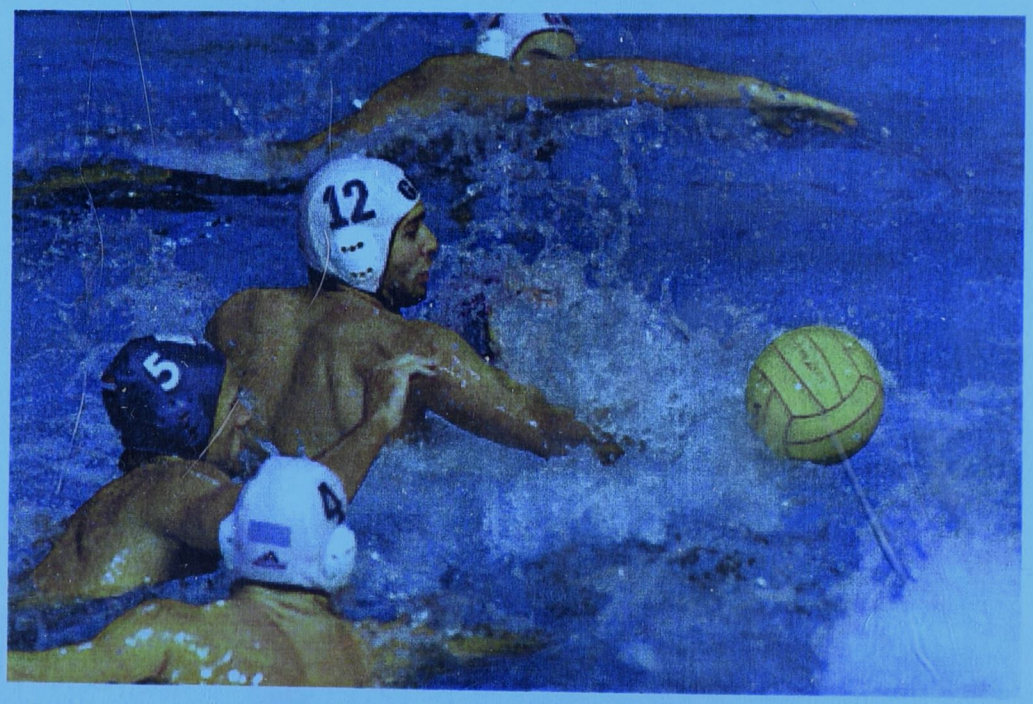
ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΘΛΗΤΩΝ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ



ΚΑΡΙΠΙΔΟΥ ΜΕΛΙΝΑ

ΠΤΥ
ΚΑΡ

ΑΘΗΝΑ 2002

Χ Α Ρ Ο Κ Ο Π Ε Ι Ο Π Α Ν Ε Π Ι Σ Τ Η Μ Ι Ο
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΘΛΗΤΩΝ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ

ΚΑΡΙΠΙΔΟΥ ΜΕΛΙΝΑ

ΑΘΗΝΑ 2002

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΘΛΗΤΩΝ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΣΥΝΤΩΣΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ:
ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΛΙΑ ΜΑΙΡΗ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:
ΚΑΡΙΠΙΔΟΥ ΜΕΛΙΝΑ (ΑΜ 9832)

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΣΥΝΤΩΣΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ
ΚΑΒΟΥΡΑΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
ΜΑΝΙΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2002

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Στους:
Ζωή, Χριστίνα
Παναγιώτα, Δήμο

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 2

1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 3

1.1. ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 3

1.1.1. Βασικές αρχές σύστασης σώματος 3

1.1.2. Μεθοδολογία σύστασης σώματος 8

1.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ 27

1.3. ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΘΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΡΙΩΝ 29

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 32

2.1. ΑΤΟΜΑ 32

2.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ 33

2.2.1. Ανθρωπομετρία 33

2.2.2. Δερματικές πτυχές 33

2.2.3. Απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας 35

2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 35

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 36

3.1. ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 36

3.2. ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ ΣΩΜΑ) 37

3.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΟΣΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ 38

3.4. ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ)... 39

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ 53

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 60

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 63

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο αθλητισμός δεν αποτελεί μόνο μια ευχάριστη ασχολία· πάνω από όλα είναι τρόπος ζωής. Μέχρι και τα εφηβικά μου χρόνια ασχολήθηκα σε επαγγελματικό επίπεδο με τον αθλητισμό και το ενδιαφέρον μου διατηρείται αμείωτο. Η ευκαιρία που μου δόθηκε να μελετήσω τον υγρό στίβο υπό το πρίσμα της Επιστήμης της Διατροφής ήταν για μένα μεγάλη ικανοποίηση. Πέρα από το προσωπικό ενδιαφέρον, όμως, το γεγονός ότι για το συγκεκριμένο αντικείμενο τα επιστημονικά δεδομένα είναι περιορισμένα αποτέλεσε ένα επιπλέον κίνητρο για να ασχοληθώ με τη σύσταση σώματος των αθλητών υγρού στίβου.

Η πτυχιακή αυτή έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Λάμπρου Συντώση. Τον ευχαριστώ θερμά για την ενθάρρυνση, την καθοδήγηση και τις εύστοχες υποδείξεις του. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Λέκτορα Καθηγητή κ. Σταύρο Κάβουρα που με το συνεχές ενδιαφέρον, την προθυμία και τη θετική του σκέψη με στήριξε σε όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μελέτης.

Πολύτιμη ήταν η συμβολή της επιστημονικής συνεργάτιδας κας Μαίρης Γιαννακούλια σε αυτή την ερευνητική εργασία. Την ευχαριστώ από καρδιάς για όλο το χρόνο και τον κόπο που μου αφιέρωσε καθώς και για την υπομονή της και τις πολύ σημαντικές παρεμβάσεις της στην τελική διαμόρφωση της πτυχιακής μελέτης. Σημαντική ήταν και η βοήθεια της τόσο στις στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν όσο και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους.

Τις θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην Κολυμβητική Ομοσπονδία Ελλάδος. Σε όλους τους υπεύθυνους που ασχολήθηκαν με την οργάνωση του προγράμματος καθώς και τους αθλητές και τις αθλήτριες της κολύμβησης και της υδατοσφαίρισης. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους φοιτητές και τις φοιτήτριες του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου που αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου της έρευνας.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου για την ηθική και την υλική υποστήριξη της καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, καθώς και όλους τους φίλους που με βοήθησαν με κάθε τρόπο.

1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1. ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1.1.1. Βασικές αρχές σύστασης σώματος

Ένας σημαντικός τομέας όλων των σύγχρονων ερευνών είναι ο καθορισμός των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών του ανθρώπου, τα οποία συνδέονται με βαθύτερους γενετικούς μηχανισμούς. Με την ταυτόχρονη αυτή μελέτη των ανθρώπινων φαινότυπων και γονότυπων άρχισε να γίνεται σημαντικός ο προσδιορισμός της σύστασης του σώματος, μία έννοια με συνεχώς αυξανόμενη σημασία (Pietrobelli και συν. 2001).

Η ακριβής μέτρηση της σύστασης του σώματος αποκτά όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της άμεσης και σημαντικής σχέσης της με την υγεία (Martin και συν. 1991). Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της διατροφικής κατάστασης ενός ατόμου, του ρυθμού ανάπτυξης του, της φυσικής του κατάστασης, της ικανότητας του για εργασία καθώς και για την αξιολόγηση θεραπευτικών πρωτοκόλλων. Ευρεία είναι η χρησιμοποίηση της για την παγίωση ορισμένων μεταβλητών, όπως είναι ο βασικός μεταβολικός ρυθμός και η ικανότητα για φυσική δραστηριότητα. Επιπλέον, χρησιμοποιείται στην έρευνα των προβλημάτων ελλιπούς ή υπερβολικής διαιτητικής πρόσληψης (Norgan 1995). Επίσης, συμβάλλει στον προσδιορισμό των διαφορών μεταξύ των δύο φύλων καθώς και των διαφορών μεταξύ ατόμων διαφορετικών εθνικοτήτων και φυλών και γενικότερα αποτελεί σημαντικό δείκτη νοσηρότητας και θνησιμότητας των πληθυσμών (Jebb 1997).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της ενηλικίωσης είναι η αλλαγή της σύστασης και του βάρους του σώματος. Αυτές οι αλλαγές συντελούνται κατά τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου ξεκινώντας από την εμβρυϊκή και φθάνουν μέχρι την τρίτη ηλικία. Η ανάπτυξη του οργανισμού συνεπάγεται όχι μόνο αύξηση στη μάζα του σώματος αλλά και αλλαγές στην αναλογία των συστατικών που σχηματίζουν αυτή τη μάζα (Groff & Gropper 2000). Διαφορές στην αναλογία των συστατικών του σώματος καθώς και στο μέγεθος του σκελετού μπορούν να συμβάλλουν στην διαφοροποίηση των τιμών του σωματικού βάρους μεταξύ ατόμων παρόμοιου ύψους. Τα ηλικιωμένα άτομα, για παράδειγμα, τείνουν να έχουν χαμηλότερη

πυκνότητα οστών και μπορεί να ζυγίζουν λιγότερο από νεότερα ενήλικα άτομα του ίδιου ύψους. Επίσης, μυώδεις αθλητές μπορεί να θεωρηθούν υπέρβαροι εξαιτίας της υπερβολικής μυϊκής μάζας τους και όχι τόσο της λιπώδους (Mahan και συν. 2000).

Τα υψηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας και αθλητικών επιδόσεων συχνά συνδέονται με ειδικά χαρακτηριστικά της σύστασης του σώματος. Διαφορές σωματικής σύστασης δεν παρατηρούνται μόνο μεταξύ ατόμων που αθλούνται ή όχι, αλλά ακόμη και μεταξύ επιτυχημένων αθλητών. Ανομοιότητες στη σωματική κατασκευή είναι συχνά αισθητές όταν γίνονται συγκρίσεις μεταξύ συμμετεχόντων του ίδιου φύλου στα διάφορα αθλήματα. Το κατά πόσον, όμως, ένα συγκεκριμένο φυσικό χαρακτηριστικό είναι το αίτιο ή το αποτέλεσμα της αθλητικής επίδοσης κάποιου δεν έχει καθοριστεί ακόμη (Κλεισούρας 2001).

Οι περισσότεροι ορισμοί της σύστασης του σώματος δίνονται κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής μιας έρευνας και εξυπηρετούν, κάθε φορά, τους συγκεκριμένους σκοπούς της (Martin και συν. 1991). Μέσα από τη διεξαγωγή πολλών μελετών προέκυψαν διάφορα μοντέλα εκτίμησης της σύστασης του σώματος. Στη συστηματική ταξινόμηση των μοντέλων αυτών, η σύσταση του ανθρώπινου σώματος μπορεί να μελετηθεί σε πέντε επίπεδα: ατομικό, μοριακό, κυτταρικό, ιστών και ολόκληρου σώματος (πίνακες 1 και 2). Η πλειονότητα των μελετών αφορά τη σύσταση σώματος σε μοριακό επίπδο και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων του σώματος. Σύμφωνα με αυτό, το σώμα χωρίζεται σε δύο συστατικά: την άλιπη και τη λιπώδη μάζα.

Η λιπώδης μάζα περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα και μη απαραίτητα λίπη, ενώ η μη λιπώδης μάζα περιλαμβάνει τις πρωτεϊνες, τους υδατάνθρακες, το νερό και τα ανόργανα στοιχεία. Με την μέτρηση ενός από τα δύο συστατικά θα ήταν πολύ απλός ο υπολογισμός και του άλλου συστατικού, με την αφαίρεσή του από το σωματικό βάρος. Η άμεση μέτρηση της λιπώδους μάζας του σώματος, όμως, ποτέ δεν ήταν εύκολη και παραμένει μία αξιοσημείωτη πρόκληση για τις περισσότερες τεχνικές της εκτίμησης της σύστασης του σώματος. Συνεπώς, έπρεπε να βρεθούν άλλοι τρόποι υπολογισμού της μη λιπώδους μάζας (Kenneth 2001). Προκειμένου η σωματική μάζα να διαιρεθεί στα δύο αυτά συστατικά ήταν απαραίτητο να γίνουν ορισμένες υποθέσεις. Για πράδειγμα, η περιεκτικότητα της άλιπης μάζας σε νερό, κάλιο καθώς και η μη λιπώδης μάζα θεωρήθηκαν ότι έχουν περίπου σταθερές τιμές. Αυτές οι προϋποθέσεις επέτρεψαν την ανάπτυξη του

μοντέλου των δύο συστατικών, αφού το νερό (με ισοτοπικό διάλυμα), η ολική μάζα των κυττάρων (με την ολική μέτρηση του καλίου του σώματος) και η πυκνότητα της σωματικής μάζας (με υποβρύχια ζύγιση) μπορούσαν να μετρηθούν εργαστηριακά. Το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται στον τομέα της διατροφής πάνω από τέσσερις δεκαετίες (Pietrobelli 2001).

Είναι πλέον γνωστό πως οι διάφορες παραδοχές που απαιτούσε το μοντέλο των δύο συστατικών δεν ήταν κατάλληλες για την εξέταση ατόμων με μεγάλο εύρος ηλικίας και ειδικά διαφορετικού φύλου και εθνικότητας. Αυτό οδήγησε στην έρευνα για την ανακάλυψη νέων μοντέλων τα οποία δεν θα επηρεάζονταν από την ηλικία, το φύλο και την εθνικότητα. Από τις προσπάθειες αυτές προέκυψε η ιδέα του πολυδιαμερισματικού μοντέλου για την εκτίμηση και ερμηνεία της ανθρώπινης σύστασης του σώματος (3-, 4-, 5-, 6-διαμερίσματα) (Heymsfield και συν. 1996).

Πίνακας 1: Γενική προσέγγιση του πολυπαραγοντικού μοντέλου

ΑΤΟΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΟΡΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΙΣΤΩΝ
N, P, Ca, C, Cl	Λιπίδια	Κύτταρα	Λιπώδης ιστός
H	Νερό		
C			Όργανα, σπλάγχνα
O	Πρωτεΐνες	Εξωκυτταρικό υγρό	Σκελετικοί μύες
	Υδατάνθρακες		
	Μέταλλα	Εξωκυττάρια στερεά	Οστά (σκελετός)

□

ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ □ □ □ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

ΠΟΛΥΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Πίνακας 2: Εξισώσεις επιπέδων σύστασης σώματος

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ
Ατομικό	Α1. ΒΣ = O+C+H+N+Ca+P+K+S+Na+Cl+Mg
Μοριακό	Μ1. ΒΣ = Λ+Ν+ΠΡ+Ms+Mo+ΥΔ Μ2. ΒΣ = Λ+Ν+ΠΡ+Μ Μ3. ΒΣ = Λ+Ν+στερεά Μ4. ΒΣ = Λ+Mo+ΙΜΙ Μ5. ΒΣ = Λ+ΜΛΜ
Κυτταρικό	Κ1. ΒΣ = ΚΜ+ΕΞΥ+ΕΞΣ Κ2. ΒΣ = Λ+ΚΜΣ+ΕΞΥ+ΕΞΣ
Σύστημα Ιστών	ΣΙ1. ΒΣ = ΛΙ+ΣΜ+ΟΣΤΑ+ΑΛΛΟΙ ΙΣΤΟΙ

Συντομογραφίες: Ν: νερό, ΛΙ: λιπώδης ιστός, ΚΜΣ: κυτταρική μάζα σώματος, ΒΣ: βάρος του σώματος, ΙΜΙ: ισχνός μαλακός ιστός, ΚΜ: κυτταρική μάζα, ΕΞΥ: εξωκυττάριο υγρό, ΕΞΣ: εξωκυττάρια στερεά, Λ: λίπος, ΜΛΜ: μη λιπώδης μάζα, ΥΔ: υδατάνθρακες, Μ: μέταλλα, Mo: μέταλλα οστών, Ms: μέταλλα μαλακού ιστού, ΠΡ: πρωτεΐνες, ΣΜ: σκελετικοί μύες.

1.1.2. Μεθοδολογία σύστασης σώματος

Είναι αδιαμφισβήτητη η αναγκαιότητα για την ύπαρξη απλών, γρήγορων και ασφαλών μεθόδων βάση των οποίων θα καθορίζεται η σύσταση του σώματος κατά τη διάρκεια διαφόρων μελετών. Για πολλά χρόνια η ανθρωπομετρία ικανοποιούσε σε μεγάλο βαθμό αυτή την ανάγκη. Η σύσταση του σώματος έχει ιδιότητες επιπρόσθετες πέραν από το μέγεθος, πχ βάρος και γραμμικές διαστάσεις, αλλά οι πίνακες βάρους και ύψους υπήρξαν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό ως τα θεμέλια για τις μετρήσεις της σύστασης του σώματος (Norgan 1995).

Το λιπώδες και το μυϊκό τμήμα του ανθρώπινου σώματος είναι δυνατόν να υπολογιστεί με δύο κυρίως τρόπους:

1. Άμεσα με χημική ανάλυση

2. Έμμεσα με διάφορες διαδικασίες

Άμεσος υπολογισμός

Παρόλο που έχουν γίνει πολλά πειράματα σε διάφορες ποικιλίες ζώων για τον άμεσο χημικό προσδιορισμό της σύνθεσης του σώματος, λίγες είναι οι μελέτες οι οποίες αφορούν το χημικό προσδιορισμό της περιεκτικότητας του ανθρώπινου σώματος σε λίπος. Τέτοιου είδους αναλύσεις είναι χρονοβόρες και επίπονες, απαιτούν εξειδικευμένο εργαστηριακό εξοπλισμό και επισύρουν πολλά ηθικά και νομικά προβλήματα, αφού για αυτές χρησιμοποιούνται πτώματα. Μολονότι παρατηρείται σημαντική διακύμανση ανάμεσα στα διάφορα άτομα όσον αφορά το συνολικό σωματικό λίπος, η σύνθεση του σκελετού, του μυϊκού και του λιπώδους ιστού παραμένει σχετικά σταθερή (Κλεισούρας 2001).

Έμμεσος υπολογισμός

Παρακάτω θα αναφερθούν οι κυριότερες έμμεσες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της σύστασης του ανθρώπινου σώματος, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανθρωπομετρία και την απορροφησιομετρία ακτίνων–χ διπλής ενέργειας, οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Ανθρωπομετρία – Δερματικές πτυχές

Το βάρος του σώματος, οι δερματοπτυχές διαφόρων περιοχών (πχ τρικεφάλου, δικεφάλου, υπερλαγόνια, υποπλάτια, κα), και άλλες διαστάσεις (πχ περιφέρειες) διαφόρων περιοχών του σώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της λιπώδους, της μη λιπώδους μάζας και του μεγέθους των μυών. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν εύκολα κατά την διεξαγωγή της έρευνας, αλλά απαιτούν επιδέξιους τεχνικούς για μεγαλύτερη ακρίβεια.

Μία από τις πιο κοινές μεθόδους εκτίμησης του λίπους στους ανθρώπους, ειδικά στις έρευνες πεδίου, είναι οι δερματοπτυχές. Η μέτρηση των δερματοπτυχών είναι μία μέθοδος εκτίμησης της σύστασης του σώματος που ανήκει στο μοντέλο των δύο συστατικών. Συγκεκριμένα, μπορούν να εξασφαλίσουν ορισμένες πληροφορίες για το τοπικό υποδόριο λίπος όπως επίσης και για το ολικό λίπος (Durnin και συν. 1997). Η ακρίβεια αυτών των μετρήσεων, όμως, περιορίζεται από την ποικιλότητα της σύνθεσης και της πυκνότητας του μη λιπώδους τμήματος σε διαφορετικά άτομα (Durnin και συν. 1974).

Ένας ανασταλτικός παράγοντας στην χρήση των δερματοπτυχών φαίνεται να είναι η κοινή εντύπωση ότι α) η τεχνική είναι δύσκολη, β) υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα αποτελέσματα που συλλέγονται από διαφορετικούς εξεταστές, γ) υπάρχουν διαφορές στις μετρήσεις εξαιτίας των διαφορετικών τύπων δερματοπτυχομέτρων που χρησιμοποιούνται και δ) μπορεί να προκύψουν σημαντικές διαφορές εξαιτίας μικρών διαφοροποιήσεων στην επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής που θα μετρηθεί. Υπάρχουν αρκετές έρευνες οι οποίες απέδειξαν ότι δεν υπάρχει ουσιαστικός λόγος ανησυχίας όσον αφορά τις τρεις πρώτες πιθανές αιτίες διαφοροποίησης (Durnin και συν. 1997).

