

Σχέση στοιχείων του μεταβολικού συνδρόμου, της φυσικής δραστηριότητας και της καρδιοαναπνευστικής αντοχής στην παιδική ηλικία

Α.Δ. Χριστόδουλος¹

Ε. Γκίκα²

Ε. Δούδα¹

Α. Βελισσαρίδου²

Σ.Π. Τοκμακίδης¹

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετήσει τη σχέση των στοιχείων του μεταβολικού συνδρόμου με τη φυσική δραστηριότητα και την καρδιοαναπνευστική αντοχή σε παιδιά. Ένα δείγμα 112 μαθητών ηλικίας 11 ετών υποβλήθηκε σε ανθρωπομετρικές μετρήσεις, σε εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας και της καρδιοαναπνευστικής αντοχής, καθώς και σε εργαστηριακό έλεγχο. Η εκτίμηση του μεταβολικού κινδύνου έγινε με τον υπολογισμό ενός ποσοτικού δείκτη, μετά από μετατροπή των τιμών της γλυκόζης, της HDL χοληστερόλης, των τριγλυκεριδίων, της περιμέτρου μέσης και της αρτηριακής πίεσης σε μονάδες τυπικής απόκλισης z. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν το t-test για ανεξάρτητα δείγματα, ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson και η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης. Τόσο η φυσική δραστηριότητα όσο και η καρδιοαναπνευστική αντοχή παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με το σκορ μεταβολικού κινδύνου ($r=-0,278$, $p<0,006$ και $r=-0,391$, $p<0,0005$, αντίστοιχα). Ωστόσο, από την ανάλυση παλινδρόμησης διαπιστώθηκε ότι η αντίστροφη συσχέτιση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής με το σκορ μεταβολικού κινδύνου στα παιδιά οφειλόταν στην υψηλή αρνητική της σχέση με την κοιλιακή παχυσαρκία, ενώ η σχέση της φυσικής δραστηριότητας και του μεταβολικού συνδρόμου ήταν ανεξάρτητη από την επίδραση άλλων παραγόντων. Τα αποτελέσματα της έρευνας ενισχύουν την υπόθεση ότι τα αυξημένα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας δρουν προστατευτικά ενάντια στους παράγοντες του μεταβολικού συνδρόμου ήδη από την παιδική ηλικία. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν την ανάγκη εφαρμογής προγραμμάτων παρέμβασης με στόχο την προαγωγή υγιεινών συμπεριφορών στην παιδική ηλικία.

Μεταβολικό σύνδρομο (ΜΣ) είναι η συνύπαρξη πολλαπλών αλληλοσυσχετιζόμενων κλινικών και μεταβολικών διαταραχών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η δυσλιπιδαιμία (υψηλά επίπεδα τριγλυκεριδίων και μειωμένη HDL χοληστερόλη), η αρτηριακή υπέρταση, η διαταραγμένη ανοχή στη γλυκόζη και η κεντρικού τύπου παχυσαρκία¹. Είναι πλέον αποδεκτό ότι το σύμπλεγμα αυτών των παραγόντων αποτελεί μια απειλητική κατάσταση για την υγεία, καθώς συνεπάγεται αυξημένο κίνδυνο αθηροσκλήρυνσης και εμφάνισης σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2². Καθένας από τους παραπάνω παράγοντες έχει μια ανεξάρτητη επίδραση, η συνύπαρξή τους όμως αυξάνει ακόμα περισσότερο τον κίνδυνο εκδήλωσης αθηρωμα-

¹Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Κομοτηνή

²Εργαστήριο Βιοχημείας, Γενικό Νοσοκομείο Νίκαιας, Πειραιάς

τικής νόσου³.

Σημαντικό ρόλο στην παθογένεια του ΜΣ διαδραματίζει η παχυσαρκία⁴, η οποία τις τελευταίες δεκαετίες έχει εξελιχτεί σε παγκόσμια επιδημία, τόσο στους ενήλικες, όσο και στα παιδιά και τους εφήβους⁵⁻⁷. Το υπερβολικό σωματικό λίπος στα παιδιά, όπως και στους ενήλικες, έχει συσχετιστεί με μια σειρά μεταβολικών επιπλοκών, μεταξύ των οποίων και οι παράγοντες του ΜΣ⁸. Από την άλλη μεριά, μελέτες σε ενήλικες έχουν δείξει ότι το σύμπλεγμα των παραγόντων του ΜΣ συσχετίζεται αρνητικά με τη φυσική δραστηριότητα (ΦΔ) και την καρδιοαναπνευστική αντοχή^{9,10}. Πρόσφατα δεδομένα από τη European Youth Heart Study επιβεβαίωσαν την αντιθέτως ανάλογη σχέση της ινσουλινοαντίστασης και των παραγόντων του μεταβολικού συνδρόμου με τη φυσική δραστηριότητα σε παιδιά^{11,12}.

