμένες μορφές άσκησης, σε συνδυασμό με την κατάλληλη διατροφική ρύθμιση, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους για την καταπολέμηση της παιδικής παχυσαρκίας, με στόχο τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης. Ωστόσο, απαιτείται η συνεργασία ιατρών, καθηγητών φυσικής αγωγής, διατροφολόγων και ψυχολόγων, ώστε να εφαρμοστούν βελτιωτικές παρεμβάσεις τόσο στο σχολικό όσο και στο οικογενειακό περιβάλλον και να εξασφαλιστεί η διά βίου συμπεριφορά και ενασχόληση με διάφορες μορφές φυσικής δραστηριότητας και άσκησης σε καθημερινή βάση.

ABSTRACT

The immediate adaptations to aerobic exercise of the cardiovascular function of overweight/obese pre-pubertal children

O.G. ANTONIADES,¹ H.T. DOUDA,¹ D.A. PAPAZOGLU,² S.P. TOKMAKIDIS¹

¹*Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, Komotini,*

²*Medical School, Democritus University of Thrace, Dragana, Alexandroupoli, Greece*

Archives of Hellenic Medicine 2014, 31(4):486–484

OBJECTIVE To investigate the immediate adaptations to aerobic exercise of the cardiovascular function of overweight/obese pre-pubertal children. **METHOD** The study group consisted of 54 healthy volunteer Cypriot children, aged 11.2±0.5 years, divided according to the IOTF criteria into normal-weight (n=21) and overweight/obese (n=33) subgroups. Measurements were made of their anthropometric characteristics [body mass index (BMI), height, skinfold thickness, and waist, abdominal and hip circumference], and blood pressure and heart rate: (a) At rest, (b) during treadmill exercise at 4 km/h, 5.6 km/h and 8 km/h of 10 min duration at each stage, and (c) at the 3rd min of recovery. In addition, during the last 10 sec of each stage, ratings of perceived exertion (RPE) were obtained using the Children's OMNI Scale (category range, 0–10). Pulse pressure, mean arterial pressure, double product, stroke volume, cardiac output, peripheral resistance and cardiac index were determined using specific equations. **RESULTS** The normal-weight children had better values of systolic blood pressure (p<0.01), mean blood pressure (p<0.01), resting pulse pressure (p<0.05), heart rate (p<0.05), double product (p<0.001) and cardiac index (p<0.01) than the overweight/obese children. In addition, the normal-weight children showed a better response in the cardiac index at rest (p<0.05) and at 8 km/h (p<0.01), and at the 3rd min of recovery (p<0.01) than the overweight/obese children. Significant correlation was demonstrated between RPE and BMI (r=0.422, p<0.001), body fat (r=0.375, p<0.01), waist circumference (r=0.344, p<0.05), abdominal circumference (r=0.376, p<0.001), systolic blood pressure (r=0.279, p<0.05), double product (r=0.301, p<0.05), cardiac index (r=-0.331, p<0.05) and exercise time on the treadmill (r=-0.487, p<0.001). **CONCLUSIONS** Overweight/obese children showed poorer cardiovascular function and higher ratings of perceived exertion than normal-weight children, due to their poor level of physical fitness.

