

**Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΣΤΙΚΗ
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΟΣΤΟΥ ΣΕ ΚΟΡΙΤΣΙΑ
ΠΡΟΕΦΗΒΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ**

της

Διαμάντας Λεοντσίνη

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας στην κατεύθυνση «Πρόληψη-Παρέμβαση-Αποκατάσταση»

Κομοτηνή

2010

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα.

1^{ος} Επιβλέπων: Μαρία Μιχαλοπούλου, Αναπληρώτρια. Καθηγήτρια

2^{ος} Επιβλέπων: Βασίλης Γούργουλης, Αναπληρωτής Καθηγητής

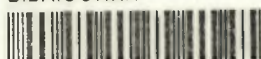
3^{ος} Επιβλέπων: Κυριάκος Ταξιλδάρης, Καθηγητής



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10055/1
Ημερ. Εισ.: 29/11/2011
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
612.75
ΛΕΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000107787

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διαμάντα Λεοντσίνη: Η σχέση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα και τη γεωμετρία του οστού σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας

(Με την επίβλεψη της κ. Μαρίας Μιχαλοπούλου, Αναπληρώτριας Καθηγήτριας)

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να διερευνηθεί η σχέση της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα και γεωμετρία των οστών κοριτσιών ηλικίας 10 έως 12 ετών. Εξήντα κορίτσια προεφηβικής ηλικίας συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια καταγραφής της φυσικής δραστηριότητας. Η οστική πυκνότητα μετρήθηκε με τη μέθοδο Απορροφησιομετρίας Διπλοενεργειακής Δέσμης Ακτίνων Χ (DXA) ενώ η οστική γεωμετρία μετρήθηκε με τη μέθοδο της Περιφερικής Ποσοτικής Υπολογιστικής Τομογραφίας (pQCT). Με βάση το επίπεδο της φυσικής τους δραστηριότητας, οι συμμετέχουσες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: α) χαμηλής φυσικής δραστηριότητας (ΧΦΔ, N = 18), β) μέτριας φυσικής δραστηριότητας (ΜΦΔ, N = 17) και γ) υψηλής φυσικής δραστηριότητας (ΥΦΔ, N = 25).

Όσον αφορά τη γεωμετρία του οστού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στην επιμετάλλωση ($F_{(2,49)}=3.679, p=.032$) και στην οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό ($F_{(2,49)}=4.907, p=.011$) και στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό ($F_{(2,49)}=3.517, p=.037$) στο 14% της κνήμης. Επίσης, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στη συνολική οστική πυκνότητα ($F_{(2,49)}=5.236, p=.009$), στην επιμετάλλωση ($F_{(2,49)}=3.652, p=.033$) και στο πάχος ($F_{(2,49)}=7.435, p=.002$) του φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης. Τέλος, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στη συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης ($F_{(2,49)}=9.122, p=.000$), στην επιμετάλλωση ($F_{(2,49)}=3.275, p=.046$), στην οστική πυκνότητα ($F_{(2,49)}=5.039, p=.010$) και στο πάχος φλοιώδους οστού ($F_{(2,49)}=7.212, p=.002$) και στην ενδοοστική περίμετρο του οστού ($F_{(2,49)}=6.571, p=.003$) στο 66% της κνήμης. Όσον αφορά την οστική πυκνότητα, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων βρέθηκαν στην οστική πυκνότητα οσφυϊκής μοίρας ($F_{(2,57)}=4.433, p=.016$), του ισχίου ($F_{(2,57)}=5.168, p=.009$), του αυχένα μηριαίου οστού ($F_{(2,57)}=3.491, p=.037$), του

τροχαντήρα μηριαίου οστού ($F_{(2,57)}=5.162$, $p=.009$) και στην επιμετάλλωση του τροχαντήρα του μηριαίου οστού ($F_{(2,57)}=3.400$, $p=.040$). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αποδεικνύουν ότι ακόμη και η μέτρια φυσική δραστηριότητα μπορεί να επιδράσει θετικά στην οστική πυκνότητα και γεωμετρία του οστού.

Λέξεις – Κλειδιά: φυσική δραστηριότητα, οστική πυκνότητα, γεωμετρία οστού, DXA, pQCT

ABSTRACT

Diamanta Leontsini: The relation of physical activity with bone density and geometry on prepuberty girls

(Under the supervision of Maria Michalopoulou, Associate Professor)

The purpose of the present study was to investigate the relation of physical activity with bone density and geometry on 10 to 12 years old girls. Sixteen prepuberty girls answered the four by one- day recall physical activity questionnaire. Bone density was measured using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and peripheral quantitative computedtomography (pQCT) was used to assess bone geometry. Depended on their physical activity levels, the participants were separated in three groups: a) low physical activity (LPA, N=18), b) moderate physical activity (MPA, N=17) and c) vigorous physical activity (VPA, N=25).