Τα δεδομένα από τον ελληνικό χώρο δείχνουν ότι η παιδική παχυσαρκία στη χώρα μας ακολουθεί την ίδια αυξητική τάση που παρατηρείται διεθνώς, με αποτέλεσμα να είναι σήμερα από τις υψηλότερες στην Ευρώπη^{7,13-16}. Η σημαντική αύξηση της παιδικής παχυσαρκίας, σε συνδυασμό με τις παρατηρούμενες δυσμενείς μεταβολές στις τιμές των λιπιδίων του αίματος¹⁵, υποδηλώνουν μια ανησυχητική επιδείνωση του προφίλ καρδιαγγειακού κινδύνου των Ελληνοπαίδων. Επιπλέον, σε μια διαχρονική μελέτη στην Πιερία¹⁷, διαπιστώθηκε ότι η ύπαρξη τεκμηριωμένων παραγόντων καρδιαγγειακού κινδύνου σε εφήβους σχετίστηκε κυρίως με μειωμένη φυσική δραστηριότητα, ανεξάρτητα από το σωματικό λίπος, την καρδιοαναπνευστική αντοχή ή άλλους παράγοντες. Ωστόσο, όσο είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε, στην Ελλάδα δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που να εξετάζουν τη σχέση των παραγόντων του ΜΣ με τη φυσική δραστηριότητα και την καρδιοαναπνευστική αντοχή στην παιδική ηλικία. Η παρούσα μελέτη επιχειρεί να καλύψει το κενό στον χώρο αυτό, με τη διερεύνηση της πιθανής σχέσης μεταξύ των παραγόντων που συνθέτουν το ΜΣ και του επιπέδου φυσικής δραστηριότητας και φυσικής κατάστασης των παιδιών. Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει τη σχέση των παραγόντων του ΜΣ με τη φυσική δραστηριότητα και την καρδιοαναπνευστική αντοχή παιδιών ηλικίας 11 ετών.

Μεθοδολογία

Δοκιμαζόμενοι. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Βορειοανατολικής Αττικής κατά το σχολικό έτος 2005-2006 με την έγκριση του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και αποτελεί μέρος ευρύτερης έρευνας με σκοπό τη διερεύνηση της σχέσης της παχυσαρκίας με τους δείκτες υγείας και τον τρόπο ζωής των μαθητών. Για τους σκοπούς της έρευνας επιλέχθηκαν με τη μέθοδο των τυχαίων αριθμών 15 δημοτικά σχολεία της περιοχής, στα οποία φοιτούσαν 393 μαθητές της ΣΤ' τάξης. Για τη συμμετοχή των παιδιών ζητήθηκε έγγραφη άδεια των γονέων, κατόπιν λεπτομερούς ενημέρωσής τους μέσω επιστολής. Με τη σύμφωνη γνώμη των γονέων τους στη μελέτη συμμετείχαν τελικά 112 μαθητές (54 κορίτσια, 58 αγόρια), οι οποίοι ήταν υγιείς, δεν λάμβαναν κάποια φαρμακευτική αγωγή την περίοδο των μετρήσεων και δεν έπασχαν από κάποιο χρόνιο νόσημα. Η πλειοψηφία τους είχε ως μητρική γλώσσα την Ελληνική (90,2%) και προέρχονταν κυρίως από οικογένειες μεσαίου (40,2%) και υψηλού (57,1%) μορφωτικού επιπέδου. Οι μαθητές αξιολογήθηκαν στους ανθρωπομετρικούς δείκτες, στη φυσική δραστηριότητα και την καρδιοαναπνευστική αντοχή, ενώ υποβλήθηκαν και σε εργαστηριακό έλεγχο, σύμφωνα με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι για την ηθική μεταχείριση ατόμων που συμμετέχουν σε ερευνητικές μελέτες. Δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ηλικία, τον Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) ή την κατανομή ως προς το φύλο μεταξύ του δείγματος και του συνόλου των μαθητών που φοιτούσαν στα επιλεγέντα σχολεία.

Ανθρωπομετρικές μετρήσεις. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τις πρώτες ώρες του ημερήσιου προγράμματος και στη διάρκεια του μαθήματος Φυσικής Αγωγής. Οι μαθητές υποβλήθηκαν σε ανθρωπομετρικές μετρήσεις, σύμφωνα με τις οδηγίες της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας, ντυμένοι ελαφριά και χωρίς υποδήματα¹⁸. Το βάρος μετρήθηκε με ψηφιακή ζυγαριά ακριβείας (Seca Beam Balance 710) με προσέγγιση ± 100 gr. Το ύψος μετρήθηκε με αναστημόμετρο Seca Stadiometer 208, με προσέγγιση $\pm 0,5$ cm. Από τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκε ο ΔΜΣ (kg/m^2). Για την εκτίμηση της κεντρικής παχυσαρκίας μετρήθηκε η περιμέτρος της μέσης, στο μέσο του διαστήματος μεταξύ του πλευρικού τόξου και της λαγόνιας ακρολοφίας, στο ύψος του ομφαλού και με τη χρυσή

ση πλαστικής εύκαμπτης ταινίας. Η μέτρηση καταγραφόταν στο τέλος μιας κανονικής εκπνοής με ακρίβεια 0,1 cm.

Φυσική δραστηριότητα. Για την αξιολόγηση της ΦΔ χρησιμοποιήθηκε το Ερωτηματολόγιο Φυσικής Δραστηριότητας και Τρόπου Ζωής (ΕΦΔΤΖ), το οποίο αποτελεί ένα αξιόπιστο και έγκυρο εργαλείο για την αξιολόγηση της ΦΔ μαθητών, που ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες πολιτισμικές συνθήκες της χώρας μας¹⁹. Τα παιδιά κλήθηκαν να καταγράψουν όλες τις ΦΔ (οργανωμένες αθλητικές δραστηριότητες, δραστηριότητες του ελεύθερου χρόνου), στις οποίες συμμετείχαν στη διάρκεια της προηγούμενης εβδομάδας. Για όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές έπρεπε να δώσουν αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την ένταση, τη συχνότητα και τη διάρκεια συμμετοχής τους σε αυτές. Ο εβδομαδιαίος χρόνος που αφιερώθηκε σε δραστηριότητες όπως το περπάτημα, η ρυθμική γυμναστική, ο χορός, η καλαθοσφαίριση, το ποδόσφαιρο, ο στίβος, η κολύμβηση, το τρέξιμο, το σχοινάκι και η συμμετοχή σε ενεργητικό παιχνίδι αποτέλεσε τον συνολικό χρόνο συμμετοχής σε ΦΔ (ώρες/εβδομάδα).