Key words: Aerobic exercise, Blood pressure, Obesity, Schoolchildren

Βιβλιογραφία

1. LU X, SHI P, LUO CY, ZHOU YF, YU HT, GUO CY ET AL. Prevalence of hypertension in overweight and obese children from a large school-based population in Shanghai, China. *BMC Public Health* 2013, 13:24
2. SOROF JM, LAI D, TURNER J, POFFENBARGER T, PORTMAN RJ. Overweight, ethnicity, and the prevalence of hypertension in school-aged children. *Pediatrics* 2004, 113:475–482
3. FALKNER B. Children and adolescents with obesity-associated high blood pressure. *J Am Soc Hypertens* 2008, 2:267–274
4. BOUZIOTAS C, KOUTEDAKIS Y. A three-year study of coronary heart disease risk factors in Greek adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 2003, 15:9–18
5. BOUZIOTAS C, KOUTEDAKIS Y, SHINER R, PANANAKAKIS Y, FOTOPOULOU V. The prevalence of selected modifiable coronary heart disease risk factors in 12-year-old Greek boys and girls. *Pediatr Exerc Sci* 2001, 13:173–184
6. FLOURIS AD, BOUZIOTAS C, CHRISTODOULOS AD, KOUTEDAKIS Y. Longitudinal preventive-screening cutoffs for metabolic syndrome in adolescents. *Int J Obes (Lond)* 2008, 32:1506–1512
7. ANDERSEN LB. Blood pressure, physical fitness and physical activity in 17-year-old Danish adolescents. *J Intern Med* 1994, 236:323–329
8. KOKKINOS P, PITTARAS A, MANOLIS A, PANAGIOTAKOS D, NARAYAN P, MANJOROS D ET AL. Exercise capacity and 24-h blood pressure in pre-hypertensive men and women. *Am J Hypertens* 2006, 19:251–258
9. ANDERSEN LB, HASSELSTRØM H, GRØNFELDT V, HANSEN SE, KARSTEN F. The relationship between physical fitness and clustered risk, and tracking of clustered risk from adolescence to young adulthood: Eight years follow-up in the Danish Youth and Sport Study. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2004, 1:6
10. ERIKSSON JG, FORSÉN T, TUOMILEHTO J, WINTER PD, OSMOND C, BARKER DJ. Catch-up growth in childhood and death from coronary heart disease: Longitudinal study. *Br Med J* 1999, 318:427–431
11. MANFREDINI F, MALAGONI AM, MANDINI S, BOARI B, FELISATTI M, ZAMBONI P ET AL. Sport therapy for hypertension: Why, how, and how much? *Angiology* 2009, 60:207–216
12. JENNER DA, VANDONGEN R, BEILIN LJ. Relationships between blood pressure and measures of dietary energy intake, physical fitness, and physical activity in Australian children aged