Οι δερματοπτυχές αποτελούν στην πραγματικότητα μέτρηση του πάχους των πτυχών του δέρματος και του υποδόριου λιπώδους ιστού σε συγκεκριμένα μέρη του σώματος. Η χρησιμότητα των δερματοπτυχών είναι διπλή. Πρώτα από όλα, παρέχουν μία σχετικά απλή και μη επεμβατική μέθοδο εκτίμησης του γενικού πάχους. Ο βαθμός στον οποίο το τμήμα του υποδόριου λιπώδους ιστού αντικατοπτρίζει το συνολικό λίπος σώματος ποικίλει ανάλογα με την ηλικία αλλά ανάμεσα στα άτομα και τους πληθυσμούς. Η προγνωστική αξία του πάχους των δερματοπτυχών για το συνολικό λίπους του σώματος ποικίλει ανάλογα με την περιοχή. Μερικές περιοχές προσεγγίζουν αρκετά τη συνολική σύσταση σώματος ενώ κάποιες άλλες είναι σχετικά ανεξάρτητες από αυτή. Έχουν δημιουργηθεί

πολυάριθμες εξισώσεις οι οποίες κάνουν χρήση των δερματοπτυχών ως απαραίτητων στοιχείων τους (Harrison και συν. 1988).

Η δεύτερη μεγάλη χρήση των δερματοπτυχών είναι ο χαρακτηρισμός της κατανομής του υποδόριου λιπώδους ιστού. Υπάρχουν βάσιμες αποδείξεις ότι όλα τα αποθέματα υποδόριου λιπώδους ιστού δεν είναι ίδια όσον αφορά την ευμεταβλητότητα τους και τη συμβολή τους στους κινδύνους για την υγεία που σχετίζονται με την παχυσαρκία. Είναι πολύ σημαντική η τυποποίηση της επιλογής μέρους και τοποθέτησης, επειδή μικρές τέτοιες αλλαγές μπορεί να επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στις μετρήσεις. Επειδή οι δερματοπτυχές είναι μετρήσεις μαλακού ιστού η τυποποίηση της θέσης είναι δύσκολη και πρέπει πάντοτε η περιοχή να σχετίζεται με αδιαμφισβήτητα οροθέσια. Η ικανότητα συμπίεσης τόσο του δέρματος όσο και του λιπώδους ιστού ποικίλει ανάλογα με την ενυδάτωση, την ηλικία, το μέγεθος και το άτομο. Γενικά, τα νεαρότερα άτομα έχουν πιο εύκολα συμπιέσιμες δερματοπτυχές χάρη στην καλύτερη ενυδάτωση των ιστών. Υπερβολική ενυδάτωση, όπως για παράδειγμα στα οιδήματα, επηρεάζει επίσης την ικανότητα συμπίεσης (Harrison και συν. 1988).

Η ευκολία με την οποία το λιπώδες στρώμα ξεχωρίζει από το βαθύτερο μυικό ποικίλει ανάλογα με την περιοχή και το άτομο. Πολύ ισχνά και πολύ παχύσαρκα άτομα δημιουργούν ειδικά προβλήματα μέτρησης. Γενικά, όσο πιο παχιά είναι η δερματοπτυχή τόσο πιο δύσκολο είναι να επιτευχθεί μία αναπαράξιμη μέτρηση. Υπάρχουν στοιχεία αξιοπιστίας για τις μετρήσεις δερματοπτυχών σε μερικούς πληθυσμούς για εκείνες τις περιοχές που έχουν μετρηθεί πρόσφατα, ειδικά για εκείνες που έχουν συμπεριληφθεί σε μεγάλες έρευνες. Για τις λιγότερο χρησιμοποιούμενες περιοχές έχουν δημοσιευθεί λίγες εώς καθόλου πληροφορίες σχετικά με την δια- και ενδομετρητική ικανότητα αντιγραφής (inter- and intrameasurer replicability). Κατόπιν μεγάλης συζήτησης τα μάγουλα και το πηγούνι αποκλείστηκαν από τις περιοχές για τις οποίες περιγράφονται προτεινόμενες τεχνικές μέτρησεις (Harrison και συν. 1988).

Μέτρηση δερματοπτυχών-Τεχνική- Γενικά

Οι περιοχές στις οποίες θα μετρηθούν οι δερματοπτυχές, γενικώς, δε χρειάζεται να σημειώνονται στο υποκείμενο, ωστόσο αυτό μπορεί να γίνει αν είναι επιθυμητό. Οι περιοχές πρέπει να σημειώνονται όταν στις μελέτες που υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δερματοπτυχόμετρων και όταν οι μετρήσεις των

δερματοπτυχών του μέσου του μηρού, των τρικέφαλων (στο μέσο του πάνω μέρους του μπράτσου), ή των μέσων ή πλαινών δερματοπτυχών της γάμπας (στο επίπεδο της μεγαλύτερης περιφέρειας της γάμπας) πρόκειται να συνδυαστούν με τις περιφέρειες των ίδιων επιπέδων για να εξαχθούν εκτιμήσεις των περιοχών τομής (Harrison και συν. 1988).

Η περιγραφή που ακολουθεί βασίζεται στην υπόθεση πως αυτός που μετράει είναι δεξιόχειρας. Αρχικά, ψηλάφηση της περιοχής που θα μετρηθεί βοηθάει το υποκείμενο να εξοικειωθεί. Ο αντίχειρας και ο δείκτης του αριστερού χεριού χρησιμοποιούνται για να ανυψώσουν μια διπλή πτυχή δέρματος και υποδόριου λιπώδους ιστού πάχους περίπου 1 cm στην περιοχή όπου πρόκειται να μετρηθεί η δερματοπτυχή. Αυτός ο χωρισμός μεταξύ των δακτύλων και της περιοχής μέτρησης είναι αναγκαίος ώστε η πίεση από τα δάκτυλα να μην επηρεάζει την τιμή της μέτρησης. Η δερματοπτυχή ανυψώνεται τοποθετώντας τον αντίχειρα και τον δείκτη πάνω στο δέρμα. Ο αντίχειρας και ο δείκτης πλησιάζουν ο ένας προς τον άλλον και η πτυχή πιάνεται σταθερά ανάμεσά τους.

Το ποσό του ιστού που ανυψώνεται πρέπει να είναι επαρκές ώστε να σχηματίζει μία πτυχή με παράλληλες πλευρές. Χρειάζεται προσοχή προκειμένου να ανυψώνεται μόνο δέρμα και λιπώδης ιστός. Το ποσό του δέρματος και του λιπώδους ιστού που πρέπει να ανυψωθεί εξαρτάται από το πάχος του υποδόριου λιπώδους ιστού της περιοχής. Όσο πιο παχύ είναι το στρώμα του λιπώδους ιστού τόσο μεγαλύτερος χωρισμός χρειάζεται ανάμεσα στον αντίχειρα και τον δείκτη όταν ο εξεταστής ξεκινάει να ανυψώνει τη δερματοπτυχή. Τα λάθη της μέτρησης είναι μεγαλύτερα για τις πιο παχιές δερματοπτυχές (Harrison και συν. 1988).

Η πτυχή σηκώνεται κάθετα προς την επιφάνεια του σώματος της περιοχής μέτρησης. Ο μακρύς άξονας της πτυχής ορθοστοιχίζεται όπως θα περιγραφεί παρακάτω για κάθε δερματοπτυχή. Η βασική αρχή είναι ο μακρύς άξονας να είναι παράλληλος προς τη φυσική αυλάκωση των γραμμών του δέρματος στην περιοχή της μέτρησης. Η πτυχή κρατείται ανυψωμένη μέχρι να ολοκληρωθεί η μέτρηση.

Το δερματοπτυχόμετρο κρατάται στο δεξί χέρι ενώ η δερματοπτυχή ανυψώνεται με το αριστερό. Για την μέτρηση το δερματοπτυχόμετρο τοποθετείται στην δερματοπτυχή με τέτοιο τρόπο ώστε το σταθερό στέλεχος να βρίσκεται στη μία πλευρά της. Η μέτρηση γίνεται εκεί όπου η δερματοπτυχή είναι κατά προσέγγιση παράλληλη. Η εφαρμογή της πίεσης πρέπει να είναι βαθμιαία προκειμένου να αποφεύγεται το αίσθημα του πόνου.

Η μέτρηση γίνεται περίπου 4 sec αφότου ασκηθεί η πίεση με το δερματοπτυχόμετρο και τον εξεταστή στη σωστή θέση. Αν το δερματοπτυχόμετρο ασκήσει πίεση για περισσότερο από 4 sec το αποτέλεσμα της μέτρησης θα είναι μικρότερο, καθώς τα υγρά θα απομακρυθούν από τον ιστό. Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται αρκετές και ο μέσος όρος καταγράφεται (Harrison και συν. 1988).

Υποπλάτια δερματοπτυχή

Το πάχος της υποπλάτιας δερματοπτυχής είναι μία μέτρηση του υποδόριου λιπώδους ιστού και του πάχους του δέρματος της οπίσθιας όψης του κορμού. Είναι μία σημαντική μέτρηση του διατροφικού status και, σε συνδυασμό με μετρήσεις άλλων δερματοπτυχών, είναι μία χρήσιμη πρόβλεψη του ολικού σωματικού λίπους, της πίεσης και των λιπιδίων του αίματος (Harrison και συν. 1988).

Υπερλαγόνια δερματοπτυχή

Το πάχος της υπερλαγόνιας δερματοπτυχής χρησιμοποιείται ως δείκτης του λίπους του σώματος μαζί με άλλες δερματοπτυχές. Επίσης είναι χρήσιμη στη μελέτη της κατανομής του υποδόριου λιπώδους ιστού η οποία είναι σημαντική όσον αφορά κινδύνους ασθενειών (Harrison και συν. 1988).

Δερματοπτυχή τρικέφαλου

Η δερματοπτυχή τρικεφάλου μετριέται πιο συχνά από κάθε άλλη επειδή κατά ένα μέρος είναι η πιο προσιτή. Σχετίζεται με το ποσοστό επί τοις εκατό του λίπους του σώματος και με το ολικό λίπος σώματος αλλά σχετίζεται λιγότερο με την πίεση του αίματος (Harrison και συν. 1988).

Δερματοπτυχή δικεφάλου

Η δερματοπτυχή του δικεφάλου αποτελεί μία μέτρηση του υποδόριου λιπώδους ιστού και του πάχους του δέρματος στο πρόσθιο μέρος του μπράτσου. Σε συνδυασμό με τις μετρήσεις των άλλων δερματοπτυχών είναι μία χρήσιμη πρόβλεψη του ολικού λίπους του σώματος. Μαζί με την δερματοπτυχή του τρικεφάλου μπορούν να συντελλέσουν στον υπολογισμό της άλιπης μυοσκελετικής επιφάνειας (muscle plus bone) (Harrison και συν. 1988).

Υδροπυκνομετρία

Οι μετρήσεις της πυκνότητας του σώματος μέσω του καθορισμού του όγκου του σώματος με υποβρύχιο ζύγισμα. Οι μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί η πυκνότητα του σώματος, η οποία διαδοχικά επιτρέπει τον υπολογισμό της επί τοις εκατό λιπώδους και μη λιπώδους μάζας. Οι μετρήσεις είναι ακριβείς αλλά πρέπει να διεξαχθούν σε εργαστήριο και η συνεργασία του υποκειμένου, για το υποβρύχιο ζύγισμα, είναι απαραίτητη. Η μέθοδος δεν ενδείκνυται για μικρά παιδιά και ηλικιωμένους (Ellis 2000).

Ολικό νερό σώματος

Μπορεί να μετρηθεί με διάλυμα από δευτέριο, τρίτιο ή οξυγόνο-18. Το ολικό σωματικό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένας δείκτης της σύστασης του ανθρώπινου σώματος βασισμένο σε ευρήματα όπως ότι το νερό δεν βρίσκεται στα αποθηκευμένα τριγλυκερίδια αλλά καταλαμβάνει ένα ποσοστό της τάξης του 73,2% περίπου της μη λιπώδους μάζας. Το εξωκυττάριο υγρό μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους. Από την αφαίρεση του εξωκυττάριου υγρού από το ολικό σωματικό νερό μπορεί να υπολογιστεί η μη λιπώδης μάζα. Αυτή είναι μια δύσκολη διαδικασία με μικρή ακρίβεια και μεγάλο κόστος, ειδικά όταν χρησιμοποιείται σαν στοιχείο το οξυγόνο-18 (Westerterp 1999).

Ολικό κάλιο σώματος

Το ^{40}K, το οποίο είναι φυσικό ισότοπο, βρέθηκε σε ένα ποσοστό 0,012% στο ενδοκυτταρικό νερό χωρίς να υπάρχει στα αποθηκευμένα τριγλυκερίδια. Αυτά τα δεδομένα επέτρεψαν τον υπολογισμό της μη λιπώδους μάζας από την εξωτερική μέτρηση της ακτινοβολίας γάμα που εκπέμπτεται από το ^{40}K. Τα όργανα για την μέτρηση του ^{40}K είναι σχετικά ακριβά και πρέπει να βαθμονομούνται σωστά για να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια (Dumler & Kilates 2000).

Απέκκριση κρεατινίνης στα ούρα

Η κρεατινίνη είναι το προϊόν που προκύπτει από την μη ενζυμική υδρόλυση της ελεύθερης κρεατίνης, η οποία απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της αποφωσφορυλίωσης της φωσφορικής κρεατίνης. Η σπουδαιότητα της φωσφορικής κρεατίνης έγκειται στο ότι βρίσκεται στους σκελετικούς μύες, συνεπώς η απέκκρισση της κρεατινίνης των ούρων μπορεί να συσχετιστεί με την μυϊκή μάζα. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής συμπεριλαμβάνεται η εξατομίκευση όσον αφορά την ποσότητα της απέκκρισης κρεατινίνης εξαιτίας της λειτουργίας των νεφρών αλλά και της επίδρασης της διατροφής. Η συνολικά διαθέσιμη κρεατίνη δεν φαίνεται να είναι υπό τον πλήρη μεταβολικό έλεγχο και σε κάποιο βαθμό είναι ανεξάρτητη από τη σύσταση του σώματος. Άλλη μία τεχνική δυσκολία είναι πλήρης 24ωρη συλλογή των ούρων (Groff & Gropper 2000).

Απέκκριση της 3-μεθυλο-ιστιδίνης

Η 3-μεθυλο-ιστιδίνη έχει προταθεί ως μία χρήσιμη μέθοδος πρόβλεψης της σύστασης του ανθρώπινου σώματος επειδή αυτό το αμινοξύ βρίσκεται κυρίως στους μύες και δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί μετά την απελευθέρωση του από τον καταβολισμό των πρωτεϊνών των μυϊκών ινών (η μεθυλίωση συγκεκριμένων υπολειμμάτων ιστιδίνης συμβαίνει μετά την μετατροπή σε πρωτεΐνη). Δεν είναι ξεκάθαρο το αν μπορεί η 3-μεθυλο-ιστιδίνη να χρησιμοποιηθεί ως χαρακτηριστικό των μυϊκών πρωτεϊνών εξαιτίας της ενδεχόμενης επίδρασης της αναδιοργάνωσης των μη σκελετικών μυϊκών πρωτεϊνών (πρωτεΐνες του δέρματος και του γαστρεντερικού συστήματος) στον βαθμό απέκκρισης. Επιπρόσθετα προβλήματα αυτής της μεθόδου είναι η ανάγκη να ακολουθηθεί σχετικά ελεγχόμενη, ελεύθερη κρέατος, δίαιτα και η πλήρης και ακριβής συλλογή ούρων (Groff & Gropper 2000).

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ:

Ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης

Οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας γίνονται στα άκρα του σώματος και όχι σε ολόκληρο το σώμα. Αφού καθοριστεί η αντίσταση και η επαγωγική αντίσταση, οι μικρότερες τιμές ενός ατόμου χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αγωγιμότητας και την πρόβλεψη της ισχνής μάζας σώματος. Η μέθοδος είναι εύκολη, γρήγορη και απαιτεί σχετικά μικρή εκπαίδευση (Heyward 1996).

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΟΜΕΤΡΙΑ:

α) Απλής ενέργειας:

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση τμήματος των οστών. Το οστό "σαρώνεται" από μία δέσμη φωτονίων χαμηλής ενέργειας και η μεταφορά φαίνεται στην οθόνη ενός ανιχνευτή. Αλλαγές στην μεταφορά καθώς η δέσμη κινείται κατά μήκος του οστού είναι μία λειτουργία των περιεχόμενων οστικών μετάλλων (οστική πυκνότητα) σε αυτή την περιοχή. Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το ότι το οστό πρέπει να περιβάλλεται από σταθερό και παχύ μαλακό ιστό. Εξάλλου, αυτές οι μετρήσεις δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακριβή πρόβλεψη της ολικής σκελετικής μάζας (Jensen 1992).

β) Διπλής ενέργειας

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την εκτίμηση της ισχνής μάζας σώματος όπως και των οστικών μετάλλων ολόκληρου του σώματος. Το σώμα σαρώνεται κάθετα με αργό ρυθμό καθόλο του το μήκος με ακτινοβολία από το γαδολίνιο-153 (^{153}Gd) που είναι ισότοπο το οποίο εκπέμπει δύο ακτινοβολίες γάμα διαφορετικής ενέργειας. Περιορισμένες μετρήσεις στις δύο ξεχωριστές εκπομπές ενέργειας επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση των οστικών μετάλλων και του μαλακού ιστού. Ο εξοπλισμός που απαιτείται για αυτή τη μέθοδο είναι σχετικά ακριβός, απαιτεί πολύπλοκη βαθμονόμηση και τα δεδομένα που συλλέγονται χρήζουν πολύπλοκου μαθηματικού χειρισμού. Η χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου γίνεται αποκλειστικά στο εργαστήριο (Jensen 1992).

γ) Ακτίνων Χ διπλής ενέργειας

Αποτελεί παρόμοια μέθοδο με εκείνη της διπλής ενέργειας και απαιτεί σάρωση των υποκειμένων σε δύο διαφορετικά επίπεδα ενέργειας, Ωστόσο, οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται αντί πηγής νουκλεϊδίων (gradionuclide). Η έκθεση των υποκειμένων στην ακτινοβολία είναι πολύ χαμηλή (χαμηλότερη από τις δύο προηγούμενες μεθόδους) και η διαδικασία σχετικά γρήγορη. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η ποσότητα ακτινοβολίας για μια ολοσωματική σάρωση είναι λιγότερη από 5 mrem (συνήθως 0,05-1,5 mrem, ανάλογα με το είδος του μηχανήματος και την ταχύτητα σάρωσης), περίπου το ¼ της ακτινοβολίας που θα πάρει κάποιος από ένα υπερατλαντικό ταξίδι μεταξύ Ευρώπης-Αμερικής (4-6 mrem) (Lohman 1996). Αυτή η μέθοδος φαίνεται να είναι η καλύτερη επιλογή για τη μέτρηση της πυκνότητας των οστικών μετάλλων.

Η απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας περιλαμβάνει τρία συστατικά: το λίπος, τον ισχνό μαλακό ιστό (lean soft tissue) και τα μέταλλα των οστών. Έτσι, το DXA μόνο του είναι ικανό να εκτιμήσει τρία ξεχωριστά συστατικά του σώματος. Ο ισχνός μαλακός ιστός αποτελείται από το νερό, τις πρωτεϊνες, τους υδατάνθρακες και τα στοιχεία του μαλακού ιστού.