Καρδιοαναπνευστική αντοχή. Για την αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία του παλίνδρομου τρεξίματος²⁰, κατά την οποία οι μαθητές κινούνται μεταξύ δύο γραμμών που απέχουν μεταξύ τους 20 μ., ακολουθώντας έναν καθορισμένο και προοδευτικά αυξανόμενο ρυθμό που δίνεται με ηχητικό σήμα. Το τεστ ξεκινά με ρυθμό βάρδισης και σταδιακά καταλήγει σε γρήγορο τρέξιμο. Με βάση το στάδιο στο οποίο κάποιος μαθητής εγκαταλείπει την προσπάθεια εκτιμάται η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_2\text{max}$) σε ml/kg/min, με τη βοήθεια πινάκων. Το συγκεκριμένο τεστ αποτελεί μια έγκυρη και αξιόπιστη μη επεμβατική μέθοδο για την εκτίμηση της $\dot{V}O_2\text{max}$ σε παιδιά²¹.

Εργαστηριακός έλεγχος. Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης και οι αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε πιστοποιημένο εργαστήριο από ειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Οι μαθητές προσήλθαν με τους γονείς τους στο εργαστήριο μεταξύ 7:30 και 9:30 π.μ., μετά από 12ωρη νηστεία. Η αρτηριακή πίεση μετρήθηκε πριν την αιμοληψία, με τον κάθε εξεταζόμενο σε καθιστή θέση και μετά από ανάπαυση 5-10 λεπτών, με υδραγυρικό σφυγμομανόμετρο, κατάλληλο σε μέγεθος περιχειρίδους, καλύπτοντας 50-

75% της περιμέτρου του αριστερού βραχίονα. Ο πρώτος και τέταρτος τόνος Korotkoff μετρήθηκαν δύο φορές, με μεσοδιαστήματα 1-2 λεπτών και ο μέσος όρος των μετρήσεων αποτέλεσε αντίστοιχα τη συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση²².

Για τον προσδιορισμό των βιοχημικών παραμέτρων λήφθηκαν 5-10 ml αίματος από τη μεσοβασίλικη φλέβα του χεριού κάθε παιδιού. Τα δείγματα αφέθηκαν να πήξουν και στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν σε 4.000 rpm επί 15 λεπτά για την παρασκευή ορού, ο οποίος διαχωρίστηκε σε πλαστικά σωληνάκια και καταψύχθηκε στους -70° C μέχρι να χρησιμοποιηθεί για τις αναλύσεις.

Όλοι οι βιοχημικοί προσδιορισμοί έγιναν με αναλυτές και αντιδραστήρια της εταιρείας Dade Behring (Marburg, Germany). Ο προσδιορισμός της γλυκόζης και των τριγλυκεριδίων έγινε με ενζυμικές φωτομετρικές μεθόδους σε φασματοφωτόμετρο Dimension RXL, Dupont. Η HDL χοληστερόλη (HDL-C) εκτιμήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο καθίζησης.

Σκορ μεταβολικού κινδύνου. Ο ορισμός του ΜΣ και των διαγνωστικών του κριτηρίων παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις μεταξύ μελετών^{1,23,24}, ενώ δεν υπάρχει ξεχωριστός ορισμός για τα παιδιά. Επειδή ο βασικός σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνηθεί αν η συνύπαρξη των παραγόντων ΜΣ σχετίζεται με τη ΦΔ και την καρδιοαναπνευστική αντοχή, δημιουργήσαμε ένα ποσοτικό σκορ ΜΣ, με βάση τις τιμές της γλυκόζης, της HDL-C, των τριγλυκεριδίων, της περιμέτρου της μέσης και της αρτηριακής πίεσης^{10,12}. Για κάθε μια από τις παραπάνω μεταβλητές οι τιμές κάθε παιδιού μετατράπηκαν σε μονάδες τυπικής απόκλισης (τιμές z). Καθώς η σχέση της HDL-C με το ΜΣ είναι αντίστροφη, οι z-τιμές της πολλαπλασιάστηκαν με το (-1), ώστε υψηλότερες τιμές να δηλώνουν υψηλότερο μεταβολικό κίνδυνο. Για τη συστολική και διαστολική πίεση υπολογίστηκε ο μέσος όρος των z τιμών τους. Το άθροισμα όλων των z-τιμών διά του αριθμού των παραγόντων αποτέλεσε το σκορ μεταβολικού κινδύνου κάθε μαθητή σε μονάδες τυπικής απόκλισης. Υπολογίστηκε επίσης ένα z-σκορ μεταβολικού κινδύνου χωρίς το κριτήριο της κεντρικής παχυσαρκίας.

Στατιστική ανάλυση

Για όλες τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 13.0. Οι

συνεχείς μεταβλητές παρουσιάζονται ως μέσες τιμές \pm τυπική απόκλιση. Οι κατηγορικές μεταβλητές περιγράφονται ως απόλυτες και σχετικές συχνότητες. Για να εξεταστούν τυχόν διαφορές στις εξεταζόμενες παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε το t-test για ανεξάρτητα δείγματα. Αρχικά υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson, προκειμένου να διερευνηθεί η σχέση των παραγόντων του ΜΣ με τη ΦΔ και τη $\dot{V}O_{2max}$. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν αναλύσεις πολλαπλής παλινδρόμησης (Multiple regression analysis), για να εξεταστεί η ανεξάρτητη επίδραση της ΦΔ και της $\dot{V}O_{2max}$ στο σκορ μεταβολικού κινδύνου. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p<0,05$.