- 11–12 years. *J Epidemiol Community Health* 1992, 46:108–113
13. DE SOUSA G, HUSSEIN A, TROWITZSCH E, ANDLER W, REINEHR T. Hemodynamic responses to exercise in obese children and adolescents before and after overweight reduction. *Klin Padiatr* 2009, 221:237–240
 14. RODRIGUES AN, PEREZ AJ, CARLETTI L, BISSOLI NS, ABREU GR. The association between cardiorespiratory fitness and cardiovascular risk in adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2007, 83:429–435
 15. TROST SG, KERR LM, WARD DS, PATE RR. Physical activity and determinants of physical activity in obese and non-obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001, 25:822–829
 16. MEYER AA, KUNDT G, LENSCHOW U, SCHUFF-WERNER P, KIENAST W. Improvement of early vascular changes and cardiovascular risk factors in obese children after a six-month exercise program. *J Am Coll Cardiol* 2006, 48:1865–1870
 17. WATTS K, BEYE P, SIAFARIKAS A, DAVIS EA, JONES TW, O'DRISCOLL G ET AL. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol* 2004, 43:1823–1827
 18. COLETJ, BELLIZZI MC, FLEGAL KM, DIETZ WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. *Br Med J* 2000, 320:1240–1243
 19. HENDRICKS CH, QUILLIGAN EJ. Cardiac Output in Pregnancy: Correlation between Evans blue dye and blood pressure methods. *Circ Res* 1955, 3:506–509
 20. SLAUGHTER MH, LOHMAN TG, BOILEAU RA, HORSWILL CA, STILLMAN RJ, VAN LOAN MD ET AL. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988, 60:709–723
 21. PICKERING TG, HALL JE, APPEL LJ, FALKNER BE, GRAVES J, HILL MN ET AL. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: Blood pressure measurement in humans: A statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation* 2005, 111:697–716
 22. CHRISTOFARO DG, CASONATTO J, POLITO MD, CARDOSO JR, FERNANDES R, GUARIGLIA DA ET AL. Evaluation of the Omron MX3 Plus monitor for blood pressure measurement in adolescents. *Eur J Pediatr* 2009, 168:1349–1354
 23. NATIONAL HIGH BLOOD PRESSURE EDUCATION PROGRAM WORKING GROUP ON HIGH BLOOD PRESSURE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics* 2004, 114(Suppl 2, 4th report):555–576
 24. McMURRAY RG, ONDRAK KS. Effects of being overweight on ventilatory dynamics of youth at rest and during exercise. *Eur J Appl Physiol* 2011, 111:285–292
 25. KLABUNDE RE. *Cardiovascular physiology concepts*. 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Indianapolis, 2011:93–123
 26. ROBERTSON RJ, GOSS FL, BOER NF, PEOPLES JA, FOREMAN AJ, DABAYEBEH IM ET AL. Children's OMNI scale of perceived exertion: Mixed gender and race validation. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32:452–458
 27. ROWLAND T, BHARGAVA R, PARSLow D, HEPTULLA RA. Cardiac response to progressive cycle exercise in moderately obese adolescent females. *J Adolesc Health* 2003, 32:422–427
 28. UNNITHAN VB, BAYNARD T, POTTER CR, BARKER P, HEFFERNAN KS, KELLY E ET AL. An exploratory study of cardiac function and oxygen uptake during cycle ergometry in overweight children. *Obesity (Silver Spring)* 2007, 15:2673–2682
 29. MESSERLI FH, VENTURA HO, REISIN E, DRESLINSKI GR, DUNN FG, McPHEE AA ET AL. Borderline hypertension and obesity: Two prehypertensive states with elevated cardiac output. *Circulation* 1982, 66:55–60
 30. COLLIS T, DEVEREUX RB, ROMAN MJ, DE SIMONE G, YEH J, HOWARD BV ET AL. Relations of stroke volume and cardiac output to body composition: The strong heart study. *Circulation* 2001, 103:820–825
 31. FORBES GB, WELLE SL. Lean body mass in obesity. *Int J Obes* 1983, 7:99–107
 32. HUNT BE, DAVY KP, JONES PP, DeSOUZA CA, VAN PELT RE, TANAKA H ET AL. Role of central circulatory factors in the fat-free mass-maximal aerobic capacity relation across age. *Am J Physiol* 1998, 275:H1178–H1182
 33. WILMORE J, COSTILL DL. *Φυσιολογία της άσκησης και του αθλητισμού*. Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα, 2006:226–227
 34. PASCUAL M, PASCUAL DA, SORIA F, VICENTE T, HERNÁNDEZ AM, TÉBAR FJ ET AL. Effects of isolated obesity on systolic and diastolic left ventricular function. *Heart* 2003, 89:1152–1156
 35. LICATA G, SCAGLIONE R, PATERNA S, PARRINELLO G, INDOVINA A, DICHIARA MA ET AL. Left ventricular function response to exercise in normotensive obese subjects: Influence of degree and duration of obesity. *Int J Cardiol* 1992, 37:223–230
 36. WASHINGTON RL, BRICKER JT, ALPERT BS, DANIELS SR, DECKELBAUM RJ, FISHER EA ET AL. Guidelines for exercise testing in the pediatric age group. From the Committee on Atherosclerosis and Hypertension in Children, Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association. *Circulation* 1994, 90:2166–2179
 37. AHMAD F, KAVEY RE, KVESELIS DA, GAUM WE, SMITH FC. Response of non-obese white children to treadmill exercise. *J Pediatr* 2001, 139:284–290
 38. MAFFULLI N, GRECO R, GRECO L, D'ALTERIO D. Treadmill exercise in Neopolitan children and adolescents. *Acta Paediatr* 1994, 83:106–112
 39. DEFORCHE B, DE BOURDEAUDHUIJ I, DEBODE P, VINAÏMONT F, HILLS AP, VERSTRAETE S ET AL. Changes in fat mass, fat-free mass and aerobic fitness in severely obese children and adolescents following a residential treatment programme. *Eur J Pediatr* 2003, 162:616–622
 40. MANIOS Y, YIANNAKOURIS N, PAPOUTSAKIS C, MOSCHONIS G, MAGKOS F, SKENDERI K ET AL. Behavioral and physiological indices related to BMI in a cohort of primary schoolchildren in Greece. *Am J Hum Biol* 2004, 16:639–647
 41. LOPASCHUK GD, FOLMES CD, STANLEY WC. Cardiac energy metabolism in obesity. *Circ Res* 2007, 101:335–347
 42. POIRIER P, GILESTD, BRAY GA, HONG Y, STERN JS, PI-SUNYER FX ET AL. Obesity and cardiovascular disease: Pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2006, 26:968–976
 43. STRONG WB, MALINA RM, BLIMKIE CJ, DANIELS SR, DISHMAN RK, GU-

- TIN B ET AL. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005, 146:732–737
44. ATLANTIS E, BARNES EH, SINGH MA. Efficacy of exercise for treating overweight in children and adolescents: A systematic review. *Int J Obes (Lond)* 2006, 30:1027–1040
45. HASSINK SG, ZAPALLA F, FALINI L, DATTO G. Exercise and the obese child. *Progress in Pediatric Cardiology* 2008, 25:153–157
46. SOTHERN MS. Exercise as a modality in the treatment of child-

hood obesity. *Pediatr Clin North Am* 2001, 48:995–1015

Corresponding author:

H.T. Douda, Department of Physical Education and Sports Science, Democritus University of Thrace, University Campus (TEFAA), GR-691 00 Komotini, Greece
e-mail: edouda@phyed.duth.gr