Μέτρηση μαλακών ιστών

Η αρχή της απορροφησιομετρίας βασίζεται στην εκθετική μείωση των ακτίνων Χ σε δύο ενέργειες καθώς περνούν κατά μήκος των ιστών του σώματος. Στο DXA η πηγή ραδιενεργού πυρήνα –που είχε χρησιμοποιηθεί στο DPA και ήταν ^{153}Gd- έχει αντικατασταθεί από ένα σωλήνα χαμηλής ισχύς ακτίνων Χ προσφέροντας καλύτερη ανάλυση, ακρίβεια, μειωμένο χρόνο σάρωσης και απαιτεί λιγότερη συντήρηση. Με το DXA μπορεί να μετρηθεί η τοπική κατανομή των οστών, του λίπους και των ισχνών ιστών. Ωστόσο, παρά τις βελτιώσεις της μεθόδου τα τελευταία χρόνια, παραμένει ένα σύνολο τεχνικών προβλημάτων, και για το λόγο αυτό το DXA δεν μπορεί ακόμη να θεωρηθεί η "χρυσή μέθοδος" για τις μετρήσεις των μαλακών ιστών σε όλους τους πληθυσμούς. Ιδιαίτερα προβλήματα αποτελούν η επίδραση της υγρασίας, του πάχους των ιστών και η κατανομή του λίπους.

Το DXA, αρχικά, αναπτύχθηκε για να μετράει τα μέταλλα των οστών και αυτός παραμένει ο κύριος στόχος και σκοπός του. Για να μετρηθεί η σύσταση των μαλακών ιστών το μηχάνημα πρέπει να ικανό να σαρώσει όλο το σώμα και να είναι συνδεδεμένο με το κατάλληλο λογισμικό.

Οι εξεταζόμενοι τοποθετούνται ανάσκελα πάνω στο μηχάνημα και σαρώνονται ευθύγραμμα χρησιμοποιώντας ακτίνες Χ σε δύο ενέργειες. Το σάρωμα όλου του σώματος διαρκεί περίπου πέντε με δέκα λεπτά, γεγονός που κάνει το DXA μια πολύ "ελκυστική" μέθοδο. Οι εξεταζόμενοι δε χρειάζεται να γδυθούν αλλά πρέπει να αφαιρέσουν από πάνω τους οποιοδήποτε μεταλλικό αντικείμενο. Η ισοδύναμη ενεργή δόση για τη μέτρηση όλου του σώματος είναι λιγότερη από 5 μSv. Αυτή η χαμηλή έκθεση στην ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να γίνουν αρκετές μετρήσεις στο ίδιο άτομο -συμπεριλαμβανομένων μωρών και μικρών παιδιών- χωρίς να υπάρχει πρόβλημα. Ωστόσο καλό είναι να αποφεύγεται η χρήση αυτού του μηχανήματος σε εγκύους.

Ο λόγος της μείωσης των μαλακών ιστών (R_{ST}) από τη χαμηλή και υψηλή δέσμη ενέργειας μετριέται καθώς περνά κατά μήκος του σώματος. Οι μειώσεις του καθαρού λίπους (R_F) και των μη οστικών ισχνών ιστών (R_L) είναι γνωστά από θεωρητικούς υπολογισμούς και εργαστηριακές μετρήσεις. Ωστόσο, κάποιος μπορεί να λύσει μια εξίσωση για κάθε ενέργεια ακτίνων Χ με δύο άγνωστους παράγοντες για να υπολογίσει την αναλογία του λίπους (a) και των ισχνών ιστών (b) σε κάθε εικονοστοιχείο που περιέχει μόνο μαλακό ιστό:

$$R_{ST} \text{ (χαμηλή ενέργεια)} = a(R_F) + b(R_L),$$

$$R_{ST} \text{ (υψηλή ενέργεια)} = a(R_F) + b(R_L).$$

Η ανάλυση των οστών υπολογίζει τα γραμμάρια των μετάλλων των οστών (BMC) στο οστικό εικονοστοιχείο. Επιπρόσθετα, η ολική μάζα μπορεί να καθοριστεί από τη μείωση των δύο ακτίνων Χ αφού η μείωση είναι περίπου ανάλογη της μάζας που παρουσιάζεται.

Το ποσό του μαλακού ιστού είναι η διαφορά μεταξύ της ολικής μάζας των ιστών και του BMC. Για τον καθορισμό του ποσού αυτής της ιστικής μάζας, που είναι το λίπος, ο αλγόριθμος που φαίνεται στα γειτονικά εικονοστοιχεία τα οποία δεν περιέχουν οστά, υπολογίζει την αναλογία του λίπους σε αυτό το σημείο και δηλώνει αυτό το ποσοστό στο εικονοστοιχείο με το οστό. Στο κεφάλι, όπου ο ιστός

του εγκεφάλου περιβάλλεται πλήρως από οστά, έχει γίνει μια παραδοχή όσον αφορά το ποσοστό του λίπους.

Τα DXA από διαφορετικούς κατασκευαστές χρησιμοποιούν και διαφορετικά μέσα για το εξωτερικό καλιμπράρισμα των μηχανημάτων. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση μπορεί να εμφανιστούν σφάλματα στην απόλυτη ακρίβεια των μετρήσεων εξαιτίας των βασικών σφαλμάτων στους συντελεστές μείωσης που έχουν υποτεθεί για τον λιπώδη και ισχνό ιστό. Αλλαγές στην ενυδάτωση ή στην συγκέντρωση στοιχείων με μεγάλο ατομικό αριθμό όπως το Na, K και Cl, επηρεάζουν την μείωση του μαλακού ιστού προκαλώντας αποκλίσεις από το υποτιθέμενο R_L στην εξίσωση. Επίσης, η μείωση των εικονοστοιχείων τα οποία περιλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό οστών μπορεί να είναι πλησιέστερη του μαλακού ιστού από ότι των οστών, συνεπώς υπερεκτιμώντας το μαλακό ιστό και υποεκτιμώντας τα οστά.

Οι μετρήσεις των οστών του DXA είναι "ευαίσθητες" στο προσθιοπίσθιο πάχος του σώματος γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τον καθορισμό του μαλακού ιστού, όπως έχει αποδειχθεί από διάφορα πειράματα (Jebb 1997). Έχει βρεθεί πως μέγεθος πάχους πάνω από 25 cm μπορεί να έχει κάποια επιρροή. Οι διαφορετικές επιρροές του πάχους των ιστών μπορεί να παρουσιάσουν συγκεκριμένα προβλήματα κατά την εξέταση παχύσαρκων ατόμων όπου το εύρος του πάχους είναι από τα μεγαλύτερα. Ωστόσο οι κύριοι περιορισμοί στις μελέτες της παχυσαρκίας ή της θεραπείας της είναι το μέγεθος της περιοχής η οποία πρέπει να σκαναριστεί. Τα μεγάλα υποκείμενα πρέπει να σκανάρονται σε "πιεσμένη" θέση το οποίο προκαλεί προβλήματα στην τοπική ανάλυση. Στην πραγματικότητα, για ορισμένα υποκείμενα η μέτρηση γίνεται τμηματικά, διαφορετικό μέρος του σώματος δηλαδή κάθε φορά (Lohman 1996).

Μέτρηση ολικής σωματικής μάζας

Οι εκτιμήσεις της ακρίβειας των μετρήσεων της ολικής σύστασης του σώματος δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν εξαιτίας της έλλειψης μίας κατάλληλης μεθόδου αναφοράς. Τα περισσότερα από τα διαθέσιμα στοιχεία τα οποία υποστηρίζουν την ακρίβεια του DXA βασίζονται στην ικανότητα του να καθορίζει ακριβώς την ολική μάζα του ιστού που υπάρχει. Ωστόσο, αυτό δεν εξασφαλίζει την ακριβή διαίρεση σε λιπώδη και μη λιπώδη μάζα. Για τα περισσότερα μηχανήματα DXA το σωματικό βάρος αντιπροσωπεύεται από το

άθροισμα των μαλακών ιστών συν τα μέταλλα των οστών, όπου οι μαλακοί ιστοί αντιπροσωπεύουν το άθροισμα του λίπους συν τους ισχνούς ιστούς.

Συγκρίσεις μεταξύ τεχνικών, για την εύρεση της σύστασης του σώματος, που χρησιμοποιούν το πολυπαραγοντικό μοντέλο έδειξαν λογική συμφωνία σε επίπεδο ομαδικό αλλά πραγματικά λάθη σε ατομικό επίπεδο. Υπάρχουν κάποιες προτάσεις που αναφέρουν πως το DXA έχει την τάση να υποεκτιμάει το λίπος του σώματος καθώς αυξάνεται το λίπος ή η ηλικία. Πολύ λιγότερες πληροφορίες υπάρχουν για τα βρέφη και τα παιδιά. Έχει βρεθεί ότι το DXA υποεκτιμάει τη λιπώδη μάζα των παιδιών σε σύγκριση με το NAA. Επίσης, έχει συγκριθεί το DXA με τις δερματοπτυχές και την βιοηλεκτρική εμπέδηση, σε διάφορες μετρήσεις στα παιδιά, και βρέθηκε πως η λιπώδης μάζα που μετρήθηκε με το DXA ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με αυτήν που υπολογίστηκε με τις μέθοδο των δερματοπτυχών ή της βιοηλεκτρικής εμπέδησης.

Κάποιες μελέτες προσπάθησαν να ελέγξουν το DXA μετρώντας βραχυχρόνιες αλλαγές στη σύσταση ως αποτέλεσμα αλλαγών στην ισορροπία του νερού. Τα αποτελέσματα είναι δύσκολο να ερμηνευθούν επειδή η επιβεβλημένη αλλαγή στην ισορροπία του νερού είναι κοντά στην ακρίβεια της μέτρησης του DXA. Οι μεγαλύτερες αλλαγές παρατηρήθηκαν σε μια μελέτη είκοσι ασθενών που μετρήθηκαν πριν και μετά την διάλυση όπου η αλλαγή στη ισορροπία του νερού κυμαινόταν από +200 έως –3700 ml. Εδώ η συσχέτιση με την αλλαγή στις μετρήσεις με DXA της μη λιπώδους μάζας ήταν 0,68 με SEE (standard error of the estimate) των 0,9 λίτρων (Jebb 1997). Από μία άλλη έρευνα προκύπτει πως μόνο μικρές απώλειες στην ακρίβεια των μετρήσεων με το DXA παρατηρούνται με απώλειες νερού των 1 έως 3 kgr (Lohman 1996).

Επιπλέον μελέτες για τον έλεγχο του DXA είναι απαραίτητες για τον καθορισμό της απόλυτης ακρίβειας των μετρήσεων του μαλακού ιστού. Οι διαφορές μεταξύ των κατασκευαστών καθώς και των λογισμικών πακέτων αναπόφευκτα έχουν ως αποτέλεσμα την αμφισβήτητση της ακρίβειας της μεθόδου. Μολαταύτα, είναι ξεκάθαρο πως η ακρίβεια είναι θαυμάσια, με CV (coefficient of variation, συντελεστής απόκλισης) περίπου 2% για την αναλογία του λίπους και περίπου 1% για την ισχνή ιστική μάζα. Αυτό το γεγονός διαφοροποιεί το DXA από τις άλλες μεθόδους στη μέτρηση της σύστασης των μαλακών ιστών και το καθιστά ως μια ελκυστική επιλογή για τις μελέτες που πρόκειται να μετρήσουν μικρές αλλαγές στη σύσταση του σώματος.

Κατανομή τοπικού λίπους

Ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα της μέτρησης των μαλακών ιστών με το DXA σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους είναι η ικανότητά του να αναλύει επιμέρους τμήματα του σώματος, ενώ επιπρόσθετα μπορεί να εκτιμάει ολόκληρο το σώμα. Παρόλο που οι διάφοροι κατασκευαστές προσφέρουν διαφορετικό βαθμό ευελιξίας στην τοπική ανάλυση είναι πάντοτε πιθάνο να διαιρεθεί το σώμα σε χέρια, πόδια και κορμό.

Η ακρίβεια των μετρήσεων σε κάθε περιοχή είναι μικρότερη σε σύγκριση με ολόκληρο το σώμα. Υπάρχει το ενδεχόμενο, για τον παρατηρητή, λάθους στην περιγραφή του τμήματος του σώματος ανάλογο με την αύξηση του μεγέθους του σώματος, κάνοντας έτσι τις μετρήσεις της σύστασης των μαλακών ιστών των παχύσαρκων υποκειμένων σχεδόν αδύνατες (Jebb 1997).

Σε μια έρευνα βρέθηκε πως το DXA υποεκτιμάει το λίπος στις κεντρικές περιοχές του σώματος. Τοποθετήθηκε εξωγενές λίπος στο σώμα το οποίο προσδιορίστηκε σωστά όταν τοποθετήθηκε περιφερειακά (~96%) αλλά όταν τοποθετήθηκε σε κεντρική περιοχή του σώματος εκτιμήθηκε μόνο ~55%.

Από ένα πείραμα προέκυψε πως η τοποθέτηση 1,51 κιλών εξωγενούς λίπους στην κεντρική ή περιφερειακή περιοχή του σώματος δεν είχε καμία επίδραση στην εκτίμηση ούτε της μη λιπώδους μάζας (χωρίς οστά) ούτε των μετάλλων της οστικής μάζας. Η επιπρόσθετη μάζα εκτιμήθηκε σωστά ως λίπος χωρίς να επηρεάζεται από το σημείο της τοποθέτησης.

Σε πειράματα που έγιναν για την σύγκριση της εκτίμησης του λιπώδους περιεχομένου του σώματος με το DXA και με την υδροπυκνομετρία βρέθηκε καλή συμφωνία μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων σε νέους άντρες και γυναίκες αλλά διεύρυνση της ασυμφωνίας στους μεσήλικες και ηλικιωμένους. Οι εκτιμήσεις του σωματικού λίπους με το DXA ήταν σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με την υδροπυκνομετρία. Η ασυμφωνία αυτή θεωρήθηκε ως μια υποεκτίμηση του λίπους με το DXA επειδή στους ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες υπάρχει η τάση να αυξάνεται το λίπος στην κοιλιακή χώρα (Wendy 1998).

Κοιλιακό λίπος

Η σύσταση των ιστών στην κοιλιά μπορεί να καθοριστεί χρησιμοποιώντας το DXA, προσδιορίζοντας την ως μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος μέσα στο πρόγραμμα ανάλυσης. Αυτή συνήθως ορίζεται από το τμήμα του ανώτερου άκρου του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου εως το κατώτερο άκρο του τέταρτου οσφυϊκού σπονδύλου. Οι μέθοδοι αναφοράς για το κοιλιακό λίπος είναι οι: CT (computed tomography, μηχανογραφημένη τομογραφία) ή MRI (magnetic resonance imaging, μαγνητικός συντονισμός). Η ακρίβεια των μετρήσεων του DXA για το ολικό κοιλιακό λίπος (CV<10%) είναι σημαντικά μικρότερη σε σύγκριση με την CT (CV<2%) αλλά παρόμοια ή και μεγαλύτερη σε σύγκριση με την MRI (CV>10%).

Το DXA μόνο του δε μπορεί να διακρίνει το ενδοκοιλιακό λίπος από το υποδόριο. Ωστόσο, έχουν γίνει προσπάθειες για την επίτευξη αυτού με τον προσδιορισμό της υποδόριας λιπώδους μάζας με ανθρωπομετρικές μετρήσεις και υπολογίζοντας την υποδόρια λιπώδη μάζα από την ολική κοιλιακή μάζα. Αυτή η διαδικασία αποδίδει ένα SEE περίπου 15% για την πρόβλεψη της ενδοκοιλιακής λιπώδους μάζας.

Ανεξάρτητα από την υπεροχή της CT, το DXA θα είναι η επιλογή που θα προτιμηθεί στις περισσότερες περιπτώσεις εξαιτίας της σχετικής ευκολίας στην προσέγγιση του μηχανήματος, της απλοϊκότητας των μετρήσεων και της χαμηλής έκθεσης στην ακτινοβολία. Ξεκάθαρα οι μετρήσεις με την MRI μπορούν να συναγωνιστούν με το DXA από την άποψη της έκθεσης στην ακτινοβολία, αλλά τα προβλήματα του κόστους, της διαθεσιμότητας και της ακρίβειας μπορεί να είναι χειρότερα από ότι με την CT.

Μυϊκή μάζα

Τμήματα της μυϊκής μάζας μπορούν να εκτιμηθούν βασισμένα στο θεωρητικό μοντέλο της σύστασης του σώματος στο οποίο θεωρείται πως η πλειονότητα του μη λιπώδους ιστού ερμηνεύεται από τον σκελετικό μυ. Η ολική ποσότητα των τμημάτων μετριέται και η ποσότητα του δέρματος, των οστών και του λιπώδους ιστού αφαιρείται.

Η ακρίβεια αυτής της μέτρησης εκτιμάται να είναι περίπου 1,5%. Είναι δύσκολο να αποδειχθεί η απόλυτη ακρίβεια εξαιτίας της έλλειψης οριστικής

μεθόδου για την ποσοτικοποίηση της ολικής σκελετικής μάζας. Ωστόσο, τα αποτελέσματα συσχετίζονται αρκετά καλά με τη μέτρηση ολόκληρου του σώματος με τη μέθοδο ολικού σωματικού καλίου, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως ως "σημειωτής" της ισχνής οστικής μάζας και οι εκτιμήσεις βασίζονται σε ανθρωπομετρικές μετρήσεις της μυϊκής μάζας των τμημάτων (Jebb 1997).

Εκτίμηση οστικών μετάλλων

Η εκτίμηση της μάζας των μετάλλων των οστών (g), η περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα (g/cm) και η πυκνότητα της περιοχής οστικών μετάλλων (g/cm^2) μπορεί να επιτευχθεί χάρη στο DXA. Σε αυτούς τους υπολογισμούς, οι μετρήσεις που εκφράζονται σε cm ή σε cm^2 προσαρμόζονται στα πλάτη και στις περιοχές αντιστοίχως των μερών του σκελετού που σαρώνονται. Η θεωρητική βάση για τη διπλή ενεργειακή εκτίμηση των μετρήσεων των οστικών μετάλλων έχει ήδη περιγραφεί. Οι μελέτες απέδειξαν ότι το DXA παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια και ορθότητα από το DPA. Πρώιμη εργασία κατά την αξιολόγηση της διπλής ενεργειακής προσέγγισης με τη χρήση ανάλυσης ενεργοποίησης νετρονίων για την εκτίμηση του συνολικού ποσού ασβεστίου στο σώμα απέδειξε ότι υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στις δύο μεθόδους.

Ανακεφαλαίωση

Υπάρχει μία γενική ομοφωνία ότι το DXA είναι μία ακριβής μέθοδος για την εκτίμηση διαφόρων παραμέτρων της σύστασης του σώματος συμπεριλαμβανομένων των TBBM, TBMD, STM, LTM, FM και του FFM. Η τοπική σύσταση σώματος μπορεί, εξάλλου, να μετρηθεί με τη χρήση του DXA με επαρκή ακρίβεια, μικρότερη ωστόσο από ότι προσφέρει στην ολική σύσταση σώματος.

Η ακρίβεια του DXA για την εκτίμηση του LTM, FM και του TBMD δεν έχει αποδειχθεί πλήρως. Όταν το επί τοις εκατό ποσό του λίπους του σώματος (που προκύπτει) από το DXA χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί το % ποσοστό του λίπους του σώματος που προκύπτει από μία μέθοδο αναφοράς, οι τιμές του SEE είναι συνήθως ίδιες ή μικρότερες από αυτές που προκύπτουν όταν χρησιμοποιούνται άλλες παραδοσιακές μέθοδοι προκειμένου να προβλεφθούν οι τιμές μίας μεθόδου αναφοράς. Όταν συγκριθεί το επί τοις εκατό λίπος (που προκύπτει) από το DXA με το επί τοις εκατό ποσοστό λίπους (που προκύπτει) από

την πυκνότητα σώματος με μία πολυσύνθετη μέθοδο, οι τιμές του SEE τυπικά ποικίλουν από 2,5 έως 3,5 %.