Αποτελέσματα

Τα χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου στις παραμέτρους που εξετάστηκαν. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους παράγοντες του ΜΣ, τη ΦΔ και τη $\dot{V}O_{2max}$. Η ΦΔ παρουσίασε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τα επίπεδα τριγλυκεριδίων ($r=-0,243$, $p<0,015$) και τις τιμές της συστολικής ($r=-0,216$, $p<0,024$) και διαστολικής πίεσης ($r=-0,228$, $p<0,017$) του αίματος. Η σχέση μεταξύ ΦΔ και περιφέρειας μέσης έδειξε οριακή στατιστική σημαντικότητα ($r=-$

Πίνακας 1. Δημογραφικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά του δείγματος (MT \pm TA)

N (%)	Κορίτσια 54 (48,2)	Αγόρια 58 (51,8)	Σύνολο 112
Ηλικία (έτη)	11,28 \pm 0,29	11,41 \pm 0,39	11,35 \pm 0,35
Ύψος (m)	1,51 \pm 0,063	1,51 \pm ,064	1,51 \pm 0,06
Βάρος (kg)	44,98 \pm 10,47	47,05 \pm 11,04	46,05 \pm 10,77
ΔΜΣ (kg x m ⁻²)	19,65 \pm 3,86	20,54 \pm 3,85	20,11 \pm 3,87
Περιφέρεια μέσης (cm)	68,83 \pm 9,46	71,97 \pm 10,85	70,47 \pm 10,47
Γλυκόζη πλάσματος (mg/dL)	93,58 \pm 9,71	95,36 \pm 9,62	94,51 \pm 9,66
HDL-C (mg/dL)	63,54 \pm 11,99	63,68 \pm 11,96	63,62 \pm 11,91
TG (mg/dL)	73,74 \pm 42,69	70,15 \pm 36,41	71,88 \pm 39,39
Συστολική πίεση (mm Hg)	100,67 \pm 7,79	102,68 \pm 7,80	101,71 \pm 7,83
Διαστολική πίεση (mm Hg)	75,96 \pm 5,60	76,16 \pm 5,22	76,06 \pm 5,38
Z-σκορ μεταβολικού κινδύνου	-0,09 \pm 0,62	0,04 \pm 0,50	-0,02 \pm 0,56
Z-σκορ μεταβολικού κινδύνου εξαιρουμένης της παχυσαρκίας	-0,08 \pm 0,63	0,008 \pm 0,46	-0,03 \pm 0,55
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min)	29,86 \pm 5,26	31,26 \pm 5,92	30,58 \pm 5,62
ΦΔ (min/day)	70,37 \pm 54,56	71,85 \pm 45,71	71,13 \pm 49,95

ΔΜΣ = Δείκτης Μάζας Σώματος, HDL-C = λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας, TG = τριγλυκερίδια, $\dot{V}O_{2max}$ = προβλεπόμενη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ΦΔ = φυσική δραστηριότητα.

Πίνακας 2. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των παραγόντων μεταβολικού συνδρόμου, της φυσικής δραστηριότητας και της $\dot{V}O_{2max}$.

	Γλυκόζη	TG	HDL-C πίεση	Συστολική πίεση	Διαστολική	ΦΔ	$\dot{V}O_{2max}$	Z-σκορ
Περιφέρεια μέσης	.276 ³	.339 ⁴	-.263 ²	.112	.146	-.163	-.482 ⁴	.734 ⁴
Γλυκόζη		.245 ¹	.053	.068	.177	-.132	-.212 ¹	.539 ⁴
TG			-.261 ²	-.006	-.036	-.243 ¹	-.128	.644 ⁴
HDL-C				-.162	.018	.072	.211 ¹	-.567 ⁴
Συστολική πίεση					.519 ³	-.216 ¹	.047	.380 ⁴
Διαστολική πίεση						-.228 ¹	-.012	.381 ⁴
ΦΔ							.294 ⁴	-.278 ²
$\dot{V}O_{2max}$								-.391 ⁴

Οι συντομογραφίες όπως στον πίνακα 1. ¹ $p<0,05$, ² $p<0,01$, ³ $p<0,005$, ⁴ $p<0,001$.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα ανάλυσης παλινδρόμησης.

Μεταβλητές	Z-σکور μεταβολικού κινδύνου, συμπεριλαμβανομένης της παχυσαρκίας	Z-σکور μεταβολικού κινδύνου, εξαιρουμένης της παχυσαρκίας
	Μοντέλο 1 β (SE)	Μοντέλο 2 β (SE)
Ηλικία	0,15 (0,14)	0,14 (0,07)
Φύλο	0,13 (0,11)	0,008 (0,10)
ΦΔ	-0,20 (0,001) ¹	-0,26 (0,001) ²
VO ₂ max	-0,37 (0,01) ³	-0,05 (0,1)
Περιφέρεια μέσης	–	0,43 (0,005) ³
R ₂	0,235 ³	0,314 ³

SE=τυπικό σφάλμα. Οι υπόλοιπες συντομογραφίες όπως στον πίνακα 1. ¹ p<0,05, ² p<0,005, ³ p<0,001.