Η επίδραση του πάχους των υποκειμένων στις εκτιμήσεις του BMD μελετήθηκαν από τους Laskey και συν. (1992) και Jebb και συν. (1993). Και οι δύο μελέτες έδειξαν μία αύξηση της τάξης του 2% του BMD με μία αύξηση του πάχους των υποκειμένων μέχρι και 28 cm. Για το Lunar DPX η προσαρμογή στις άκρες των οστών ήταν απαραίτητη προκειμένου να διατηρηθεί η ακρίβεια όταν το τοπικό πάχος του ιστού ήταν μεγαλύτερο από 22 cm. Οι Tothill & Avenell μελέτησαν την επίδραση του πάχους του μαλακού ιστού σε τέσσερα μοντέλα σπονδυλικής στήλης με το Lunar DPX. Οι τιμές του BMD επηρεάστηκαν από το πάχος, το μηχάνημα και το μοντέλο σπονδυλικής στήλης που χρησιμοποιήθηκε για τη βαθμονόμηση, όμως το μέγεθος των αποτελεσμάτων της αύξησης του πάχους γενικώς δεν ξεπέρασε το 3%. Οι Going και συν απέδειξαν ότι μικρές αλλαγές στην ενυδάτωση του FFM δεν επηρεάζει τις εκτιμήσεις του BMD.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ακρίβεια του DXA συμπεριλαμβάνουν το πάχος του υποκειμένου, το μέγεθος του υποκειμένου, τη διαδικασία βαθμονόμησης, το λογισμικό version και την εταιρεία του οργάνου και το μοντέλο. Επειδή κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί διαφορετικές μεθόδους για να αντλήσει τη σχέση μεταξύ της εξασθένισης των ακτίνων X και της σύστασης σώματος, έχουν εξαχθεί διαφορετικά συμπεράσματα με κάθε εκδοχή οργάνου και λογισμικού. Πρόσφατες αλλαγές από τις Hologic, Lunar και Norland αντιμετώπισαν κάποιους παράγοντες που προκαλούν σύγχυση, αλλά η κάθε μία χρησιμοποιεί διαφορετικές υποθέσεις και μοντέλα. Μέχρι να αξιολογηθούν αυτές οι προσεγγίσεις στο ίδιο δείγμα σε σχέση με τα δεδομένα ενός πολυσύνθετου μοντέλου, είναι δύσκολο να προταθεί μία τυποποιημένη διαδικασία, προσέγγιση ή όργανο. Είναι απαραίτητες οι μελέτες αξιολόγησης προκειμένου να καθοριστεί η ακρίβεια κάθε προσέγγισης στα ίδια δείγματα.

Τα επίπεδα ενυδάτωσης χρειάζονται περισσότερη προσοχή. Εξαιτίας της ποικιλίας στα επίπεδα ενυδάτωσης –ειδικά σε συγκεκριμένα στάδια ορισμένων ασθενειών, στα βρέφη και σους ηλικιωμένους- οι επιδράσεις στην εκτίμηση της σύστασης του σώματος πρέπει να θεμελιωθούν για θεωρητικούς και εμπειρικούς λόγους. Γνώση αυτών των επιδράσεων θα βελτίωνε την τοπική αλλά και ολική εκτίμηση της σύστασης του σώματος.

Κάθε εταιρία χρησιμοποιεί διαφορετικό τρόπο προσέγγισης για την εκτίμηση της κατανομής του λίπους στα εικονοστοιχεία που περιέχουν οστά. Το λίπος σε συτά τα εικονοστοιχεία πρέπει να εκτιμηθεί αφού δεν μπορεί να μετρηθεί. Η ακριβής εκτίμηση της περιεκτικότητας λίπους αυτών των εικονοστοιχείων είναι απαραίτητη προκειμένου να γίνουν ακριβείς μετρήσεις με το DXA της λιπώδους και της ισχνής οστικής μάζας. Δεδομένου ότι πάνω από το 40% των εικονοστοιχείων περιέχουν που περιέχουν πληροφορίες για τη σύσταση του σώματος περιλαμβάνουν και οστά, χρειάζεται να εκτιμηθούν με ακρίβεια τα επίπεδα της σχετιζόμενης λιπώδους και της ισχνής μάζας. Αν αυτές οι εκτιμήσεις δεν είναι ακριβείς τότε οι μετρήσεις του DXA τόσο όλου του σώματος όσο και οι των επιμέρους περιοχών δεν θα είναι σωστές. Επιπλέον, εξαιτίας της διαδεδομένης χρήσης του DXA για την εκτίμηση των αλλαγών στη σύσταση του σώματος ανάλογα με την ηλικία, την άσκηση και τη δίαιτα είναι αναγκαίο οι αλλαγές στην κατανομή του λίπους να μην επηρεάζουν την ακρίβεια των εκτιμήσεων.

Συμπερασματικά, το DXA προσφέρει ακριβείς εκτιμήσεις της σύστασης του σώματος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολυσύνθετες προσεγγίσεις, συνήθως παρέχοντας μετρήσεις των μετάλλων των ιστών ολόκληρου του σώματος (TBBM) ή από μόνο του για να εξάγει εκτιμήσεις για τα μέταλλα των οστών, τον ισχνό ιστό και τη λιπώδη μάζα των επιμέρους περιοχών αλλά και τη σύσταση όλου του σώματος. Με κάποια συμπληρωματική έρευνα, το DXA μπορεί να γίνει μέθοδος αναφοράς για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος. Μελλοντικές μελέτες πιθανότατα θα διαλευκάνουν την περιορισμένη του ακρίβεια και θα οδηγήσουν σε μια ποιο τυποποιημένη προσέγγιση (Lohman 1996).

Μηχανογραφημένη τομογραφία

Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει τοπικά την σύσταση του σώματος. Μια απεικόνιση δημιουργείται με μηχανογραφημένη επεξεργασία των δεδομένων ακτινοβολίας X. Το λίπος, η ισχνή μάζα του σώματος και τα οστά μπορούν να αναγνωριστούν από την χαρακτηριστική συχνότητα κατανομής της πυκνότητας και είναι δυνατή η εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με την κατανομή του τοπικού λίπους. Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του λόγου του ενδοκοιλιακού προς το υποδερμικό λίπος. Το μέγεθος του ήπατος, του σπλήνα και των νεφρών είναι στοιχεία που επίσης μπορούν να προσδιοριστούν με αυτή την μέθοδο. Τόσο το κόστος του εξοπλισμού όσο και το μέγεθος της τεχνικής

δυσκολίας είναι μεγάλα. Η μέθοδος είναι αποκλειστικά εργαστηριακή και περιορίζεται στα μεγάλα ιατρικά κέντρα (Goodpaster και συν 2000).

Υπέρηχος

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί όργανα με τα οποία η ηλεκτρική μετατρέπεται σε υψηλής συχνότητας υπερηχητική ενέργεια. Διαδοχική εκπομπή αυτών των υπερηχητικών κυμάτων μέσα από τους διάφορους ιστούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί το πάχος των ιστών. Χρησιμοποιείται συχνά για να καθοριστεί το πάχος του υποδερμικού στρώματος λίπους. Διατίθενται μεγάλα εργαστηριακά όργανα αλλά και μικρότερος φορητός εξοπλισμός. Παρά το γεγονός ότι τα στοιχεία αποδεικνύουν μία λογική αξιοπιστία της μεθόδου η γενικευμένη χρήση της είναι περιορισμένη. Επειδή δεν έχει καθοριστεί επαρκώς η σωστή συχνότητα εκπομπής του σήματος και η απαιτούμενη συνεχής πίεση που ασκείται από το μηχάνημα στην εξεταζόμενη περιοχή, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί επιτυχώς. Αλλαγές της πίεσης από την εφαρμογή του μηχανήματος μπορούν να εμποδίσουν τον καθορισμό με υπέρηχους του πάχους του λιπώδους ιστού (Jensen 1992).

Μαγνητικός συντονισμός

Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι οι ατομικοί πυρήνες μπορούν να συμπεριφερθούν σαν μαγνήτες. Όταν το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο εφαρμόζεται επί ενός σημείου του σώματος, κάθε πυρήνας προσπαθεί να ευθυγραμμιστεί με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Αν αυτοί οι πυρήνες κινούνται ταυτόχρονα με ένα ραδιενεργό κύμα συχνότητας, όταν το ραδιενεργό κύμα αποσύρεται, ο ενεργοποιημένος πυρήνας θα εκπέμπει το σήμα απορρόφησης. Αυτό το σήμα που εκπέμπεται χρησιμοποιείται στην αναπαραγωγή της εικόνας μέσω υπολογιστή. Η μέθοδος αυτή έχει την ικανότητα να παράγει εικόνες που ανταποκρίνονται στους πραγματικούς ιστούς και να αναπαριστά στοιχεία όπως το επίπεδο της ενυδάτωσης και του περιεχόμενου λίπους. Αυτή η μέθοδος φαίνεται να έχει πολλές δυνατότητες, αλλά τόσο το κόστος του εξοπλισμού όσο και οι τεχνικές δυσκολίες είναι υψηλές (Ross & Bluml 2001).

Ανάλυση ενεργοποίησης νετρονίου

Αυτή είναι η μόνη προς το παρόν διαθέσιμη τεχνική για τη μέτρηση της πολυσύνθετης σύστασης του ανθρώπινου σώματος. Χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας παράγουν ισοτοπικά άτομα στους ιστούς. Τα επηρεασμένα νουκλεΐδια (nuclides) επιτρέπουν την μέτρηση αρκετών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων του αζώτου, του ασβεστίου, του φωσφόρου, του μαγνησίου, του νατρίου και του χλωρίου. Παρά το γεγονός οτι η ακρίβεια της μέτρησης είναι μεγάλη, εξίσου μεγάλες είναι και οι τεχνικές δυσκολίες αλλά και το κόστος του εξοπλισμού. Η μέθοδος αυτή περιορίζεται σε πολύ λίγα εργαστήρια (Kehayias & Valtuena 1999).

1.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ

Η σύσταση και το βάρος του σώματος είναι δύο από τους πολλούς παράγοντες που συμβάλλουν στη μέγιστη αθλητική απόδοση. Συνυπολογιζόμενοι, αυτοί οι δύο παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την επίδοση ενός αθλητή σε ένα δεδομένο άθλημα. Το σωματικό βάρος μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα, την αντοχή και τη δύναμη του αθλητή, ενώ η σύσταση του σώματος μπορεί να επηρεάσει τη δύναμη, την ευκινησία και την εμφάνιση ενός αθλητή. Οι περισσότεροι αθλητές χρειάζονται έναν υψηλό λόγο δύναμης προς βάρος για να πετύχουν τη βέλτιστη αθλητική απόδοση και εξαιτίας του ότι το σωματικό λίπος προσθέτει στο βάρος χωρίς να προσθέτει στη δύναμη, σε πολλά αθλήματα δίδεται έμφαση σε χαμηλά ποσοστά σωματικού λίπους (Position of the ADA and the CDA, 1993). Ωστόσο, υπερβολικά λίγο σωματικό λίπος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης καθώς και αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία (Duek και συν 1996, Houtkooper και συν 1994). Η αθλητική απόδοση δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια με βάση μόνο το βάρος και τη σύσταση του σώματος (Houtkooper 2000).

Από έρευνες έχει βρεθεί πως οι υδατοσφαιριστές και οι κολυμβητές είναι ψηλότεροι και παχύτεροι σε σύγκριση τόσο με την ομάδα ελέγχου όσο και με άλλους αθλητές (Andreoli και συν. 2001, Morel και συν. 2001, Lima και συν. 2001). Οι δρομείς παρουσιάζονται ελφρύτεροι και με μικρότερο Δείκτη Μάζας Σώματος σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Stewart & Hannan 2000).

Σε ό,τι αφορά το λιπώδη ιστό των αθλητών υγρού στίβου τα αποτελέσματα δεν δίνουν μια σαφή απάντηση. Συγκεκριμένα, σε μια έρευνα που εξετάστηκαν μαζί –σαν μια ομάδα- οι κολυμβητές και οι υδατοσφαιριστές παρουσίασαν μικρότερο ποσοστό σωματικού λίπους από την ομάδα ελέγχου αλλά όχι διαφορετικές τιμές λιπώδους μάζας (Lima και συν 2001). Επίσης, έχει βρεθεί πως οι υδατοσφαιριστές έχουν ίδια περίπου λιπώδη μάζα με την ομάδα ελέγχου και μεγαλύτερη σε σχέση με άλλους αθλητές (Andreoli και συν 2001). Οι κολυμβητές έχουν μικρότερες τιμές λιπώδους μάζας αλλά και ποσοστού λίπους σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Taaffe και συν 1999). Τέλος, έχει βρεθεί πως η λιπώδης μάζα των επιμέρους τμημάτων του σώματος (χέρια, πόδια, κορμός) των υδατοσφαιριστών είναι μεγαλύτερη από εκείνη άλλων αθλητών (τζούντο και καράτε) αλλά παραπλήσια με την ομάδα ελέγχου (Andreoli και συν 2001).

Οι δρομείς αντοχής βρέθηκε να έχουν λιπώδη μάζα και ποσοστό σωματικού λίπους μικρότερο από την ομάδα ελέγχου αλλά και από άλλους αθλητές (Morel και συν. 2001, Stewart & Hannan 2000).

Τόσο οι υδατοσφαιριστές όσο και οι κολυμβητές παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές ισχνής μυϊκης μάζας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Andreoli και συν. 2001, Block και συν. 1989, Taaffe και συν. 1999, Morel και συν. 2001, Lima και συν. 2001). Σ' αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως όταν αναφέρουμε ομάδα ελέγχου εννοούμε άτομα τα αποία είναι τελείως αδρανή ή με πολύ χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριιότητας.

Για τις υδατοσφαιρίστριες και τις κολυμβήτριες έχει βρεθεί πως είναι υψηλότερες και βαρύτερες σε σύγκριση τόσο με την ομάδα ελέγχου όσο και με άλλες αθλήτριες (Taaffe και συν. 1997, Taaffe και συν. 1995, Heinrich και συν. 1990, Fehling και συν. 1995).

Τα αποτελέσματα για τη λιπώδη μάζα στη βιβλιογραφία είναι και πάλι αντιφατικά, όπως συμβαίνει και με τους άνδρες αθλητές υγρού στίβου. Υπάρχουν έρευνες που δείχνουν πως η λιπώδης μάζα και το ποσοστό σωματικού λίπους στις κολυμβήτριες δεν διαφέρει σημαντικά από εκείνα της ομάδας ελέγχου και είναι υψηλότερα σε σχέση με άλλες αθλήτριες (Taaffe και συν. 1995, Heinrich και συν. 1990, Fehling και συν. 1995). Σε άλλες έρευνες οι κολυμβήτριες εμφανίζονται να έχουν χαμηλότερες τιμές λιπώδους μάζας και ποσοστού σωματικού λίπους σε σχέση με τα άτομα της ομάδας ελέγχου (Taaffe και συν. 1997).

Οι κολυμβήτριες παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές ισχνής μάζας σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου αλλά και με άλλες αθλήτριες (Taaffe και συν. 1997, Taaffe και συν. 1995, Heinrich και συν. 1990, Fehling και συν. 1995).

1.3. ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΘΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΡΙΩΝ

Τα δεδομένα των ερευνών σε ανθρώπους για την σχέση της άσκησης μεγάλης διάρκειας με την οστική πυκνότητα και το οστικό περιεχόμενο προέρχονται από έρευνες σε αθλητές (Suominen 1993). Οι Nilsson και Westlin ήταν από του πρώτους που έδειξαν πως οι αθλητές διαφόρων τύπων άσκησης έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα από ό,τι οι μη αθλητές (Nilsson & Westlin 1971). Ωστόσο, υπάρχει σχετική διαφοροποίηση στο μέγεθος και τη σπουδαιότητα των διαφορών που παρατηρήθηκαν μεταξύ αθλητών και μη αθλητών οι οποίες εξαρτώνται από την ηλικία, το φύλο, το είδος του αθλήματος και της προπόνησης, και το τμήμα του οστού που εξετάζεται. Μερικές μελέτες σε νεαρούς και μεσήλικες άνδρες έδειξαν διαφορές που ξεπερνούν το 40% σε αύξηση της οστικής πυκνότητας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Lane και συν. 1986, Virvidakis και συν. 1990). Σε νεαρούς/νεαρές ενήλικες, οι υψηλότερες τιμές BMC και BMD βρέθηκαν σε αθλητές δύναμης και ισχύος (Heinomen και συν. 1993, Risser και συν. 1990, Nilsson & Westlin 1971, Virvidakis και συν. 1990, Block και συν. 1989, Heinrich και συν. 1990, Jacobson και συν. 1984), ενώ δραστηριότητες μεγάλης διάρκειας ή δραστηριότητες που δεν μεταφέρουν το σωματικό βάρος (non-weight-bearing) όπως το τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων (Bilanin και συν. 1989) και η κολύμβηση (Risser και συν. 1990) φαίνονται να έχουν μικρότερη επίδραση στην αύξηση της οστικής πυκνότητας. Αν και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των διαστρωματικών μελετών θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή, οι μελέτες σε αθλητές χρησιμεύουν ως μια εναλλακτική οικονομική προσέγγιση σε πειραματικές προσπάθειες με την μακροχρόνια εξέλιξη τους. Οι διαφορές που βρέθηκαν στις τιμές των BMD μεταξύ αυτών που έχουν κατατάξει τους εαυτούς τους σε άτομα με μακροχρόνια άσκηση και αυτών που είναι λιγότερο δραστήρια δεν πρέπει να υποεκτιμηθεί (Suominen 1993).

Μελέτες σε αθλητές έχουν δείξει πως η οστική πυκνότητα των «επιβαρυμένων» οστών μπορεί να είναι περισσότερο από 30% υψηλότερη στις περισσότερες μελέτες, και από 5% εώς 20% υψηλότερη στις περισσότερες πλευρές από ό,τι στα μη επιβαρυμένα οστά του ίδιου οργανισμού ή στα ίδια οστά

της μη αθλούμενης ομάδας ελέγχου (Grimston και συν. 1993, Heinomen και συν. 1993, Kirchner και συν. 1995, Slemenda και συν. 1993, Taaffe και συν. 1995).

Οι κολυμβητές δεν διέφεραν σημαντικά από τους μη αθλητές όταν τόσο η αθλούμενη όσο και η μη αθλούμενη ομάδα ελέγχου συμπεριλαμβανόταν στη σύγκριση (Nilsson & Westlin 1971, Taaffe & Marcus 1999, Taaffe και συν 2001, Matsumoto και συν 1997). Επίσης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, μεταξύ κολυμβητών και μη αθλητών, στην οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης (οσφυϊκή χώρα), του μηριαίου οστού και ολόκληρου του σώματος (Taaffe & Marcus 1999). Βρέθηκε, επίσης, πως το βάρος του σώματος και η λιπώδης μάζα συσχετιζόταν σημαντικά με την οστική πυκνότητα στις περιοχές της σπονδυλικής στήλης, του ισχίου και του Ward's. Η ισχνή μάζα συσχετιζόταν σημαντικά με την ολική οστική πυκνότητα (Taaffe & Marcus 1999).

Σε έρευνα, σε ερασιτέχνες αθλητές, βρέθηκε πως στα αθλήματα υψηλού φορτίου (impact loading) εμφανίζεται υψηλότερη οστική πυκνότητα στα πόδια από ό,τι στα άλλα αθλήματα (active loading). Επίσης, στην ίδια έρευνα βρέθηκε πως οι αθλητές με τις χαμηλότερες τιμές ολικής οστικής πυκνότητας ήταν οι κολυμβητές και οι δρομείς αντοχής (Morel και συν. 2001).

Ορισμένες έρευνες έχουν δείξει μη σημαντικές διαφορές μεταξύ νέων αθλητών και της ομάδας ελέγχου ή ακόμη και χαμηλότερες τιμές οστικού περιεχομένου στην οσφυική χώρα της σπονδυλικής στήλης σε κολυμβητές (Risser και συν. 1990) και δρομείς αντοχής (Bilanin και συν. 1989). Επίσης, έχει βρεθεί πως οι κολυμβητές και οι δρομείς αντοχής έχουν ίδια ολική οστική πυκνότητα η οποία είναι μικρότερη από εκείνη άλλων αθλητών όπως του τζούντο (Matsumoto και συν 1997).

Σε μελέτες που έχουν γίνει σε γυναίκες αθλήτριες έχει βρεθεί πως οι κολυμβήτριες έχουν χαμηλότερη ολική οστική πυκνότητα από άλλες αθλήτριες οι οποίες ασχολούνται με αθλήματα δύναμης (impact loading) (πετοσφαιρίστριες, γυμνάστριες, καλαθοσφαιρίστριες). Επίσης, καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά δεν βρέθηκε στην ολική οστική πυκνότητα μεταξύ των κολυμβητριών και της ομάδας ελέγχου (Fehling και συν. 1995, Lee και συν. 1995, Siders και συν. 1993), καθώς και των κολυμβητριών, των δρομέων αντοχής και της ομάδας ελέγχου (Emslander και συν 1998).

Όσον αφορά τους υδατοσφαιριστές τα αποτελέσματα είναι αμφιλεγόμενα (βέβαια είναι πολύ περιορισμένος ο αριθμός των μελετών που έχουν γίνει και

χρειάζεται περαιτέρω έρευνα). Σε μια έρευνα έχει βρεθεί πως η ολική οστική πυκνότητα των υδατοσφαιριστών ήταν ίδια με εκείνη της ομάδας ελέγχου (Andreoli και συν. 2001). Υπάρχουν όμως δεδομένα που δείχνουν πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα μεταξύ των υδατοσφαιριστών και μιας ομάδας που συμμετείχε σε προπόνηση με βάρη. Ωστόσο, και οι δύο ομάδες αθλητών βρέθηκαν να έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (με χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας) (Block JE και συν. 1989).

Για τους λόγους που έχουν ήδη αναφερθεί σε πολλά σημεία της παρούσας μελέτης, η σύσταση του σώματος των αθλητών παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Έχουν γίνει αρκετές μελέτες που σχετίζονται με τη σύσταση του σώματος αθλητών. Ωστόσο, είναι περιορισμένος ο αριθμός των ερευνών που αφορούν τους αθλητές υγρού στίβου. Ειδικά για τους υδατοσφαιριστές έχουν πραγματοποιηθεί πολύ λίγες έρευνες. Σε κάποιες από αυτές δεν έγινε ούτε καν διαχωρισμός μεταξύ των κολυμβητών και των υδατοσφαιριστών. Για τις υδατοσφαιρίστριες δεν υπάρχουν δεδομένα που να αφορούν στην οστική τους πυκνότητα ενώ τα στοιχεία για τη σύσταση του σώματος τους είναι ελάχιστα.

Ο περιορισμένος αριθμός μελετών για τη σύσταση του σώματος αθλητών υγρού στίβου ήταν η αφορμή για την διεξαγωγή της παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, στο δείγμα συμπεριλήφθησαν τόσο άνδρες αθλητές όσο και γυναίκες αθλήτριες, ενώ επιπλέον έγινε διαχωρισμός μεταξύ των δύο αγωνισμάτων (κολύμβηση και υδατοσφαίριση). Ένα επιπρόσθετο κίνητρο για την εκπόνηση της μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που αφορούν στην οστική πυκνότητα των κολυμβητών και των υδατοσφαιριστών είναι αντιφατικά. Τέλος, δεν έχουν δημοσιευθεί στοιχεία που να σχετίζονται με την οστική πυκνότητα των υδατοσφαιριστριών.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. ΑΤΟΜΑ

Στην έρευνα συμμετείχαν 61 Έλληνες αθλητές και αθλήτριες ηλικίας από 18 έως 32 ετών. Το δείγμα περιλάμβανε κολυμβητές (ΚΟΛ, N=7 γυναίκες και N=15 άνδρες), υδατοσφαιριστές (ΥΔ, N=13 γυναίκες και N=10 άνδρες), δρομείς ταχύτητας (ΔΤ, N=8 άνδρες) και δρομείς αντοχής (ΔΑ, N=8 άνδρες). Όλοι οι αθλητές και οι αθλήτριες συμμετείχαν σε αγώνες τόσο πανελληνίου όσο και παγκοσμίου επιπέδου. Οι αθλητές και οι αθλήτριες υγρού στίβου ήταν μέλη της Κολυμβητικής Ομοσπονδίας Ελλάδος (ΚΟΕ)

Στην έρευνα συμμετείχαν και 28 Έλληνες και Ελληνίδες οι οποίοι αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου. Η ηλικία τους κυμαινόταν από 18 έως 32 ετών. Συγκεκριμένα η ομάδα ελέγχου αποτελούταν από 13 άνδρες μέτριας φυσικής δραστηριότητας και από 15 γυναίκες με πολύ χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας.

Η φυσική δραστηριότητα της ομάδα ελέγχου δεν εκτιμήθηκε λεπτομερώς με τη χρήση ερωτηματολογίων. Οι πληροφορίες για τα επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας προέκυψαν από συνέντευξη που έδωσαν σχετικά με το θέμα αυτό στην κύρια ερευνήτρια. Από τις πληροφορίες αυτές προέκυψε ότι οι άνδρες της ομάδας ελέγχου συμμετείχαν σε γυμναστικές δραστηριότητες (τόσο ατομικές όσο και ομαδικές) τουλάχιστον 3 φορές ανά εβδομάδα για 1 ώρα περίπου κάθε φορά. Αυτό συνέβαινε τα τελευταία 5 με 10 χρόνια της ζωής τους. Πάντως κανείς από αυτούς δε αθλούταν σε καθημερινή και μόνιμη βάση ή σε επαγγελματικό επίπεδο. Οι γυναίκες της ομάδας ελέγχου, αντίστοιχα, δεν δήλωσαν ενασχόληση με κάποιου είδους άσκηση και επομένως χαρακτηρίστηκαν ως άτομα με χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας.

2.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

2.2.1. Ανθρωπομετρία

Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις έγιναν με βάση τα συνηθισμένα κριτήρια και τις διαδικασίες μέτρησης. Τα άτομα ζυγίστηκαν χωρίς παπούτσια και με ελαφριά ένδυση σε ζυγό SECA με ακρίβεια 0,1kgr. Το ύψος μετρήθηκε με ακρίβεια 0,5cm με αναστημόμετρο ενσωματωμένο στο ζυγό. Τα άτομα μετρήθηκαν χωρίς παπούτσια, με τα πόδια (πατούσες) ενωμένα και το λεγόμενο «Frankfurt plane» του κεφαλιού (η οριζόντια γραμμή που εκτείνεται από το κάτω άκρο της κόγχης του ματιού και το μέσο της μύτης ως το μέσο περίπου του αυτιού) σε οριζόντια θέση παράλληλα με το έδαφος. Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τον τύπο ΔΜΣ=Βάρος(kgr)/Ύψος(m)^2. Η περιφέρεια ώμου μετρήθηκε με ακρίβεια 0,1cm, χρησιμοποιώντας πλαστική μεζούρα.

2.2.2. Δερματικές πτυχές

Οι μετρήσεις των δερματικών πτυχών πραγματοποιήθηκαν με ακρίβεια 0,2mm χρησιμοποιώντας δερματοπτυχόμετρο Lange (Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MA, USA). Οι μετρήσεις έγιναν τρεις φορές και για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος τους.

Η **υποπλάτια δερματοπτυχή** μετρήθηκε διαγώνια, περίπου 45^0 στην οριζόντια φυσική σχισμή του δέρματος. Είναι το σημείο ακριβώς κάτω από την κατώτερη γωνία της ωμοπλάτης, Το υποκείμενο στεκόταν χαλαρά ευθυτενές με τα άνω άκρα αφημένα ελεύθερα εκατέρωθεν του κορμού. Για την εύρεση της περιοχής, ψηλαφήθηκε η ωμοπλάτη, κινώντας τα δάχτυλα κάτω και πλάγια, στο άκρο που συνορεύει με τη σπονδυλική στήλη μέχρι να προσδιοριστεί η κατώτερη γωνία. Τα στελέχη του δερματοπτυχόμετρου εφαρμόστηκαν ένα εκατοστό κάτω και πλάγια από τον αντίχειρα και το δάχτυλο που κρατούσε την πτυχή, και το πάχος σημειώθηκε στο πλησιέστερο 0,2mm.

Η **υπερλαγόνια δερματοπτυχή** μετρήθηκε στη μέση κάθετη γραμμή της μασχάλης ακριβώς πάνω από την λαγόνιο ακρολοφία. Το υποκείμενο στεκόταν με τα πόδια ενωμένα και σε μία σταθερή θέση. Τα χέρια ήταν αφημένα ελεύθερα παράλληλα με τον κορμό ή ελαφρά ανασηκωμένα -αν ήταν απαραίτητο- προκειμένου να διευκολυνθεί η μέτρηση. Μία πλάγια δερματοπτυχή πιανόταν ακριβώς πίσω από την μέση γραμμή της μασχάλης ακολουθώντας τη φυσική αυλάκωση των γραμμών του δέρματος. Τα στελέχη του δερματοπτυχόμετρου εφαρμοζόταν περίπου ένα εκατοστό από τα δάχτυλα που κρατούσαν τη δερματοπτυχή και το πάχος σημειώθηκε στο πλησιέστερο 0,2mm.

Η **δερματοπτυχή τρικεφάλου** μετρήθηκε στη μέση της οπίσθιας πλευρά του μπράτσου πάνω από τον τρικέφαλο μυ. Βρισκόταν σε ένα σημείο, στη μέση μεταξύ της πλάγιας προεξοχής της απόφυσης του ακρωμίου της ωμοπλάτης και του κατώτερου σημείου της απόφυσης του οστού του αγκώνα (της ωλένης). Η απόσταση μετρήθηκε κάθετα με μία μεζούρα και σημειώθηκε το μέσο της. Το υποκείμενο στεκόταν όρθιο και η δερματοπτυχή μετρήθηκε με το χέρι να κρέμεται άνετα στην πλευρά του σώματος. Τα στελέχη του δερματοπτυχόμετρου τοποθετήθηκαν περίπου ένα εκατοστό από το σημαδεμένο σημείο και το πάχος σημειώθηκε στο πλησιέστερο 0,2mm.

Η **δερματοπτυχή δικεφάλου** μετρήθηκε ως το πάχος μιας κάθετης πτυχής ανυψωμένης στην πρόσθια πλευρά του μπράτσου, πάνω από τη γαστέρα του δικέφαλου μυός. Η δερματοπτυχή ανυψώθηκε 1 cm πάνω από το σημαδεμένο σημείο για την μέτρηση, σε μία κάθετη γραμμή του πρόσθιου άκρου στο κέντρο του προωλένιου βοθρίου. Το υποκείμενο στεκόταν με τα χέρια ελεύθερα, κάτω και παράλληλα με το σώμα. Το πάχος της δερματοπτυχής μετρήθηκε στο πλησιέστερο 0,2mm.

2.2.3. Απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας

Η οστική πυκνότητα (BMD), το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα (BMC), και η σύσταση των μαλακών ιστών, όλου του σώματος αλλά και των τμημάτων αυτού (χέρια, πόδια, κορμός) προσδιορίσθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη με ολοσωματικό DXA scanner (Model DPX+, Lunar Corp., Madison, WI, USA) και το ειδικό λογισμικό της εταιρείας Lunar (software 4,3z). Ο χρόνος σάρωσης για κάθε μέτρηση ήταν περίπου 10 λεπτά: χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος γρήγορης ταχύτητας για λόγους οικονομίας χρόνου, αφού δεν έχουν βρεθεί σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα ή στα λάθη ακριβείας ανάμεσα στη μέση και στη γρήγορη ταχύτητα. (Mazees RB και συν. 1990). Εξετάσεις της ποιότητας της μέτρησης DXA (quality assurance test) γίνονταν καθημερινά. Όλες οι μετρήσεις DXA εκτελέστηκαν στο ίδιο μηχάνημα.

Η ανθρωπομετρία, η μέτρηση δερματικών πτυχών, η μέτρηση DXA και η ανάλυση της εικόνας που προέκυπτε έγιναν όλες από την κύρια ερευνήτρια.

2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά αναφέρονται ως μέσοι όροι ± τυπικές αποκλίσεις. Πριν την σύγκριση των ομάδων μεταξύ τους έγινε έλεγχος για την κανονική κατανομή των τιμών των σχετικών χαρακτηριστικών με το τεστ Shapiro-Wilk (αντίστοιχο του τεστ Kolmogorov-Sminov για δείγματα μικρότερα των 50 ατόμων).

Οι συγκρίσεις των μέσων των διαφόρων μεταβλητών μεταξύ των ομάδων έγιναν με Student's T-test. Ο βαθμός σημαντικότητας ορίστηκε στο $p<0,05$.

Η πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης κατά βήματα εκτιμήθηκε για να εντοπιστούν οι καλύτερες ερμηνευτικές μεταβλητές της οστικής πυκνότητας μεταξύ επιλεγμένων παραμέτρων της μελέτης (όταν επιλέγεται μία ανεξάρτητη μεταβλητή, η σημαντικότητα της συνεισφοράς της στο R^2 της εξίσωσης εκτιμάται με $p<0,05$). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας είχε οριστεί στο $p<0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα αποτελέσματα της ανθρωπομετρίας των αθλητών, των αθλητριών καθώς και των ατόμων που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση. Το βάρος και το ύψος διέφερε μεταξύ των τριών ομάδων των γυναικών. Συγκεκριμένα, τα άτομα της ομάδας ελέγχου ήταν ελαφρύτερα από τις υδατοσφαιρίστριες (58,2±4,9 kgr και 67,2±7,3 kgr αντίστοιχα, $p<0,01$) ενώ οι κολυμβήτριες δεν διέφεραν σημαντικά από τις δύο ομάδες. Επίσης, οι υδατοσφαιρίστριες και οι κολυμβήτριες, οι οποίες είχαν παραπλήσιο ύψος (169,9±4,7 cm και 169,9±5,6 cm αντίστοιχα, $p=1,0$), ήταν υψηλότερες από την ομάδα ελέγχου (164,2±5,0 cm, $p<0,01$).

Στους άνδρες, η ηλικία, το βάρος, το ύψος και ο δείκτης μάζας σώματος διέφεραν σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ομάδων. Συγκεκριμένα, οι υδατοσφαιριστές ήταν μεγαλύτεροι σε ηλικία από τους κολυμβητές (25,4±3,0 χρ και 20,6±2,3 χρ αντίστοιχα, $p<0,01$) και από τα άτομα της ομάδας ελέγχου (22,2±3,2 χρόνια, $p=0,05$). Οι δρομείς αντοχής ήταν σημαντικά ελαφρύτεροι από όλες τις άλλες ομάδες ($p<0,01$). Επίσης, οι κολυμβητές ήταν πιο αδύνατοι από τους υδατοσφαιριστές (78,5±11,0 kgr και 89,8±5,4 kgr αντίστοιχα, $p<0,05$). Οι υδατοσφαιριστές ήταν βαρύτεροι από τα άτομα της ομάδας ελέγχου (89,8±5,4 kgr και 74,0±9,0 kgr αντίστοιχα, $p<0,01$). Οι δρομείς αντοχής ήταν στατιστικά σημαντικά οι πιο κοντοί σε σύγκριση με όλες τις άλλες ομάδες ($p<0,05$) οι οποίες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Οι δρομείς αντοχής είχαν το μικρότερο Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ομάδες ($p<0,05$). Οι κολυμβητές είχαν μικρότερο ΔΜΣ σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές (23,2±1,8 kgr/m^2 και 26,3±1,3 kgr/m^2 αντίστοιχα, $p<0,01$) ενώ οι τελευταίοι είχαν υψηλότερο ΔΜΣ σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (26,3±1,3 kgr/m^2 και 23,1±2,5 kgr/m^2 αντίστοιχα, $p<0,01$).

Στους Πίνακες 3 και 4 παρουσιάζονται τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (περιφέρεια ώμου, δερματοπτυχές) των αθλητριών και των αθλητών του υγρού στίβου. Οι τιμές και των τεσσάρων δερματοπτυχών στις κολυμβήτριες ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερες σε σχέση με τις υδατοσφαιρίστριες (p<0,05) ενώ η περιφέρεια του ώμου δε διέφερε ανάμεσα στις δύο ομάδες. Στους άνδρες, οι κολυμβητές, σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές, είχαν σημαντικά μικρότερες δερματοπτυχές δικεφάλου (4,3±1,0 mm και 5,7±1,6 mm αντίστοιχα, p<0,05), τρικεφάλου (7,9±2,1 mm και 11,5±3,2 mm αντίστοιχα, p<0,05) και υποπλάτιας (9,5±2,2 mm και 12,1±2,4 mm αντίστοιχα, p<0,05). Οι τελευταίοι είχαν σημαντικά μεγαλύτερη περιφέρεια ώμου (125,5±2,9 cm και 120,5±6,7 cm αντίστοιχα, p<0,05).

3.2. ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ ΣΩΜΑ)

Η σύσταση του σώματος των αθλητριών και των αθλητών της μελέτης καθώς και των ομάδων ελέγχου φαίνεται στους Πίνακες 5 και 6.

Η ολική οστική πυκνότητα και το ολικό οστικό περιεχόμενο των υδατοσφαιριστριών ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από εκείνα των κολυμβητριών και της ομάδας ελέγχου (BMD: 1,242±0,045 gr/cm^2 συγκριτικά με 1,160±0,052 gr/cm^2 και 1,174±0,052 gr/cm^2, p<0,01 και BMC: 3,053±0,273 kgr συγκριτικά με 2,678±0,256 kgr και 2,554±0,264 kgr, p<0,01) ενώ των δύο τελευταίων δεν διέφεραν σημαντικά. Το ποσοστό του λίπους των υδατοσφαιριστριών δεν διέφερε σημαντικά σε σύγκριση με το ποσοστό των κολυμβητριών (25,4±5,1% και 19,9±5,4% αντίστοιχα, p=0,61). Η ομάδα ελέγχου είχε ποσοστό λίπους (30,1±4,5%) σημαντικά μεγαλύτερο τόσο σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες (19,9±5,4%, p<0,01) όσο και με τις υδατοσφαιρίστριες (25,4±5,1%, p<0,05). Οι κολυμβήτριες είχαν μικρότερη τιμή ολικής λιπώδους μάζας σε σχέση με τις υδατοσφαιρίστριες και την ομάδα ελέγχου (12,2±3,7 kgr, 17,2±5,2 kgr και 17,6±3,5 kgr αντίστοιχα, p<0,05). Οι αθλήτριες είχαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη μη λιπώδη και ισχνή μάζα σε σχέση με τις μη αθλήτριες (κολυμβήτριες: 48,9±5,8 kgr και 46,2±5,6 kgr αντίστοιχα, υδατοσφαιρίστριες: 49,3±3,7 kgr και 46,3±3,5 kgr αντίστοιχα και ομάδα ελέγχου: 40,7±3,4 kgr και 38,1±3,3 kgr αντίστοιχα, p<0,01).

Από τον Πίνακα 6 παρατηρούμε πως η ολική οστική πυκνότητα των υδατοσφαιριστών (1,367±0,080 gr/cm^2), των δρομέων ταχύτητας (1,390±0,059 gr/cm^2) και των ατόμων της ομάδας ελέγχου (μέτριας φυσικής δραστηριότητας) (1,303±0,074 gr/cm^2) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με την οστική πυκνότητα των κολυμβητών (1,216±0,076 gr/cm^2, p<0,01 με υδατοσφαιριστές και δρομείς αντοχής και p<0,05 με ομάδα ελέγχου). Οι δρομείς αντοχής είχαν μικρότερη ολική οστική πυκνότητα σε σχέση με τους δρομείς ταχύτητας και τους υδατοσφαιριστές (1,264±0,052 gr/cm^2, 1,390±0,059 gr/cm^2 και 1,367±0,080 gr/cm^2 αντίστοιχα, p<0,05). Οι υδατοσφαιριστές και οι δρομείς ταχύτητας είχαν μεγαλύτερο ολικό οστικό περιεχόμενο σε σχέση με εκείνο των κολυμβητών (4,042±0,314 kgr, 4,002±0,420 kgr και 3,379±0,475 kgr αντίστοιχα, p<0,01). Οι δρομείς αντοχής και η ομάδα ελέγχου είχαν στατιστικά μικρότερο οστικό περιεχόμενο σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές (3,058±0,148 kgr, 3,445±0,394 kgr και 4,042±0,314 kgr αντίστοιχα, p<0,01).

Οι υδατοσφαιριστές και τα άτομα της ομάδας ελέγχου είχαν μεγαλύτερο ποσοστό ολικού σωματικού λίπους σε σχέση με τους κολυμβητές (17,4±2,4%, 16,7±7,5% και 11,7±2,8% αντίστοιχα, p<0,05). Οι δρομείς ταχύτητας και αντοχής είχαν χαμηλότερο ποσοστό σωματικού λίπους αλλά και ολική λιπώδη μάζα σε σχέση με τους υδατοσφαιριστές (p<0,01). Οι κολυμβητές είχαν μικρότερη λιπώδη μάζα από τους υδατοσφαιριστές (p<0,01) και οι δρομείς τόσο αντοχής όσο και ταχύτητας μικρότερη από την ομάδα ελέγχου (p<0,01).