0,163, p<0,064). Επιπλέον, η VO₂max συσχετίστηκε αρνητικά με την περιφέρεια μέσης (r=-0,482, p<0,0005) και τα επίπεδα γλυκόζης στο πλάσμα (r=-0,212, p<0,027). Στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση βρέθηκε ανάμεσα στη VO₂max και την HDL-C (r=0,211, p<0,037). Τέλος, τόσο η ΦΔ, όσο και η VO₂max παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με το σκωρ μεταβολικού κινδύνου (r=-0,278, p<0,005 και r=-0,391, p<0,0005, αντίστοιχα).

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων πολλαπλής παλινδρόμησης και αφού λήφθηκαν υπόψη η ηλικία και το φύλο, φάνηκε ότι η ΦΔ και η VO₂max συνέβαλαν σημαντικά και ανεξάρτητα η κάθε μια από την άλλη στην πρόβλεψη του σκωρ μεταβολικού κινδύνου (Πίν. 3, μοντέλο 1). Ωστόσο, όταν η περιφέρεια μέσης εξαιρέθηκε από το συνολικό σκωρ μεταβολικού κινδύνου και προστέθηκε στο μοντέλο πρόβλεψης, ο συντελεστής β της VO₂max μειώθηκε σημαντικά (από -0,37 σε -0,05, p=0,618), με αποτέλεσμα να μη συμβάλλει πλέον στην πρόβλεψη του σκωρ μεταβολικού κινδύνου (Πίν. 3, μοντέλο 2). Αντίθετα, η ΦΔ και η περιφέρεια μέσης εξακολούθησαν να συμβάλουν σημαντικά στην πρόβλεψη του σκωρ μεταβολικού κινδύνου.

Συζήτηση

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η σχέση της ΦΔ και της VO₂max με το ΜΣ σε ένα δείγμα 11άχρονων μαθητών από τη Βορειοανατολική Αττική. Η εκτίμηση του μεταβολικού κινδύνου έγινε σε μονάδες τυπικής απόκλισης z με τον υπολογισμό ενός ποσοτικού δείκτη, καθώς ένας τέτοιος δείκτης παρουσιάζει μεγαλύτερη στατιστική ευαισθησία, σε σύγκριση με μια προσέγγιση

που θα στηριζόταν στη χρήση διαχωριστικών τιμών (cut-off points) για κάθε παράγοντα του ΜΣ²⁵.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες σε ενήλικες και παιδιά, σύμφωνα με τις οποίες η ΦΔ παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με το σκωρ μεταβολικού κινδύνου, ανεξάρτητα από την επίδραση άλλων συγγενικών παραγόντων. Πράγματι, σε μια προοπτική μελέτη σε άνδρες 42-60 ετών στη Φινλανδία, οι Laaksonen et al.⁹ αναφέρουν ότι ο κίνδυνος εμφάνισης ΜΣ ήταν κατά 48% μικρότερος για τα άτομα που συμμετείχαν σε ΦΔ για >3 ώρες την εβδομάδα. Εξίσου σημαντική ήταν και η μείωση του μεταβολικού κινδύνου για τους άντρες με υψηλή VO₂max, ωστόσο φαίνεται ότι η σχέση της VO₂max και του ΜΣ επηρεαζόταν από την κεντρική παχυσαρκία, καθώς και από άλλους συγγενικούς παράγοντες. Παρόμοιες συσχετίσεις μεταξύ ΦΔ και μεταβολικού κινδύνου βρέθηκαν και στην προοπτική μελέτη των Franks et al.¹⁰ στην Αγγλία, η οποία διερεύνησε την παθογένεια του σακχαρώδους διαβήτη τύπου II και των μεταβολικών διαταραχών που σχετίζονται με αυτόν. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η ευεργετική επίδραση της ΦΔ στον κίνδυνο ΜΣ ήταν μεγαλύτερη σε άτομα με χαμηλή VO₂max. Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμπληρώνουν τα λιγοστά ερευνητικά δεδομένα που υπάρχουν σε παιδιά^{11,12}, ενισχύοντας την υπόθεση ότι τα αυξημένα επίπεδα ΦΔ δρουν ενάντια στους παράγοντες του ΜΣ ήδη από την παιδική ηλικία.

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι, σε αντίθεση με τη ΦΔ, η αντίστροφη συσχέτιση της VO₂max με το σκωρ μεταβολικού κινδύνου στα παιδιά οφείλεται κυρίως στην υψηλή αρνητική της σχέ-

ση με την κοιλιακή παχυσαρκία, η οποία αποτελεί ένα από τα γενεσιουργά αίτια του ΜΣ²⁶. Ωστόσο, θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι στη διαχρονική μελέτη The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study²⁷ διαπιστώθηκε πως η πτώση της $\dot{V}O_{2max}$ κατά την εφηβεία και την πρώιμη ενηλικίωση σχετίστηκε με την εκδήλωση ΜΣ στην ηλικία των 36 ετών, ανεξάρτητα από τη ΦΔ και τα ποσοστά σωματικού λίπους. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η συσχέτιση αυτή οφείλεται σε μηχανισμούς που δεν είναι πλήρως κατανοητοί και μπορεί να περιλαμβάνουν την αντίσταση στην ινσουλίνη, την πρόκληση φλεγμονής, τη θρομβογένεση, τη σκληρότητα των αρτηριών ή κάποιο κοινό γενετικό υπόβαθρο που προδιαθέτει σε χαμηλή $\dot{V}O_{2max}$ και στην εκδήλωση ΜΣ.