Οι δρομείς αντοχής είχαν στατιστικά σημαντικά σημαντικά μικρότερη μη λιπώδη και ισχνή μάζα σε σχέση με τους υδατοσφαιριστές (p<0,05).

3.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΟΣΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Η ανάλυση παλινδρόμησης κατα βήματα χρησιμοποιήθηκε για να μελετηθεί η σχετική συνεισφορά διαφόρων παραγόντων στην διακύμανση της οστικής πυκνότητας (εξαρτημένη μεταβλητή). Η μη λιπώδης μάζα, η λιπώδης μάζα, το βάρος, η ηλικία και η ενασχόληση με διάφορα αθλήματα χρησιμοποιήθηκαν ως ανεξέρτητες μεταβλητές.

Σημαντικές συσχετίσεις εντοπίστηκαν μεταξύ της ολικής οστικής πυκνότητας των ανδρών και του βάρους (r=0,230, p=001), της ηλικίας (r=0,125, p=0,029) καθώς και της μη λιπώδους μάζας (r=0,210, p=0.001). Η μη λιπώδης μάζα μαζί με

την ηλικία εξηγούν το 27,3% (συντελεστής προσδιορισμού διορθωμένος ως προς τους βαθμούς ελευθερίας R^2=0,273 και τυπικό σφάλμα εκτίμησης SEE=0,08) της ολικής οστικής πυκνότητας των ανδρών. Αντίθετα, η έντονη ενασχόληση με τον αθλητισμό (σε σύγκριση με τη μέτρια ερασιτεχνική φυσική δραστηριότητα) καθώς και η λιπώδης μάζα δε βρέθηκαν να επηρεάζουν την οστική πυκνότητα στο παραπάνω μοντέλο παλινδρόμησης κατά βήματα και για το λόγο αυτό δε συμπεριλήφθηκαν.

Όσον αφορά τις γυναίκες, σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν μεταξύ της ολικής οστικής πυκνότητας τους και του βάρους του σώματος (r=0,451, *p*=0,0), της μη λιπώδους μάζας (r=0,239, *p*=0,003), της λιπώδους μάζας (r=0,164, *p*=0,001) και της φυσικής δραστηριότητας (r=0,128, *p*=0,004 αντίστοιχα). Η λιπώδης μάζα μαζί με την φυσική δραστηριότητα εξηγούν το 31,8% (συντελεστής προσδιορισμού διορθωμένος ως προς τους βαθμούς ελευθερίας R^2=0,318 και τυπικό σφάλμα εκτίμησης SEE=0,05) της ολικής οστικής πυκνότητας.

Δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της ολικής οστικής πυκνότητας των γυναικών και της ηλικίας (*p*=0,612). Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι η επίδραση της ηλικίας στην οστική πυκνότητα, πιθανότατα δεν είναι εμφανής σε αυτόν τον χρονίως ασκούμενο πληθυσμό.

3.4. ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ)

Οι Πίνακες 7 και 8 παρουσιάζουν τα επιμέρους ποσοστά λίπους των αθλητριών υγρού στίβου και της ομάδας ελέγχου και τις επιμέρους τιμές της λιπώδους μάζας των αθλητριών του υγρού στίβου. Οι υδατοσφαιρίστριες είχαν μεγαλύτερο ποσοστό λίπους στα πόδια τους σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες (28,6±5,3% και 22,9±5,4% αντίστοιχα, *p*<0,05) ενώ η ομάδα ελέγχου είχε μεγαλύτερο ποσοστό λίπους σε όλα τα τμήματα σε σχέση με τις κολυμβήτριες και τις υδατοσφαιρίστριες (*p*<0,01). Οι υδατοσφαιρίστριες έχουν μεγαλύτερες τιμές λιπώδους μάζας χεριών, ποδιών και κορμού σε σχέση με τις κολυμβήτριες (*p*<0,05). Τέλος, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές της μη λιπώδους μάζας μεταξύ των αθλητριών (βλ. Πίνακα 9).

Από τον Πίνακα 10 παρατηρούμε πως η οστική πυκνότητα του κεφαλιού των κολυμβητριών ήταν στατιστικά μικρότερη σε σύγκριση με εκείνη των υδατοσφαιριστριών και της ομάδας ελέγχου (2,181±0,158 gr/cm^2, 2,339±0,121 gr/cm^2 και 2,321±0,122 gr/cm^2 αντίστοιχα, p<0,05). Η οστική πυκνότητα των χεριών της ομάδας ελέγχου (0,902±0,058 gr/cm^2) ήταν μικρότερη σε σχέση με τις δύο ομάδες των αθλητών (υδατοσφαιρίστριες: 1,064±0,049 gr/cm^2 και κολυμβήτριες: 1,013±0,062 gr/cm^2, p<0,01). Η οστική πυκνότητα των ποδιών των υδατοσφαιριστριών ήταν μεγαλύτερη από εκείνη των κολυμβητριών (1,276±0,086 gr/cm^2 και 1,173±0,055 gr/cm^2 αντίστοιχα, p<0,01). Η ομάδα ελέγχου είχε μικρότερη οστική πυκνότητα κορμού, πλευρών και σπονδυλικής στήλης σε σχέση με τις υδατοσφαιρίστριες (p<0,01) οι οποίες είχαν μεγαλύτερες τιμές (p<0,01 κορμό και πλευρά, p<0,05 σπονδυλική στήλη) σε αυτά από τις κολυμβήτριες. Η οστική πυκνότητα της πυέλου της ομάδας ελέγχου ήταν μικρότερη από εκείνη των υδατοσφαιριστριών (p<0,01). Τέλος, βρέθηκε πως το οστικό περιεχόμενο των χεριών, των ποδιών και του κορμού των υδατοσφαιριστριών ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με εκείνο των κολυμβητριών (p<0,05) (βλ. Πίνακα 11)

Όσον αφορά τους άνδρες αθλητές υγρού στίβου, τόσο η λιπώδης μάζα (σε όλα p<0,01) όσο και το ποσοστό λίπους (p<0,05 χέρια, p<0,01 πόδια και κορμό) των χεριών, των ποδιών και του κορμού των υδατοσφαιριστιστών ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερα σε σχέση με εκείνα των κολυμβητών (βλ. Πίνακες 12 και 13). Επίσης, η μη λιπώδης μάζα των υδατοσφαιριστών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη των κολυμβητών τόσο στα χέρια (10,0±0,5 kgr και 8,5±1,5 kgr αντίστοιχα, p<0,05) όσο και στον κορμό (35,7±2,0 kgr και 33,7±4,7 kgr αντίστοιχα, p<0,01) (βλ. Πίνακα 14)

Η οστική πυκνότητα του κεφαλιού, των χεριών, του κορμού και των πλευρών των υδατοσφαιριστών βρέθηκαν να είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με τους κολυμβητές και την ομάδα ελέγχου (p<0,01), ενώ οι δύο τελευταίες ομάδες δεν διέφεραν μεταξύ τους. Η οστική πυκνότητα των ποδιών (p<0,05 με υδατοσφαιριστές και p<0,01 με ομάδα ελέγχου) και της πυέλου (p<0,01 με υδατοσφαιριστές και p<0,05 με ομάδα ελέγχου) των κολυμβητών ήταν στατιστικά μικρότερες από εκείνες των υδατοσφαιριστών και της ομάδας ελέγχου, χωρίς να

διαφέρουν στατιστικά οι δύο τελευταίοι. Η οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης των υδατοσφαιριστών είναι μεγαλύτερη από εκείνη των κολυμβητών (1,212±0,117 gr/cm^2 και 1,346±0,113 gr/cm^2 αντίστοιχα, p<0,01) (βλ. Πίνακα 15). Τέλος τα αποτελέσματα της μέτρησης του οστικού περιεχομένου, σε συγκεκριμένες περιοχές, των ανδρών αθλητών υγρού στίβου παρουσιάζονται στον πίνακα 16. Οι υδατοσφαιριστές είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές οστικού περιεχομένου των χεριών (0,598±0,043 kgr και 0,467±0,073 kgr αντίστοιχα, p<0,01), των ποδιών (1,348±0,186 kgr και 1,172±0,195 kgr αντίστοιχα, p<0,05) και του κορμού (1,528±0,126 kgr και 1,256±0,216 kgr αντίστοιχα, p<0,01) σε σύγκριση με τους κολυμβητές.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των γυναικών αθλητριών και της ομάδας ελέγχου (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Αριθμός ατόμων	7	13	15
Ηλικία (έτη)	20,6±2,3	22,3±3,0	22,9±2,2
Βάρος (kgr)	61,5±6,1	67,2±7,3	58,2±4,9^{δ}
Ύψος (cm)	169,9±5,6	169,9±4,7	164,2±5,0^{α,γ}
ΔΜΣ (m/kg^2)	21,3±1,6	23,3±2,3	21,6±1,5

ΔΜΣ:δείκτης μάζας σώματος

^{α}p<0,05 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

^{β}p□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

^{γ}p<0,05 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

^{δ}p□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 2. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των ανδρών αθλητών και της ομάδας ελέγχου (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜ-ΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙ-ΡΙΣΤΕΣ	ΔΡΟΜΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΔΡΟΜΕΙΣ ΑΝΤΟΧΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Αριθμός ατόμων	15	10	8	8	13
Ηλικία (έτη)	20,6±2,3	25,4±3,0^{β}	22,9±1,6	23,0±3,2	22,2±3,2^{γ}
Βάρος (kgr)	78,5±11,0	89,8±5,4^{α}	78,9±6,8	60,8±2,6^{β,δ}	74,0±9,0^{δ}
Ύψος (cm)	183,7±8,4	184,9±4,0	179,8±5,7	171,1±3,6^{β,δ}	179,0±5,4
ΔΜΣ (m/kg^2)	23,2±1,8	26,3±1,3^{β}	24,4±1,1	20,8±0,9^{α,δ}	23,1±2,5^{δ}

^{α}p<0,05 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

^{β}p□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

^{γ}p<0,05 σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

^{δ}p□0,01 σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

Πίνακας 3. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητριών υγρού στίβου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ
Περιφέρεια ώμου (cm)	106,9±6,8	103,4±2,8
Δερματοπτυχή τρικεφάλου (mm)	12,2±3,2	16,7±4,0[α]
Δερματοπτυχή δικεφάλου (mm)	5,8±1,6	8,5±2,5[α]
Δερματοπτυχή υποπλάτης (mm)	9,6±2,8	12,2±2,3[α]
Δερματοπτυχή υπερλαγονίου (mm)	13,1±5,7	18,7±3,9[α]

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

[β]p□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

[γ]p<0,05 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

[δ]p□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 4. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών υγρού στίβου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ
Περιφέρεια ώμου (cm)	120,5±6,7	125,5±2,9[α]
Δερματοπτυχή τρικεφάλου (mm)	7,9±2,1	11,5±3,2[α]
Δερματοπτυχή δικεφάλου (mm)	4,3±1,0	5,7±1,6[α]
Δερματοπτυχή υποπλάτιας (mm)	9,5±2,2	12,1±2,4[α]
Δερματοπτυχή υπερλαγόνιας (mm)	11,5±2,4	14,3±5,6

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

[β]p□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

[γ]p<0,05 σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

[δ]p□0,01 σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

Πίνακας 5. Ολική σύσταση σώματος των γυναικών αθλητριών και της ομάδας ελέγχου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Ολική οστική πυκνότητα (gr/cm^2)	1,160±0,052	1,242±0,045$^{\beta}$	1,174±0,052$^{\delta}$
Ολικό οστικό περιεχόμενο (kgr)	2,678±0,256	3,053±0,273$^{\beta}$	2,554±0,264$^{\delta}$
Ολικό ποσοστό λίπους (%)	19,9±5,4	25,4±5,1	30,1±4,5$^{\beta,\gamma}$
Ολικό ποσό λίπους (kgr)	12,2±3,7	17,2±5,2$^{\alpha}$	17,6±3,5$^{\alpha}$
Ολική μη λιπώδης μάζα (kgr)	49,0±5,8	49,3±3,7	40,7±3,4$^{\beta,\delta}$
Ολική ισχνή μάζα (kgr)	46,2±5,6	46,3±3,5	38,1±3,3$^{\beta,\delta}$

$^{\alpha}p<0,05$ σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\beta}p$□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\gamma}p<0,05$ σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

$^{\delta}p$□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 6. Ολική σύσταση σώματος των ανδρών αθλητών και της ομάδας ελέγχου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗ-ΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙ-ΡΙΣΤΕΣ	ΔΡΟΜΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΔΡΟΜΕΙΣ ΑΝΤΟΧΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Ολική οστική πυκνότητα (gr/cm^2)	1,216±0,076	1,367±0,080$^{\beta}$	1,390±0,059$^{\beta}$	1,264±0,052$^{\gamma}$	1,303±0,074$^{\alpha}$
Ολικό οστικό περιεχόμενο (kgr)	3,379±0,475	4,042±0,314$^{\beta}$	4,002±0,420$^{\beta}$	3,058±0,148$^{\delta}$	3,445±0,394$^{\delta}$
Ολικό ποσοστό λίπους (%)	11,7±2,8	17,4±2,4$^{\alpha}$	7,8±1,4$^{\delta}$	8,0±3,6$^{\delta}$	16,7±7,5$^{\alpha}$
Ολικό ποσό λίπους (kgr)	9,1±2,6	15,6±2,7$^{\beta}$	6,2±1,6$^{\delta}$	4,9±2,2$^{\delta}$	12,7±6,9
Ολική μη λιπώδης μάζα (kgr)	69,0±9,4	73,6±3,4	72,8±2,4	56,0±3,1$^{\gamma}$	61,2±5,5
Ολική ισχνή μάζα (kgr)	65,7±9,0	69,5±3,2	68,7±2,4	53,0±3,1$^{\gamma}$	56,0±5,9

$^{\alpha}p<0,05$ σε σύγκριση με τους κολυμβητές

$^{\beta}p$□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

$^{\gamma}p<0,05$ σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

$^{\delta}p$□0,01 σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

Πίνακας 7. Επιμέρους ποσοστά λίπους γυναικών αθλητριών και ομάδας ελέγχου (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Ποσοτό λίπους χεριών (%)	14,6±5,4	18,6±4,9	23,5±4,7$^{\beta,\delta}$
Ποσοστό λίπους ποδιών (%)	22,9±5,4	28,6±5,3$^{\alpha}$	33,8±4,1$^{\beta,\delta}$
Ποσοστό λίπους κορμού (%)	18,7±5,8	23,4±5,9	28,3±5,2$^{\beta,\gamma}$

$^{\alpha}$p<0,05 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\beta}$p□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\gamma}$p<0,05 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

$^{\delta}$p□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 8. Επιμέρους λιπώδης μάζα στις γυναίκες αθλήτριες (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ
Λιπώδης μάζα χεριών (kgr)	1,0±0,4	1,4±0,5$^{\alpha}$
Λιπώδης μάζα ποδιών (kgr)	4,8±1,3	6,9±2,1$^{\alpha}$
Λιπώδης μάζα κορμού (kgr)	5,5±1,9	7,8±2,5$^{\alpha}$

$^{\alpha}$p<0,05 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\beta}$p□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\gamma}$p<0,05 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

$^{\delta}$p□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 9. Επιμέρους μη λιπώδης μάζα στις γυναίκες αθλήτριες (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ
Μη λιπώδης μάζα χεριών (kgr)	5,6±0,7	5,9±0,6
Μη λιπώδης μάζα ποδιών (kgr)	16,3±2,6	16,2±1,8
Μη λιπώδης μάζα κορμού (kgr)	23,7±2,4	24,2±1,7
Μη λιπώδης μάζα ολική (kgr)	48,9±5,8	49,3±3,7

$^{\alpha}p<0,05$ σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\beta}p$□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{\gamma}p<0,05$ σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

$^{\delta}p$□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 10. Επιμέρους οστική πυκνότητα των γυναικών αθλητριών υγρού στίβου και της ομάδας ελέγχου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Οστική πυκνότητα κεφαλιού (gr/cm^2)	2,181±0,158	2,339±0,121^{α}	2,321±0,122^{α}
Οστική πυκνότητα χεριών (gr/cm^2)	1,013±0,062	1,064±0,049	0,902±0,058^{β,δ}
Οστική πυκνότητα ποδιών (gr/cm^2)	1,173±0,055	1,276±0,086^{β}	1,238±0,079
Οστική πυκνότητα κορμού (gr/cm^2)	0,974±0,065	1,051±0,050^{β}	0,947±0,058^{δ}
Οστική πυκνότητα πλευρών (gr/cm^2)	0,743±0,050	0,825±0,039^{β}	0,707±0,045^{δ}
Οστική πυκνότητα πυέλου (gr/cm^2)	1,165±0,104	1,214±0,070	1,128±0,093^{δ}
Οστική πυκνότητα σπον/λικής στήλης (gr/cm^2)	1,190±0,059	1,287±0,100^{α}	1,176±0,094^{δ}

$^{α}p<0,05$ σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

^{β}p□0,01 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

$^{γ}p<0,05$ σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

^{δ}p□0,01 σε σύγκριση με τις υδατοσφαιρίστριες

Πίνακας 11. Επιμέρους οστικό περιεχόμενο γυναικών αθλητριών (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΓΥΝΑΙΚΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΡΙΕΣ
Οστικό περιεχόμενο χεριών (gr)	350±24	394±40[α]
Οστικό περιεχόμενο ποδιών (gr)	885±96	989±97[α]
Οστικό περιεχόμενο κορμού (gr)	976±126	1156±157[α]

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες

Πίνακας 12. Επιμέρους λιπώδης μάζα ανδρών αθλητών υγρού στίβου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ
Λιπώδης μάζα χεριών (kgr)	0,7±0,2	1,1±0,3[β]
Λιπώδης μάζα ποδιών (kgr)	3,2±0,9	5,7±1,0[β]
Λιπώδης μάζα κορμού (kgr)	4,6±1,6	8,0±1,7[β]

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

[β]p□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

Πίνακας 13. Επιμέρους ποσοστά λίπους ανδρών αθλητών υγρού στίβου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ
Ποσοτό λίπους χεριών (%)	7,7±2,4	10,1±2,0[α]
Ποσοστό λίπους ποδιών (%)	12,6±2,8	19,3±2,5[β]
Ποσοστό λίπους κορμού (%)	12,1±3,0	18,2±3,0[β]

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

[β]p□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

Πίνακας 14. Επιμέρους μη λιπώδης μάζα στους άνδρες αθλητές υγρού στίβου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ
Μη λιπώδης μάζα χεριών (kgr)	8,5±1,5	10,0±0,5[α]
Μη λιπώδης μάζα ποδιών (kgr)	22,4±3,4	23,6±1,6
Μη λιπώδης μάζα κορμού (kgr)	33,7±4,7	35,7±2,0[β]

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

[β]p□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

Πίνακας 15. Επιμέρους οστική πυκνότητα των ανδρών αθλητών υγρού στίβου και της ομάδας ελέγχου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Οστική πυκνότητα κεφαλιού (gr/cm^2)	2,040±0,138	2,245±0,082$^{\beta}$	2,098±0,140$^{\delta}$
Οστική πυκνότητα χεριών (gr/cm^2)	1,056±0,079	1,265±0,102$^{\beta}$	1,088±0,080$^{\delta}$
Οστική πυκνότητα ποδιών (gr/cm^2)	1,342±0,122	1,473±0,114$^{\alpha}$	1,484±0,117$^{\beta}$
Οστική πυκνότητα κορμού (gr/cm^2)	1,022±0,086	1,168±0,075$^{\beta}$	1,075±0,073$^{\delta}$
Οστική πυκνότητα πλευρών(gr/cm^2)	0,814±0,063	0,968±0,058$^{\beta}$	0,821±0,060$^{\delta}$
Οστική πυκνότητα πυέλου (gr/cm^2)	1,215±0,122	1,357±0,010$^{\beta}$	1,303±0,098$^{\alpha}$
Οστική πυκνότητα σπονδυλικής στήλης (gr/cm^2)	1,212±0,117	1,346±0,113$^{\beta}$	1,280±0,128

$^{\alpha}p<0,05$ σε σύγκριση με τους κολυμβητές

$^{\beta}p$□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

$^{\gamma}p<0,05$ σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

$^{\delta}p$□0,01 σε σύγκριση με τους υδατοσφαιριστές

Πίνακας 16. Επιμέρους οστικό περιεχόμενο ανδρών αθλητών υγρού στίβου (μέσος όρος±τυπική απόκλιση)

ΑΝΔΡΕΣ	ΚΟΛΥΜΒΗΤΕΣ	ΥΔΑΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ
Οστικό περιεχόμενο χεριών (kgr)	0,467±0,073	0,598±0,043[β]
Οστικό περιεχόμενο ποδιών (kgr)	1,172±0,195	1,384±0,186[α]
Οστικό περιεχόμενο κορμού (kgr)	1,256±0,216	1,528±0,126[β]

[α]p<0,05 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

[β]p□0,01 σε σύγκριση με τους κολυμβητές

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κύριος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων επιπέδων και τύπων φυσικής δραστηριότητας στην οστική πυκνότητα. Βρέθηκε πως, όσον αναφορά τους άνδρες, οι υδατοσφαιριστές είχαν παραπλήσια ολική οστική πυκνότητα με τα άτομα της ομάδας ελέγχου (τα οποία είχαν μέτρια επίπεδα φυσικής δραστηριότητας) και μεγαλύτερη από εκείνη των κολυμβητών. Επίσης, η ολική οστική πυκνότητα των δρομέων ταχύτητας δεν διέφερε σημαντικά από την οστική πυκνότητα της ομάδας ελέγχου αλλά ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη των δρομέων αντοχής. Στις γυναίκες, η ολική οστική πυκνότητα των υδατοσφαιριστριών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την οστική πυκνότητα των κολυμβητριών και της ομάδας ελέγχου (τα άτομα της οποίας ήταν αδρανή, με χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας) ενώ οι δύο τελευταίες ομάδες δεν διέφεραν μεταξύ τους ως προς αυτή την παράμετρο.

Η επίτευξη μέγιστης οστικής μάζας καθώς και τα επίπεδα οστικής πυκνότητας επηρεάζονται από πλήθος παραγόντων. Ορισμένοι από τους κυριότερους παράγοντες είναι τα γονίδια (Recker & Deng 2002), οι ορμόνες (Ringe και συν. 2002) , η διατροφή (Atkinson & Ward 2001) και η άσκηση (Position stand of American college of Sports Medicine 1995, Vuori 1996, Marcus 2001).

Η επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα διαπιστώνεται από αρκετές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων (ποδοσφαίριση, καλαθοσφαίριση, τζούντο, καράτε, άρση βαρών, ενόργανη γυμναστική, κα) οι οποίες δείχνουν ιδιαίτερα αυξημένα επίπεδα οστικής πυκνότητας στους αθλητές σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (η οποία συνήθως αποτελείται από άτομα με πολύ χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας) (Heinomen και συν. 1993, Risser και συν. 1990, Nilsson & Westlin 1971, Virvidakis και συν. 1990, Block και συν. 1989, Heinrich και συν. 1990, Jacobson και συν. 1984).

Οι υψηλές τιμές της οστικής πυκνότητας στους αθλητές μπορεί να οφείλονται, κατά ένα μέρος, σε γενετικούς παράγοντες, αλλά μελέτες σε αθλητές του σκουός (παιχνίδι με ρακέτες) και του τένις έδειξαν μεγάλες διαφορές στην οστική πυκνότητα και στο οστικό περιεχόμενο στα χέρια των αθλητών από τη μία πλευρά στην άλλη αλλά όχι σημαντικές διαφορές στην οστική πυκνότητα του μη

επικρατέστερου χεριού των αθλητών και της ομάδας ελέγχου (Haapsalo και συν. 1994, Kannus και συν. 1994). Τα ευρήματα αυτά μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως οι υψηλές τιμές της οστικής πυκνότητας στο επικρατέστερο χέρι των αθλητών οφείλονται κυρίως στην προπόνηση (Chilibeck και συν. 1995, Forwood και συν. 1993, Gutin και συν. 1992).

Σε αρκετές μελέτες μέχρι σήμερα, έχουν εξετασθεί οι δυνάμεις υψηλής έντασης, ο βαθμός καταπόνησης και η επιβάρυνση με το βάρος του σώματος ως πιθανοί μηχανισμοί για τα παρατηρούμενα αυξημένα επίπεδα οστικής πυκνότητας των αθλητών (Taaffe και συν. 1995, Fehling και συν. 1995, Heinomen και συν. 1995, Robinson και συν. 1995, Taaffe και συν. 1997). Επίσης, έχει βρεθεί ότι οι αθλητικές δραστηριότητες οι οποίες ασκούν μεγαλύτερη καταπόνηση στα κάτω άκρα σχετίζονται με υψηλότερη οστική πυκνότητα στο περιφερικό άκρο του μηριαίου οστού (Suominen και συν. 1993). Για παράδειγμα, οι δυνάμεις που ασκούνται στο ισχίο κατά την ενόργανη γυμναστική είναι πολύ υψηλές, μπορεί να φθάσουν ως και 10-12 φορές το βάρος του σώματος. Ο υψηλός βαθμός καταπόνησης προκύπτει από την απότομη/γρήγορη επιτάχυνση και επιβράδυνση των κινήσεων (McNitt-Gray και συν. 1993). Επίσης, οι γυμναστικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν αναπηδήσεις και «ακροβατικές» κινήσεις, επιβαρύνουν με μεγάλο φορτίο το μυοσκελετικό σύστημα (Taaffe και συν. 1995). Οι δυνάμεις που ασκούνται, κατά τις αντιστάσεις εδάφους, στις γυμναστικές ασκήσεις μπορούν να φτάσουν έως και 18 φορές το βάρος του σώματος τους, ενώ σε άλλες μορφές δραστηριότητας μεταφοράς βάρους (weight bearing), όπως το τρέξιμο, οι δυνάμεις που ασκούνται στο μηριαίο οστό είναι περίπου 2 φορές το βάρος του σώματος τους (Capozzo 1983).

Σε διαφορετικά αθλήματα, τα φορτία της άσκησης που επηρεάζουν το σκελετό του σώματος μπορούν να ποικίλουν κατά διάφορους τρόπους, όπως ως προς την ένταση τους καθώς και την κατεύθυνση των δυνάμεων τους στον σκελετό. Σε μελέτες σε ζώα έχει βρεθεί πως το κατώτατο επίπεδο μηχανικού φορτίου παράγει σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα (Frost 1988). Η θεωρία αυτή, η οποία αναφέρεται ως η ελάχιστη απαιτούμενη επιβάρυνση για διέγερση (MESS: the minimum effective strain stimulus), έχει επιβεβαιωθεί τόσο σε παιδιά (Grimston και συν. 1993) όσο και σε εντατικά προπονούμενους αθλητές (Taaffe και συν. 1997, Fehling και συν 1995, Heinomen και συν 1995). Τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών υποδηλώνουν πως η υψηλού φορτίου άσκηση είναι πολύ πιο

καθοριστική για την αύξηση της οστικής πυκνότητας των ποδιών από ό,τι η μυική άσκηση από μόνη της (Morel και συν. 2001). Η μυική πίεση από μόνη της χωρίς τη μεταφορά του βάρους δεν φαίνεται να προκαλεί αρκετά μεγάλη πίεση, ώστε να αυξάνει την οστική πυκνότητα των ποδιών. Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στους αστροναύτες ήταν ιδιαιτέρως σημαντικές, αφού μετά από ένα ταξίδι με παρατεταμένη παραμονή στο διάστημα χωρίς υψηλό φορτίο, παραταρήθηκε οστική απώλεια αφορά κυρίως τα κάτω άκρα και την σπονδυλική στήλη παρά την άσκηση υψηλής έντασης των ατόμων (Thornton 1977).

Οι επιδράσεις της καταπόνησης των οστών εντοπίζονται κυρίως σε συγκεκριμένες περιοχές, και εμφανίζονται συνήθως ως αποτέλεσμα της ισχυρής, γρήγορης μυικής κίνησης η οποία επηρεάζει τα οστά ποικιλοτρόπως. Αντίθετα, ακόμη και ένας πολύ μεγάλος αριθμός επαναλαμβανόμενων κινήσεων μέτριας δύναμης και ταχύτητας δε φαίνεται να επηρεάζουν την οστική πυκνότητα. Διάφορα είδη γυμναστικής, αθλήματα ισχύος και δύναμης καθώς και ταχύτητας αποτελούν παραδείγματα αποτελεσματικών (στην αύξηση της οστικής πυκνότητας) δραστηριοτήτων (Sievänen και συν. 1994).

Είναι γνωστό ότι η πολύ εντατική και εκτενούς διάρκειας προπόνηση έχει ως αποτέλεσμα ή σχετίζεται με απώλεια του λίπους του σώματος, διαταραχές στη λήψη τροφής και σοβαρές απώλειες οιστρογόνων, οι οποίες οδηγούν σε οστική απώλεια. Ωστόσο, αυτός ο κίνδυνος περιορίζεται σε αθλητές οι οποίοι προπονούνται εξαιρετικά σκληρά σε αθλήματα αντοχής, ειδικότερα στο τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων ή σε ασκήσεις που ευνοούν πολύ χαμηλό βάρος σώματος και/ή αδύνατη σιλουέτα όπως η ενόργανη γυμναστική, το πατινάζ και το μπαλέτο (Hetland και συν. 1993, Bonen και συν. 1992, Prior και συν. 1990).

Από την άλλη πλευρά, τα αποτελέσματα πολλών προηγούμενων ερευνών αλλά και της παρούσας μελέτης συμφωνούν στο γεγονός ότι τόσο οι κολυμβητές όσο και οι κολυμβήτριες έχουν χαμηλότερα επίπεδα οστικής πυκνότητας σε σχέση με άλλους αθλητές και ίδια επίπεδα με τα άτομα της ομάδας ελέγχου (Nilson & Westlin 1971, Taaffe & Marcus 1999, Taaffe και συν 2001, Matsumoto και συν 1997, Fehling και συν. 1995, Lee και συν. 1995, Siders και συν. 1993). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως η οστική πυκνότητα της μηριαίας περιοχής στις κολυμβήτριες ήταν μικρότερη από ό,τι στις μη αθλήτριες, παρά το γεγονός πως οι κολυμβήτριες συμμετείχαν σε προπόνηση αντίστασης και αντοχής (Taaffe και συν 1995). Γενικότερα, αγωνίσματα διάρκειας όπως το τρέξιμο, η

ποδηλασία, οι χιονοδρομίες και ειδικά η κολύμβηση αποτελούν παραδείγματα δραστηριοτήτων, τα οποία επιδρούν λιγότερο ή και καθόλου στην ισχυροποίηση των οστών (Sievänen και συν. 1994). Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν πως η προπόνηση με βάρη παρέχει ευνοϊκότερο ερέθισμα για την αύξηση του οστικού περιεχομένου από ό,τι η κολύμβηση και το τρέξιμο (Heinrich και συν. 1990).

Όσον αφορά τους κολυμβητές, θα μπορούσε να υποστηριχθεί πως ο χρόνος που δαπανάται σε ένα περιβάλλον υποστήριξης του βάρους του σώματος (weight-supported) αναιρεί την ενδεχόμενη θετική επίδραση της άσκησης αντοχής και αντίστασης, ένα φαινόμενο που παρατηρείται επίσης και στις πτήσεις στο διάστημα. Αυτοί, όπως και οι αστροναύτες υφίστανται μείωση στην οστική μάζα παρά την φυσική δραστηριότητα αφού κινούνται σε ένα περιβάλλον με μειωμένη βαρύτητα (Whedon 1984, Smith και συν 1977, Smith και συν 1977). Εξαιτίας του υδάτινου περιβάλλοντος το οποίο χαρακτηρίζει τα αθλήματα του υγρού στίβου - που υποστηρίζει το βάρος του σώματος- τόσο η οστική πυκνότητα του κορμού όσο και αυτή των άκρων δεν είναι αυξημένες στους κολυμβητές παρά την επίδραση των μηχανικών πιέσεων που υφίσταται ο σκελετός μέσω των μυικών συστολών από τις κινήσεις της κολύμβησης καθώς και την προπόνηση στην οποία υποβάλλονται στην ξηρά (Taaffe & Marcus 1999).Το ίδιο «φαινόμενο» παρατηρείται και σε άτομα τα οποία επιμηκύνουν την ξεκούραση τους στο κρεβάτι αλλά υπόκεινται σε καθημερινή άσκηση (Schneider & McDonald 1984). Από την άλλη, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι άτομα με χαμηλότερη οστική μάζα να έχουν ένα πλεονέκτημα στην κολύμβηση καθώς η χαμηλότερη πυκνότητα σώματος θα μπορούσε να προάγει την πλευστότητα τους και να μεγιστοποιήσει την ισχνή μάζα τους για την βελτίωση της απόδοσής τους (Taaffe & Marcus 1999, Taaffe και συν. 1995).

Αυτά τα αποτελέσματα δίνουν έμφαση στην επίδραση της βαρύτητας στην οστική μάζα. Οι βαρυτικές δυνάμεις ασκούν μια παθητική μηχανική επίδραση η οποία συμβάλλει στην αύξηση και στη διατήρηση της οστικής μάζας. Μείωση σε αυτές τις δυνάμεις έχει αρνητική επίδραση στην οστική πυκνότητα των αστροναυτών μετά από μια διαστημική πτήση (Morel και συν. 2001).

Όσον αφορά τους δρομείς αντοχής, έχει επισημανθεί ότι η μακροχρόνια και εντατική άσκηση στους άνδρες σχετίζεται με τον υπογοναδισμό, ο οποίος έχει αρνητική επίδραση στην κτήση των οστικών μετάλλων (bone mineral acquisition) (Smith & Rutherford 1993,). Μείωση στην τεστοστερόνη του ορού έχει αναφερθεί

σε άνδρες δρομείς μεγάλων αποστάσεων (Wheeler και συν. 1984, Hackney και συν. 1988) και αθλητές του τριάθλου (Smith & Rutherford 1993) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Ωστόσο τα παρατηρούμενα επίπεδα ορμονών, για αυτούς τους αθλητικούς πληθυσμούς, παραμένουν μέσα στα φυσιολογικά όρια.

Επίσης, στους δρομείς, οι δυνάμεις στα κάτω άκρα μπορεί να είναι από 2-5 φορές το βάρος του σώματος τους (Subotnick 1985), ενώ στην οσφυϊκή χώρα να είναι 1.75 φορές το βάρος του σώματος τους (Capozzo 1983). Δηλαδή, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, οι δυνάμεις αυτές είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τις δυνάμεις που ασκούνται σε άλλα αθλήματα που ευνοούν την αύξηση της οστικής πυκνότητας.

Ενδιαφέρον στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζει το εύρημα ότι, σε σύγκριση με τις προηγούμενες που έχουν γίνει σε αθλητές υγρού στίβου, τα άτομα της ομάδας ελέγχου των ανδρών είχαν υψηλότερες τιμές ολικής οστικής πυκνότητας σε σύγκριση με τους κολυμβητές και τους δρομείς αντοχής. Το γεγονός αυτό πιθανότατα εξηγείται από το ότι τα άτομα αυτά είχαν μέτρια φυσική δραστηριότητα και δεν ήταν αδρανή. Τα παραπάνω στοιχεία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μέτρια επίπεδα φυσικής δραστηριότητας μπορεί να αποδειχθούν περισσότερο ευεργετικά για την υγεία των οστών σε σχέση με τα πολύ υψηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας συγκεκριμένων αθλημάτων (όπως η κολύμβηση και ο δρόμος αντοχής).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα επίπεδα οστικής πυκνότητας μεταξύ αθλητών παραπλήσιων αθλημάτων. Πιο συγκεκριμένα, οι υδατοσφαιριστές βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα σε σύγκριση με τους κολυμβητές, οι δρομείς ταχύτητας σε σχέση με τους δρομείς αντοχής και οι υδατοσφαιρίστριες σε σχέση με τις κολυμβήτριες. Οι διαφορές αυτές αποτελούν τελικό αποτέλεσμα της επίδρασης διαφόρων παραγόντων όπως γενετικοί, ορμονικοί, διατροφικοί, είδος και συχνότητα αθλητικής δραστηριότητας κατά την παιδική ηλικία, κα. Επίσης, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει και το είδος της προπόνησης στα αντίστοιχα αθλήματα. Από συζητήσεις με προπονητές φαίνεται ότι οι αθλητές και οι αθλήτριες της υδατοσφαίρισης καθώς και του δρόμου αντοχής επιδίδονται πιο συχνά και εντατικά σε προπόνηση ξηράς και προπόνηση με βάρη.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους της σύστασης του σώματος, βρέθηκε πως οι κολυμβήτριες, οι υδατοσφαιρίστριες και οι κολυμβητές αποτελούν ομάδες ατόμων με χαμηλό ποσοστό λίπους σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, οι άνδρες υδατοσφαιριστές είχαν υψηλότερο ποσοστό λίπους από τους δρομείς. Επίσης, προέκυψε ότι οι κολυμβήτριες και οι υδατοσφαιρίστριες είχαν υψηλότερα ποσά ισχνής μάζας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου και επιπλέον οι κολυμβητές είχαν υψηλότερα από τους δρομείς αντοχής.

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα ευρήματα παλαιοτέρων ερευνών, όπως αναφέρεται στο κεφ 1.2. Πλεονέκτημα της συγκεκριμένης έρευνας αποτελεί η μεθοδολογία εκτίμησης της σύστασης του σώματος. Η DXA αποτελεί μέθοδο αναφοράς, αν και σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδεςυπάρχουν αντενδείξεις για την αξιοπιστία των μετρήσεων. Συγκεκριμένα, προβλήματα εμφανίζονται στον υπολογισμό του ποσοστού του λίπους όταν χρησιμοποιείται δείγμα με μεγάλο εύρος ηλικίας (Jebb 1997). Αντίστοιχο πρόβλημα δεν παρατηρήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα, αφού τόσο οι συμμετέχοντες αθλητές όσο και τα άτομα της ομάδας ελέγχου ήταν όλοι μεταξύ 18 και 32 ετών γεγονός που απέτρεψε την ύπαρξη αποκλίσεων στα ευρήματα της έρευνας. Ήταν όλοι επαγγελματίες αθλητές, ενώ αποκλείστηκαν άτομα πολύ μεγάλης ή μικρής ηλικίας.

Επίσης, η αξιοπιστία του DXA μειώνεται όταν εξετάζονται άτομα με μη φυσιολογικά επίπεδα ενυδάτωσης (Going και συν. 1993). Τόσο από την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία για τους αθλητές όσο και από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για το δείγμα, δεν προέκυψαν ενδείξεις ότι αντιμετωπίζουν προβλήματα αφυδάτωσης τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις τιμές της μέτρησης. Οι αθλητές μετρήθηκαν το πρωί, νηστικοί και χωρίς να έχει προηγηθεί προπόνηση. Επιπλέον, δεν αντιμετώπιζαν πρόβλημα αφυδάτωσης.

Τέλος, σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα των μετρήσεων είναι το έντονο προσθιοπίσθιο πάχος του σώματος καθώς και η μεγάλη συσσώρευση λίπους σε συγκεκριμένες περιοχές του σώματος (Laskey και συν. 1992, Jebb 1993). Τέτοια προβλήματα δεν εμφανίστηκαν στους αθλητές με άμεσο αποτέλεσμα να μην επηρεάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του DXA από τις συγκεκριμένες παραμέτρους, αλλά ούτε και στην ομάδα ελέγχου, η οποία περιλάμβανε άτομα με συμμετρική κατανομή σώματος. Επομένως, η DXA μπορεί

να θεωρηθεί ως μέθοδος αναφοράς για τη μέτρηση της σύστασης του σώματος τόσο των αθλητών όσο και των μη αθλητών στη συγκεκριμένη μελέτη.

Συμπερασματικά, βασικός στόχος της μελέτης αυτής ήταν η διερεύνηση και η ανάλυση κάποιων από τους παράγοντες που επηρεάζουν και συσχετίζονται με την ολική οστική πυκνότητα. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται τόσο για την πλήρη κατανόηση της επίδρασης διαφόρων τύπων και εντάσεων άσκησης στην οστική πυκνότητα όσο και η αλληλεπίδραση διαφόρων άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την οστική πυκνότητα (όπως γενετικοί παράγοντες, ορμονικοί, διατροφικοί, κα). Στην παρούσα έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια αξιολόγησης της φυσικής δραστηριότητας των ατόμων των ομάδων ελέγχου. Καλό θα ήταν σε επόμενες έρευνες να χρησιμοποιηθούν ερωτηματολόγια αξιολόγησης φυσικής δραστηριότητας καθώς και ομάδες ελέγχου τόσο με μέτρια όσο και με πολύ χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας. Θα δινόταν έτσι η δυνατότητα για πιο ενδελεχή αξιολόγηση της επίδρασης της φυσικής δραστηριότητας και άσκησης στη σύσταση του σώματος.