Η διαφορετική σχέση της ΦΔ και της $\dot{V}O_{2max}$ με το σκορ μεταβολικού κινδύνου ερμηνεύεται προφανώς από το γεγονός ότι, ενώ η ΦΔ αποτελεί συμπεριφορά που συνδέεται με τον τρόπο ζωής, η $\dot{V}O_{2max}$ αναφέρεται σε ένα χαρακτηριστικό που επηρεάζεται τόσο από τροποποιήσιμους παράγοντες, όπως η ποσότητα, η ένταση και ο τύπος της φυσικής δραστηριότητας²⁸, όσο και από μη τροποποιήσιμους παράγοντες, όπως το ισχυρό γενετικό υπόβαθρο²⁹. Από την άλλη μεριά, η ΦΔ συντελεί στην εμφάνιση μιας σειράς προσαρμογών που εκτείνονται πέρα από τη βελτίωση της $\dot{V}O_{2max}$ ή τη μείωση της κοιλιακής παχυσαρκίας και συντελούν από κοινού στη μείωση του μεταβολικού κινδύνου. Αναλυτικότερα, μελέτες έχουν δείξει ότι η συστηματική ΦΔ και ιδίως η αερόβια άσκηση προάγει τη μεταφορά της γλυκόζης, λόγω αύξησης ευαισθησίας της ινσουλίνης και των μεταφορέων της³⁰. Ακόμη, προκαλούνται προσαρμογές που συνδέονται με τον καταβολισμό των λιπαρών οξέων, όπως η αύξηση της δραστηριότητας των οξειδωτικών ενζύμων³¹ και η αυξημένη κινητοποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων από τα λιποκύτταρα κατά την υπομέγιστη και παρατεταμένη μυϊκή προσπάθεια³². Οι μεταβολές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την αυξημένη διαθεσιμότητα των λιπαρών οξέων στα μυϊκά κύτταρα κατά την άσκηση και την αύξηση της HDL-C στο πλάσμα^{33,34}. Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι ο συνδυασμός ΦΔ και μείωσης της θερμιδικής πρόσληψης σε παχύσαρκους εφήβους είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της αρτηριακής πίεσης³⁵. Παρόλο που οι μηχανισμοί με τους οποίους η ΦΔ μειώνει την αρτηριακή πίεση δεν έχουν διευκρινιστεί πλήρως, ως πιθανοί μηχανισμοί αναφέρονται η ρύθμιση του σωματικού βάρους³⁶, η μείωση του όγκου του εξωκυττάριου υγρού, η μειωμένη συμπαθητική δραστηριότητα του νευρικού συστήματος, καθώς και η ομαλοποίηση του συστήματος ρενίνης - αγγειοτενσίνης - αλδοστερόνης³⁷.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αποκτούν ιδιαίτερη σημασία αν ληφθούν υπόψη έρευνες από τον ελληνικό χώρο, σύμφωνα με τις οποίες στα Ελληνόπουλα η μειωμένη ΦΔ και η χαμηλή $\dot{V}O_{2max}$ αποτελούν τις βασικές αιτίες αύξησης του σωματικού λίπους μακροπρόθεσμα, ανεξάρτητα από τη διατροφή ή άλλους παράγοντες³⁸. Δεδομένου επίσης ότι τα μειωμένα επίπεδα ΦΔ σε συνδυασμό με τη χαμηλή $\dot{V}O_{2max}$ και τα υψηλά ποσοστά σωματικού λίπους αποτελούν παράγοντες κινδύνου για μελλοντική εκδήλωση μεταβολικών και καρδιαγγειακών ασθενειών³⁹, τα ευρήματά της μελέτης σηματοδοτούν την ανάγκη εφαρμογής προγραμμάτων παρέμβασης που θα προάγουν τη συμμετοχή των παιδιών σε ΦΔ και την υιοθέτηση υγιεινών συμπεριφορών. Καθώς μάλιστα οι συμπεριφορές που σχετίζονται με έναν φυσικά δραστήριο τρόπο ζωής υιοθετούνται από την παιδική ηλικία και παραμένουν και κατά την ενηλικίωση⁴⁰, η προαγωγή της ΦΔ αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία, αφού συνδέεται με τη μελλοντική υγεία των σημερινών παιδιών. Το σχολείο, με τα προγράμματα Αγωγής Υγείας που προβλέπει, αποτελεί ιδανικό περιβάλλον για την εφαρμογή τέτοιων παρεμβάσεων, καθώς μαθητές που συμμετείχαν σε ανάλογα προγράμματα αύξησαν τον χρόνο συμμετοχής τους σε ΦΔ εκτός σχολείου⁴¹, βελτίωσαν τη $\dot{V}O_{2max}$, τη σύσταση του σώματος και τα λιπιδαιμικά τους χαρακτηριστικά⁴², ενώ παράλληλα πλούτισαν τις γνώσεις τους σε βασικά ζητήματα υγείας και άσκησης⁴³.

Παρόλο που το δείγμα της έρευνας δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό, λαμβάνοντας υπόψη και τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών, διαπιστώθηκε ότι η συνύπαρξη των παραγόντων του ΜΣ παρουσιάζει σημαντική αντίστροφη συσχέτιση με τη ΦΔ ήδη από την παιδική ηλικία. Τα ευρήματα της έρευνας επισημαίνουν την ανάγκη εφαρμογής προγραμμάτων παρέμβασης στα παιδιά, με στόχο την αύξηση της συμμετοχής τους σε ΦΔ, ώστε παράλληλα με τη βελτίωση της σύστασης του σώματος και της $\dot{V}O_{2max}$ να επιτυγχάνονται και οι εξίσου σημαντικές μεταβολικές προσαρμογές των οργανικών συστημάτων. Με τις κα-

τάλληλες παρεμβάσεις μέσα από το σχολείο, καθώς και την κινητοποίηση όλων των εμπλεκόμενων κοινωνικών δομών και φορέων (οικογένειας, τοπικής κοινωνίας, ιατρικού σώματος), είναι δυνατόν να προληφθεί η εμφάνιση του ΜΣ και των επιπλοκών του, με ευεργετικές συνέπειες στη μελλοντική υγεία των Ελληνοπαίδων.