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υψηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας έχουν κατά καιρούς συσχετισθεί με διάφορες παραμέτρους της σύστασης του σώματος. Διαφορές στη σύσταση του σώματος δεν παρατηρούνται μόνο μεταξύ ατόμων που αθλούνται και αυτών που έχουν καθιστική ζωή, αλλά και ακόμη αθλητών του ίδιου φύλου διαφόρων αγωνισμάτων. Ειδικότερα, σχετικά με την περιεκτικότητα του σώματος σε ανόργανα στοιχεία έχει αποδειχθεί ότι η άσκηση επηρεάζει τόσο την επίτευξη μέγιστης οστικής μάζας όσο και τα επίπεδα οστικής πυκνότητας. Ωστόσο, δεν έχει διευκρινισθεί πλήρως η επίδραση του τύπου της άσκησης στην οστική πυκνότητα.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της οστικής πυκνότητας και της σύστασης του σώματος αθλητών και αθλητριών υγρού στίβου (κολύμβησης και υδατοσφαίρισης). Ειδικά για τα επίπεδα οστικής πυκνότητας, στους άνδρες αθλητές, έγινε σύγκριση και με δρομείς αντοχής και ταχύτητας. Ως ομάδα ελέγχου, χρησιμοποιήθηκαν στις γυναίκες άτομα με χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας, ενώ στους άνδρες άτομα με μέτρια επίπεδα φυσικής δραστηριότητας.

Η σύσταση του σώματος εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτίνων-Χ διπλής ενέργειας (DXA), η οποία μπορεί να αποτελέσει μέθοδο αναφοράς για τις συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες. Επιπλέον, στους αθλητές και στις αθλήτριες υγρού στίβου έγιναν μετρήσεις δερματοπτυχών καθώς και περιφέρειας ώμου.

Από την επεξεργασία των στοιχείων βρέθηκε ότι οι κολυμβήτριες και οι υδατοσφαιρίστριες αποτελούν ομάδες ατόμων με χαμηλό ποσοστό λίπους σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (κολυμβήτριες: 19,9±5,4%, $p<0,01$, υδατοσφαιρίστριες: 25,4±5,1%, $p<0,05$ και ομάδα ελέγχου: 30,1±4,5%) . Επίσης, προέκυψε ότι οι κολυμβήτριες και οι υδατοσφαιρίστριες είχαν υψηλότερα ποσά ισχνής μάζας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (κολυμβήτριες: 46,2±5,6 kgr, υδατοσφαιρίστριες: 46,3±3,5 kgr και ομάδα ελέγχου: 38,1±3,3 kgr, $p<0,01$).

Οι κολυμβητές είχαν χαμηλότερο ποσοστό λίπους σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (11,7±2,8% και 16,7±7,5% αντίστοιχα, $p<0,05$) ενώ οι υδατοσφαιριστές είχαν υψηλότερο ποσοστό λίπους από τους δρομείς (υδατοσφαιριστές: 17,4±2,4%, δρομείς ταχύτητας: 7,8±1,4% και δρομείς αντοχής 8,0±3,6%, $p<0,01$). Επίσης, οι κολυμβητές είχαν υψηλότερα ποσά ισχνής μάζας σε σχέση με τους δρομείς αντοχής (69,5±3,2 kgr και 53,0±3,1 kgr αντίστοιχα, $p<0,05$).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα επίπεδα οστικής πυκνότητας μεταξύ αθλητών παραπλήσιων αθλημάτων. Πιο συγκεκριμένα, οι υδατοσφαιριστές βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα σε σύγκριση με τους κολυμβητές (1,367±0,080 gr/cm^2, και 1,216±0,076 gr/cm^2 αντίστοιχα, $p<0,01$) οι δρομείς ταχύτητας σε σχέση με τους δρομείς αντοχής (1,390±0,059 gr/cm^2 και 1,264±0,076 gr/cm^2 αντίστοιχα, $p<0,05$) και οι υδατοσφαιρίστριες σε σχέση με τις κολυμβήτριες (1,242±0,045 gr/cm^2 και 1,160±0,052 gr/cm^2 αντίστοιχα, $p<0,01$). Ενδιαφέρον στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζει το εύρημα ότι, σε σύγκριση με τις προηγούμενες που έχουν γίνει σε αθλητές υγρού στίβου, τα άτομα της ομάδας ελέγχου των ανδρών είχαν υψηλότερες τιμές ολικής οστικής πυκνότητας σε σύγκριση με τους κολυμβητές και τους δρομείς αντοχής (ομάδα ελέγχου: 1,303±0,074 gr/cm^2, κολυμβητές: 1,216±0.076 gr/cm^2 και δρομείς αντοχής: 1,264±0,076 gr/cm^2, $p<0,05$)

Τα χαμηλότερα επίπεδα οστικής πυκνότητας που παρατηρήθηκαν στους κολυμβητές ενδεχομένως οφείλονται στο υδάτινο περιβάλλον των αθλημάτων του υγρού στίβου,το οποίο αφενός παρέχει υποστήριξη στο βάρος του σώματος και αφετέρου αποτελεί ένα περιβάλλον με μειωμένη βαρύτητα. Όσον αφορά τους δρομείς αντοχής, οι μικρότερες δυνάμεις που ασκούνται στο σκελετό του σώματος τους σε σύγκριση με άλλα αγωνίσματα, καθώς και κάποιες διαταραχές στα επίπεδα των ορμονών τους μπορούν να εξηγήσουν τα χαμηλά επίπεδα οστικής πυκνότητας που παρατηρούνται σε αυτούς.

Τα επίπεδα της οστικής πυκνότητας στους αθλητές αποτελούν τη συνισταμένη της επίδρασης διαφόρων παραγόντων όπως γενετικοί, ορμονικοί, διατροφικοί, τύπος και συχνότητα αθλητικής δραστηριότητας κατά την παιδική ηλικία, κα. Επίσης, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει και το είδος της προπόνησης στα αντίστοιχα αθλήματα. Από συζητήσεις με προπονητές φαίνεται ότι οι αθλητές

και οι αθλήτριες της υδατοσφαίρισης καθώς και του δρόμου αντοχής επιδίδονται πιο συχνά και εντατικά σε προπόνηση ξηράς και προπόνηση με βάρη.

Το γεγονός αυτό πιθανότατα εξηγείται από το ότι τα άτομα της ομάδας ελέγχου είχαν μέτρια φυσική δραστηριότητα και δεν ήταν αδρανή. Τα παραπάνω στοιχεία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μέτρια επίπεδα φυσικής δραστηριότητας μπορεί να αποδειχθούν περισσότερο ευεργετικά για την υγεία των οστών σε σχέση με τα πολύ υψηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας συγκεκριμένων αθλημάτων (όπως η κολύμβηση και ο δρόμος αντοχής).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

American College of Sports Medicine Position stand on osteoporosis and exercise. Med Sci Sports Exerc 27: i-vii, 1995

Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. Med Scien Sports Exerc 33: 507-511, 2001

Atkinson SA, Ward WE. Clinical nutrition: 2.The role of nutrition in the prevention and treatment of adult osteoporosis. CMAJ 165: 1511-1514, 2001

Bilanin JE, Blanchard MS, Russek-Cohen E. Lower vertebral bone density in male long distance runners. Med Sci Sports Exerc 21: 66-70, 1989

Block JE, Friedlander AL, Brooks GA, Steiger P, Stubbs HA, et al. Determinants of bone density among athletes engaged in weight-bearing and non-weight-bearing activity. J Appl Physiol 67: 1100-1105, 1989

Block JE, Friedlander AL, Brooks GA, Steiger P, Stubbs HA, Genant HK. Determinants of bone density among athletes engaged in weight-bearing and non-weight-bearing activity. J Appl Physiol 67: 1100-1105, 1989

Bonen A. Recreational exercise does not impair menstrual cycles: a prospective study. Int J Sports Med 13: 110-120, 1992

Capozzo A. Force actions in the human trunk during running. J Sports Med 23: 14-22, 1983

Chilibeck PD, Sale DG, Webber CE. Exercise and bone mineral density Sports Med 19: 103-122, 1995

Duek CA, Manore MM, Matt KS. Role of energy balance in athletic menstrual dysfunction. Int J Srort Nutr 6: 165-190, 1996

Dumler F, Kilates C. Use of bioelectrical impedance techniques for monitoring nutritional status in patients on maintenance dialysis. J Ren Nutr 10: 116-124, 2000

Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thikness: measurements on 481 men and woman aged from 16 to 72 years. Br J Nutr 32: 77-97, 1974

Durnin JV, de Bruin H, Feunekes GI. Skinfold thicknesses: is there a need to be very precise in their location? Br J Nutr 77: 3-7, 1997

Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. Physiol Rev 80 649-680, 2000

Emslander HC, Sinaki M, Muhs JM, Chao EY, Wahner HW, Bryant SC, Riggs BL, Eastell R. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). Mayo Clin Proc 73:1151-1160, 1998

Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. Bone 17: 205-210, 1995

Forwood MR, Burr DB. Physical activity and bone mass: exercises in futility? Bone Miner 21: 89-112, 1993

Frost HM. Vital biomechanics: proposed general concepts for skeletal adaptation to mechanical usage. Calcif Tissue Int 42: 145-156, 1988

Going S, Massett M, Hall M, Bare L, Root P, Williams D, Lohman T. Detection of small changes in body composition by dual energy X-ray absorptiometry. Am J Clin Nutr 57:845-850, 1993

Goodpaster BH, Kelley DC. Composition of skeletal muscle evaluated with computed tomography. Ann N Y Acad Sci 904: 18-24, 2000

Grimston SK, Willows ND, Hanley DA. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. Med Sci Sports Exerc 25: 1203-1210, 1993

Grimston SK, Willows ND, Hanley DA. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. Med Sci Sports Exerc 25: 1203-1210, 1993

Groff JL, Gropper SS. Advanced Nutrition and Human Metabolism Third Edition. 501-525, 2000

Gutin B, Kasper MJ. Can vigorous exercise play a role in osteoporosis prevention? A review. Osteoporosis Int 2: 55-69, 1992

Haapsalo H, Kannus P, Sievänen H, et al. Long-term unilateral loading and bone mineral density and content in female squash players. Calcif Tissue ht 54:249-255, 1994

Hackney AC, Sinning WE, Bruot BC. Reproductive hormone profiles of endurance-trained and untrained male runners. Med Sci Sports Exerc 20:60-65, 1988

Harrison GG, Buskirk ER, Lindsay CJE. Skinfold Thikness and Measurement Technique. In: Lohman TG, Roche AF, Mortorell R (Eds). Anthropometrics Standardization Reference Manual, Stanford University, 1988

Heinomen A, Oja P, Kannus P, Sievänen H, Haapsalo H, Mänttäri A, Vuori I Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. Bone 17:197-203, 1995

Heinonen A, Oja P, Kannus P, et al. Bone density of female athletes in different sports. Bone Miner 23: 1-14, 1993

Heinrich CH, Going SB, Pamenter RW, Perry CD, Boyden TW, Lohman TG. Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. Med Sci Sports Exerc 22: 558-563, 1990

Hetland ML, Haarbo J, Christiansen C, et al. Running induces menstrual disturbances but bone mass is unaffected, except in amenorrheic women. Am J Med 95: 53-60, 1993

Heymsfild SB, Wang Z, Visser M, Gallagher D, Pierson RN. Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. Am J Clin Nutr. 64: 478S-484S, 1996

Heyward WH. Evaluation of body composition. Current issues. Sports Med 22: 146-156, 1996

Houtkooper LB, Going SB. Body composition: how should it be measured? Does it affect sport performance? Sports Sci Exchange 7:1-8, 1994

Houtkooper LB. Body composition. IN: Manore MM, Thompson JL. Sport nutrition for health and performance. Champaign, Ill: Human Kinetics Publisher pp.199-219, 2000

Jacobson PC, Beaver W, Grupp SA, Taft TN, Talmage RV. Bone density in women: College athletes and older athletic women J Orthop Res 2: 328-332, 1984

Jebb SA, Goldberg GR, Elia M. DXA measurements of fat and bone mineral density in relation to depth and adiposity. Basic Life Sci 60: 115-119, 1993

Jebb SA. Measurement of soft tissue composition by dual energy X-ray absorptiometry. Brit J Nutr 77: 151-163, 1997

Jensen MD. Research techniques for body composition assessment. J Am Diet Assoc 92: 454-460, 1992

Kannus P, Haapsalo H, Sievänen H, et al. The site-specific effects of long-term unilateral activity on bone mineral density and content. Bone 15: 279-284, 1994

Kehayias JJ, Valtuena S. Neutron activation analysis determination of body composition. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2: 453-63, 1999

Kenneth JE. Selected Body Composition Methods Can Be Used in Field Studies. J Nutr 131: 1589S-1594S, 2001

Kirchner EM, Lewis RD, O' Connor PJ. Bone mineral density and content. Med Sci Sports Exerc 27: 543-549, 1995

Lane NE, Bloch DA, Jones HH, Marshall WH, Wood PD, et al. Long-distance running, bone density and osteoarthritis. JAMA 255: 1147-1151, 1986

Laskey MA, Lyttle KD, Flaxman ME, Barder RW. The influence of tissue depth and composition on the performance of the Lunar dual-energy X-ray absorptiometer whole-body scanning mode. Eur J Clin Nutr 46: 39-45, 1992

Lee EJ, Long KA, Risser WL, Poindexter HBW, Gibbons WE, and Goldzieher J. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. Med Sci Sports Exerc 27(10): 1354-1361, 1995

Lima F, de Falco V, Baima J, Carazzato JB and Pereira RMR. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. Med Sci Sports Exerc 33: 1318-1323, 2001

Lohman TG. Dual energy X-Ray Absorptiometry. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG (Eds.) Human Body Composition. Champaign, L: Human Kinetics, 1996

Mahan LK and Escott-Stump S. Krause's Food, nutrition, & diet therapy. 10th edition, 368-375, 2000

Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. Rheum Dis Clin North Am 27: 131-141, 2001

Martin A and Drinkwater D. Variability in the Measures of Body Fat Assumptions or Technique? Sports Med 11: 277-288, 1991

Matsumoto T, Nakagawa S, Nishida S, Hirota R. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. Int J Sports Med 18:408-412, 1997

Mazees RB, Barden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft tissue composition. Am J Clin Nutr 51: 1106-1112, 1990

McNitt-Gray JL, Yokoi T, Millward C. Landing strategy adjustments made by female gymnasts in response to drop height and mat composition. J Appl Bioch 9:173-190, 1993

Morel J, Combe B, Francisco J and Bernard J. Bone Mineral Density of 704 Amateur Sportsmen Involved in Different Physical Activities. Osteoporos Int 12: 152-157, 2001

Nilsson BE, Westlin NE. Bone density in athletes. Cli Ort Rel Res 77: 179-182, 1971

Norgan NG. The assessment of the body composition of populations In: Davies PSW & Cole TJ (Eds). Body composition Techniques and Assessment in Health and Disease, Cambridge University Press, 1995

Pietrobelli A, Heymsfield SB, Wang ZM and Gallagher D. Multi-component body composition models: recent advances and future directions. Eur J Clin Nutr 55: 69-75, 2001

Position of the American Dietetic Association and the Canadian Dietetic Association: Nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. J Am Diet Assoc 93: 691-696, 1993

Prior JC, Vigma YM, Schechter MT, et al. Spinal bone loss and ovulatory disturbances. N Engl J Med 323: 1221-1227, 1990

Recker RR, Deng HW. Role of genetics in osteoporosis. Endocrine 17: 55-56, 2002

Ringe JD, Orwoll E, Daifotis A, Lombardi A. Treatment of male osteoporosis: recent advances with alendronate. Osteoporos Int 13:195-199, 2002

Risser WL, Lee EJ, LeBlanc A, Poindexter HBW, Risser JMH, et al. Bone density in Eumenorrheic female college athletes. Med Sci Sports Exerc 22: 570-574, 1990

Robinson TL, Snow-Harter C, Taaffe DR, Gillis D, Shaw J, Marcus R. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. J Bone Miner Res 10: 26-35, 1995

Ross B, Bluml S. Magnetic resonance spectroscopy of the human brain. Anat Rec 265: 54-84, 2001

Schneider VS, McDonald J. Skeletal calcium homeostasis and countermeasures to prevent disuse osteoporosis. Calcif Tissue Int 36: S151-S154, 1984

Siders WA, Lukaski HC, Bolonchuk WW. Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in collegiate swimmers. J Sports Phys Fitness 33:166-171, 1993

Sievänen H, Kannus P, Heinomen A, et al. Bone mineral density and muscle strength of lower extremities after long-term strength training, subsequent knee ligament injury and rehabilitation: a unique 2-year follow-up of a 26-year-old female student. Bone 15: 85-90, 1994

Slemenda CW, Johnston CC. High intensity activities in young women: site specific bone mass effects among female figure skaters. Bone Miner 20: 125-132, 1993

Smith MC, R. P, Vogel JM, Whittle MW. Bone mineral measurement. Experiment M078. In: Johnston DL, editor. Biomedical results from Skylab. Washington, DC: NASA SP-377, 183-190, 1977

Smith R, Rutherford OM. Spine and total body bone mineral density and serum testosterone levels in male athletes. Eur J Appl Physiol 67: 330-334, 1993

Stewart AD and Hannan J. Total and regional bone density in male runners, cyclists, and controls. Med Sci Sports Exerc 32:1373-1377, 2000

Subotnick SI. The biomechanics of running: implications for the prevention of foot injuries. Sports Med 2: 144-153, 1985

Suominen H. Bone mineral density and long-term exercise (an overview of cross-sectional athlete studies). Sports Med 16: 316-330, 1993

Taaffe D, Robinson T, Snow C and Marcus R. High-Impact Exercise Promotes Bone Gain in Well-Trained Female Athletes. J Bone Miner Res 12: 255-260, 1997

Taaffe DR and Marcus R. Regional and total body bone mineral density in elite collegiate male swimmers. J Sports Med Phys Fitness 39: 154-159, 1999

Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD and Marcus R. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. J Bone Miner Res 10: 586-592, 1995

Taaffe DR, Suominen H, Ollikainen S, Cheng S. Calcaneal bone mineral and ultrasound attenuation in male athletes exposed to weight-bearing and nonweight-bearing activity. A cross-sectional report. J Sports Med Phys Fitness 41:243-249, 2001

Thornton WE, R. J. Muscular deconditioning and its prevention in space flights. In: Johnston DL, editor. Biomedical results from Skylab. Washington, DC: NASA SP-377, 183, 1977

Tothill P & Avenell A. Errors in dual-energy X-ray absorptiometry of the lumbar spine owing to fat distribution and soft tissue thickness during weight change. Br J Radiol 67: 71-75, 1994

Virvidakis K, Georgiou E, Korkotsidis A, Ntalles K, Proukakis C. Bone mineral content of junior competitive weightlifters. Int J Sports Med 11: 244-246, 1990

Vuori I. Peak bone mass and physical activity: A short review. Nutrition Reviews 54: S11-S14, 1996

Wendy MK. Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. J Appl Physiol 84: 372-377, 1998

Westerterp KR. Body composition, water turnover and energy turnover assessment with labeled water. Proc Nutr Soc 58: 945-951, 1999

Whedon GD. Disuse osteoporosis: physiological aspects. Calcif Tissue Int 36: S146-S150, 1984

Wheeler GD, Wall SR, Belcastro AN and Cumming DC. Reduced serum testosterone and prolactin levels in male distance runners. JAMA 252: 514-516, 1984

Κλεισούρας Β. Φυσιολογία της άσκησης. Δεύτερη έκδοση. 668-702, 2001

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΘΛΗΤΩΝ....
Μ. Καριπίδου
10138
ΠΥΛΑΡ 611
6050

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Υπηρ.Βιβ/κης Χαροκόπειου Παν/μίου.954916
10138
HU