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς αισθάνονται την ανάγκη να ευχαριστήσουν όλους αυτούς που συνέβαλαν στη διεξαγωγή της έρευνας και ειδικότερα:

- Τους μαθητές και τις μαθήτριες που συμμετείχαν στην έρευνα καθώς και τους γονείς τους.
- Τους διευθυντές, τους εκπαιδευτικούς Φυσικής Αγωγής και τους δασκάλους των δημοτικών σχολείων: 1^ο & 2^ο Αγίου Στεφάνου, Άνοιξης, Αφιδνών, Βαρνάβα, Δροσιάς, Καπανδριτίου, 1^ο & 2^ο Κρουονερίου, Πολυδενδρίου, Σκάλας Ωρωπού, 1^ο & 2^ο Διονύσου, Ροδόπολης, Σταμάτας.
- Τη διεθνήτρια του διαγνωστικού εργαστηρίου «Ιατροδυναμική», ιατρό-βιοπαθολόγο κα Δεδούλη Ε., για την πολύτιμη βοήθειά της στη διαδικασία της αιμοληψίας.

Abstract

Christodoulos AD, Gika H, Douda H, Velissaridou A, Tokmakidis SP. Association between features of the metabolic syndrome, physical activity and cardiorespiratory fitness in childhood. *Hellen Diabetol Chron* 2007; 3: 215-223

The purpose of this study was to examine the relationship between features of the metabolic syndrome, physical activity and fitness in children. A total of 112 Greek children aged 11.35 ± 0.35 yrs were examined. The main variables of interest were waist circumference, blood pressure, glucose, triglycerides, and HDL cholesterol in fasting blood samples. The outcome variables were expressed as Z scores. A metabolic syndrome risk score was computed as the mean of these Z scores. Pearson correlation and multiple linear regression were used to test the association between physical activity, cardiorespiratory fitness and metabolic risk, adjusted primarily for age and sex. Both physical activity and cardiorespiratory fitness were inversely related to the metabolic risk ($r = -0.278$, $p < 0.006$ and $r = -0.391$, $p < 0.0005$, respectively). While the relationship between fitness and the metabolic risk did not survive further adjustment for central adiposity, the

relationship between physical activity and the metabolic risk was independent of potential confounders. In conclusion, the present study provides compelling evidence that enhanced physical activity levels have a favourable effect on the clustering of metabolic risk factors in Greek children. Our data emphasise the importance of providing physical activity in children for the maintenance of metabolic control.

Βιβλιογραφία

1. Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). Final report. *Circulation* 2002; 106 (25): 3143-421.
2. Wilson PWF, Dagostino RB, Parise H, Meigs JB. The metabolic syndrome as a precursor of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus. *Diabetes* 2002; 51 (Suppl 2): A242.
3. Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, et al. Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2001; 24: 683-9.
4. Srinivasan SR, Myers L, Berenson GS. Predictability of childhood adiposity and insulin for developing insulin resistance syndrome (syndrome X) in young adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Diabetes* 2002; 51: 204-9.
5. World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO consultation. Geneva: World Health Organ Tech Rep Ser 2000; 894: 1-253.
6. Lobstein T, Baur L, Uauy R, IASO International Obesity Task Force. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Revue* 2004; 5 (Suppl 1): S4-104.
7. Wang Y, Lobstein T. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *Int J Pediatr Obes* 2006; 1: 11-25.
8. Weiss R, Dziura J, Burgert TS, et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Engl J Med* 2004; 350: 2362-74.
9. Laaksonen DE, Lakka HM, Salonen JT, Niskanen LK, Rauramaa R, Lakka TA. Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2002; 25: 1612-8.
10. Franks PW, Ekelund U, Brage S, Wong MY, Wareham NJ. Does the association of habitual physical activity with the metabolic syndrome differ by level of cardiorespiratory fitness? *Diabetes Care* 2004; 27: 1187-93.
11. Brage S, Wedderkopp N, Ekelund U, et al. Objectively measured physical activity correlates with indices of insulin resistance in Danish children: the European Youth Heart Study (EYHS). *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; 28 (11): 1503-8.
12. Brage S, Wedderkopp N, Ekelund U, et al. Features of the metabolic syndrome are associated with objectively

- measured physical activity and fitness in Danish Children: the European Youth Heart Study (EYHS). *Diabetes Care* 2004; 27: 2141-8.
13. *Lissau I, Overpeck MD, Ruan WJ, et al.* Body mass index and overweight in adolescents in 13 European countries, Israel, and the United States. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2004; 158: 27-33.
14. *Manios Y, Yiannakouris N, Papoutsakis C, et al.* Behavioral and physiological indices related to BMI in a cohort of primary schoolchildren in Greece. *Am J Hum Biol* 2004; 16 (6): 639-47.
15. *Magkos F, Manios Y, Christakis G, Kafatos AG.* Secular trends in cardiovascular risk factors among school-aged boys from Crete, Greece, 1982-2002. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59 (1): 1-7.
16. *Tokmakidis SP, Kasambalis A, Christodoulos AD.* Fitness levels of Greek primary schoolchildren in relationship to overweight and obesity. *Eur J Pediatr* 2006; 165 (12): 867-74.
17. *Bouziotas C, Koutedakis Y, Nevill A, et al.* Greek adolescents, fitness, fatness, fat intake, activity, and coronary heart disease risk. *Arch Dis Child* 2004; 89: 41-4.
18. *World Health Organization.* Measuring obesity: classification and description of anthropometric data. Copenhagen: WHO 1989; Nutr UD, EUR./ICP/NUT 125.
19. *Αγγελινός Α, Αργυροπούλου Τ, Almond L, Μιχαλοπούλου Μ.* Ένα νέο όργανο αξιολόγησης της ενεργειακής δαπάνης: Αξιοπιστία και εγκυρότητα του "Ερωτηματολογίου Φυσικής Δραστηριότητας και Τρόπου Ζωής". *Αθλητική Απόδοση και Υγεία* 2000; 2: 281-300.
20. *Συμβούλιο της Ευρώπης.* Eurofit. Ευρωτέστ για την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης. Επιμέλεια: Σ. Τοκμακίδης. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σάλτο, 1992, σελ. 71-2.
21. *Leger LA, Mercier D, Gaboury C, Lambert J.* The multi-stage 20-m shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988; 6 (2): 93-101.
22. Task Force on Blood Pressure Control in Children. Report of the Second Task Force on Blood Pressure Control in Children. *Pediatrics* 1987; 79: 1-25.
23. *Alberti KG, Zimmet P, Shaw J.* Metabolic syndrome-a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med* 2006; 23 (5): 469-80.
24. *International Diabetes Federation.* The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. IDF 2005. Available from <http://www.idf.org>, accessed December 2006.
25. *Ragland DR.* Dichotomizing continuous outcome variables: dependence of the magnitude of association and statistical power of the cutpoint. *Epidemiology* 1992; 3: 434-40.
26. *Palaniappan L, Carnethon MR, Wang Y, et al.* Predictors of the incident metabolic syndrome in adults: The Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Diabetes Care* 2004; 27: 788-93.
27. *Ferreira I, Twisk JWR, van Mechelen W, Kemper HCG, Stehouwer CDA.* Development of fatness, fitness, and lifestyle from adolescence to the age of 36 years: determinants of the metabolic syndrome in young adults: The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Arch Intern Med* 2005; 165 (1): 42-8.
28. *Istrand P-O, Rodahl K.* Physiological Bases of Exercise. In: *Textbook of Work Physiology*. 4th ed. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1986, pp. 295-353.
29. *Bouchard C, Daw EW, Rice T, et al.* Familial resemblance for VO₂max in the sedentary state: The HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (2): 252-8.
30. *Sato Y, Oshida Y, Ohsawa I, et al.* The role of glucose transport in the regulation of glucose utilization by muscle. In: Maughan RJ, Shirreffs SM, eds. *Biochemistry of exercise IX*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1996, pp. 37-50.
31. *Molé P, Oscai L, Holloszy JO.* Adaptation of muscle to exercise: increase in levels of palmityl CoA synthetase, carnitine palmityltransferase and palmityl CoA dehydrogenase, and in the capacity to oxidize fatty acid. *J Clin Invest* 1971; 50 (11): 2323-30.
32. *Abernethy PJ, Thayer R, Taylor AW.* Acute and chronic responses of skeletal muscle to endurance and sprint exercise: a review. *Sports Med* 1990; 10 (6): 365-89.
33. *Tran ZV, Weltman A, Glass GV, Mood DP.* The effects of exercise on blood lipids and lipoproteins: a meta-analysis of studies. *Med Sci Sports Exerc* 1983; 15: 393-402.
34. *Haskell WL.* The influence of exercise on the concentrations of triglyceride and cholesterol in human plasma. *Exerc Sport Sci Rev* 1984; 12: 205-44.
35. *Rocchini AP, Katch V, Anderson J, et al.* Blood pressure in obese adolescents: effect of weight loss. *Pediatrics* 1988; 82: 16-23.
36. *Krotkiewski M, Mandroukas K.* Effects of long term physical training on body fat metabolism and blood pressure in obesity. *Metabolism* 1979; 28: 650-8.
37. *Mertens IL, Van Gaal LF.* Overweight, obesity and blood pressure: the effects of modest weight reduction. *Obes Res* 2000; 8: 270-8.
38. *Koutedakis Y, Bouziotas C, Flouris AD, Nelson PN.* Longitudinal modeling of adiposity in periadolescent Greek schoolchildren. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (12): 2070-4.
39. *Katzmarzyk PT, Gagnon J, Leon AS, et al.* Fitness, fatness, and estimated coronary heart disease risk: the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (4): 585-90.
40. *Telama R, Yang X, Laakso L, Viikari J.* Physical activity in childhood and adolescence as a predictor of physical activity in young adulthood. *Am J Prev Med* 1997;

13 (4): 317-23.

41. *Christodoulos AD, Dousta HT, Polykratis M, Tokmakidis SP.* Attitudes towards exercise and physical activity behaviours in Greek schoolchildren after a year long health education intervention. *Br J Sports Med* 2006; 40: 367-71.

42. *Manios Y, Moschandreas J, Hatzis C, Kafatos A.* Health

and nutrition education in primary schools of Crete: changes in chronic disease risk factors following a 6-year intervention program. *Br J Nutr* 2002; 88: 315-24.

43. *Manios Y, Moschandreas J, Hatzis C, Kafatos A.* Evaluation of a health and nutrition intervention in primary school children of Crete over a three-year period. *Prev Med* 1999; 2: 149-59.

Λέξεις κλειδιά:

Μεταβολικό σύνδρομο

Παχυσαρκία

Φυσική δραστηριότητα

Key words:

Metabolic syndrome

Obesity

Physical activity