A statistically significant effect of physical activity level was revealed in bone mineral content ($F_{(2,49)}=3.679$, $p=.032$) and bone mineral density ($F_{(2,49)}=4.907$, $p=.011$) of trabecular bone at 14% distal tibia and in bone mineral density of cortical bone at 14% distal tibia ($F_{(2,49)}=3.517$, $p=.037$). Furthermore, a statistically significant effect of physical activity level was revealed in total bone mineral density ($F_{(2,49)}=5.236$, $p=.009$), in bone mineral content ($F_{(2,49)}=3.652$, $p=.033$) and in thickness ($F_{(2,49)}=7.435$, $p=.002$) of cortical bone at 38% distal tibia. Additionally, a statistically significant effect of physical activity level was found in total bone mineral density ($F_{(2,49)}=9.122$, $p=.000$), in cortical bone mineral content ($F_{(2,49)}=3.275$, $p=.046$), in cortical bone mineral density ($F_{(2,49)}=5.039$, $p=.010$), in cortical thickness ($F_{(2,49)}=7.212$, $p=.002$) and in endocortical perimeter ($F_{(2,49)}=6.571$, $p=.003$) of 66% distal tibia. Finally, a statistically significant effect of physical activity level was measured in bone mineral density at lumbar spine ($F_{(2,57)}=4.433$, $p=.016$), hip ($F_{(2,57)}=5.168$, $p=.009$), femoral neck ($F_{(2,57)}=3.491$, $p=.037$), femoral trochanter, ($F_{(2,57)}=5.162$, $p=.009$) and in bone mineral content at femoral trochanter ($F_{(2,57)}=3.400$, $p=.040$). The results of the present study indicate that even moderate physical activity could have a positive effect on bone density and geometry.

Key - Words: physical activity, bone density, bone geometry, DXA, pQCT

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ο ανθρώπινος σκελετός αποτελεί έναν ιστό του σώματος ο οποίος σαν βασική λειτουργία του έχει τη στήριξη του ανθρώπινου σώματος και την απορρόφηση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτόν. Για το λόγο αυτό τα οστά πρέπει να είναι δυνατά και ελαστικά χωρίς να έχουν πολύ βάρος και να προσαρμόζονται εύκολα ώστε η μεταφορά του σώματος να μην αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για το μεταβολισμό τους. Η αναπτυξιακή περίοδος αποτελεί μία μοναδική ευκαιρία ώστε να δομηθεί ένας ανθεκτικός σκελετός. Έχουν γίνει πολλές μελέτες οι οποίες εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην πυκνότητα των οστών παιδιών παιδικής και εφηβικής ηλικίας. Ωστόσο κάτι αντίστοιχο δεν ισχύει και για τη φυσική δραστηριότητα. Το πρόβλημα αυτό είναι που με οδήγησε στην παρούσα μελέτη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Μιχαλοπούλου Μαρία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ., για τις εύστοχες παρατηρήσεις της και τη συμπαράστασή της στη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γούργουλη Βασίλη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ., καθώς και τον κ. Ταξιλάρη Κυριάκο, Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ., για την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Καμπά Αντώνη, Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ., για την καθοδήγησή του πάνω σε θέματα στατικής ανάλυσης.

Θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Φατούρο Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ., για την ηθική και πρακτική υποστήριξη που μου προσέφερε σε όλη την περίοδο που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού μου αλλά και της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Μιχοπούλου Ελένη για τη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων της διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT.....	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	viii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Σκοπός της έρευνας.....	6
Σημασία της έρευνας.....	7
Υποθέσεις της έρευνας.....	7
Οριοθετήσεις της έρευνας.....	7
Περιορισμοί της έρευνας.....	7
Ορισμοί	8
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	9
Ανατομία του οστού.....	9
Φυσιολογία του οστού	11
Η βιομηχανική του οστού	14
Η επίδραση της ηλικίας στο μεταβολισμό του οστού.....	15
Η επίδραση του φύλου στο μεταβολισμό του οστού	16
Η επίδραση της άσκησης και της φυσικής δραστηριότητας στο μεταβολισμό του οστού.....	18
Η μέτρηση του μεταβολισμού του οστού	22
Συμπεράσματα	24
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	26
Δείγμα	26
Ερευνητικός σχεδιασμός.....	27
Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών	28
Αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας.....	29
Αξιολόγηση της οστικής ηλικίας και του σταδίου βιολογικής ωρίμανσης.....	29

Μέτρηση οστικής πυκνότητας	29
Αξιολόγηση της γεωμετρίας του οστού	30
Στατιστική ανάλυση	30
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
Φυσική δραστηριότητα	33
Επίπεδο βιολογικής ωρίμανσης	33
Ανθρωπομετρικές μετρήσεις.....	35
Γεωμετρία οστού.....	35
Οστική πυκνότητα.....	41
Συσχετίσεις.....	43
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	46
Οστική πυκνότητα.....	47
Γεωμετρία οστού.....	49
Η επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στην υγεία του οστού.....	51
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	55
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας.....	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Οι ομάδες που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν τρεις	27
Πίνακας 2. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των κοριτσιών που συμμετείχαν στην έρευνα.	27
Πίνακας 3. Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των τριών ερευνητικών ομάδων.	34
Πίνακας 4. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 4% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).....	36
Πίνακας 5. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 14% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).....	37
Πίνακας 6. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 38% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).....	39
Πίνακας 7. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 66% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT)	41
Πίνακας 8. Μεταβλητές της οστικής πυκνότητας του οστού των τριών ερευνητικών ομάδων (DEXA)	42
Πίνακας 9. Οι στατιστικά μη σημαντικές συσχετίσεις της παραμέτρου «Φυσική Δραστηριότητα» με τις μεταβλητές οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας (από τις μετρήσεις με τις μεθοδολογίες DEXA και pQCT) για το σύνολο των ατόμων που μετείχαν στην έρευνα	44

Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΟΣΤΟΥ ΣΕ ΚΟΡΙΤΣΙΑ ΠΡΟΕΦΗΒΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Τα οστά αποτελούν ένα ξεχωριστό ιστό του σώματος ο οποίος σαν βασική λειτουργία του έχει την απορρόφηση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτόν. Για το λόγο αυτό πρέπει να είναι δυνατά και ελαστικά χωρίς να έχουν πολύ βάρος και να προσαρμόζονται εύκολα ώστε η μεταφορά του σώματος να μην αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για το μεταβολισμό τους (Faulkner & Bailey, 2007). Τα οστά αποτελούνται από ειδικό συνδετικό ιστό αρκετών κυττάρων διαφορετικού τύπου τα οποία περιβάλλονται από ένα πλέγμα κολλαγόνου (εξωκυττάρια θεμέλια ουσία), ονομαζόμενο οστεοειδές, πάνω στο οποίο εναποθέτονται μέταλλα και ειδικότερα κρύσταλλοι ασβεστίου και φωσφόρου που είναι γνωστοί ως υδροξυπατίτες (Kontulainen, Hughes, Macdonald & Johnston, 2007). Συνήθως το ένα τρίτο του βάρους ενός οστού αντιστοιχεί σε οστεοειδή μάζα και τα δύο τρίτα είναι μέταλλα, με τα οστικά κύτταρα να συμβάλουν ελάχιστα στο συνολικό βάρος (Marcus, Feldman & Kelsey, 1996).

Ο μεταβολισμός των οστών ρυθμίζεται από εξειδικευμένα κύτταρα τα οποία ενεργοποιούνται από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, χημικούς, μηχανικούς, ηλεκτρικούς και μαγνητικούς (Marcus et al., 1996). Οι τρεις τύποι των οστικών κυττάρων είναι οι οστεοβλάστες, οι οστεοκλάστες και τα οστεοκύτταρα. Οι οστεοβλάστες είναι τα κύτταρα τα οποία σχηματοποιούν το οστό. Εκκρίνουν κολλαγόνο για να σχηματιστεί το περιβάλλον πλέγμα το οποίο στη συνέχεια ασβεστοποιείται. Μόλις περιβληθούν από το ασβεστοποιημένο πλέγμα, οι οστεοβλάστες ονομάζονται οστεοκύτταρα. Η λειτουργία των οστεοβλαστών ελέγχεται από ενδοκρινολογικούς και παρακρινολογικούς παράγοντες. Ορμόνες όπως οι παραθυρεοειδείς ορμόνες (PTH), η βιταμίνη V3, οι γλυκοκορτικοειδείς ορμόνες, η αυξητική ορμόνη (GH) και τα στεροειδή επιδρούν στους οστεοβλάστες. (Marcus et al., 1996).

Τα οστεοκύτταρα φέρουν επιμήκεις κυτταροπλασματικές προεκτάσεις οι οποίες επεκτείνονται κατά μήκος του οστού και σχηματίζουν στεγανές συνδέσεις με άλλα οστεοκύτταρα, άλλα οστικά κύτταρα ή οστεοβλάστες. Αυτό επιτρέπει στα

οστεοκύτταρα να σχηματίζουν ένα σύνθετο δίκτυο μέσα στο οστό παρέχοντας έτσι ένα μέσο επικοινωνίας το οποίο είναι απαραίτητο στη μεταφορά των μηχανικών φορτίων που δέχονται τα οστά. Εκτός από αυτό, κύριος ρόλος των οστεοκυττάρων είναι η ενεργοποίηση του μετασχηματισμού των οστών και η ρύθμιση του εξωκυτταρικού ασβεστίου. Οι οστεοκλάστες είναι μεγάλα πολυπύρρηνα κύτταρα που απορροφούν το ήδη σχηματοποιημένο οστό, εκκρίνοντας ιόντα υδρογόνου, τα οποία διαλύουν τους κρυστάλλους και υδρολυτικά ένζυμα τα οποία απορροφούν την οστεοειδή ουσία (οστεόλυση). Ορμόνες όπως οι παραθυρεοειδείς ορμόνες (PTH), η κοτριζόλη και οι θυρεοειδικές ορμόνες επιδρούν στους οστεοκλάστες (Marcus et al., 1996).

Ιστολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι η απορρόφηση του οστίτη οστού από τους οστεοκλάστες και ο σχηματισμός του από τους οστεοβλάστες αποτελούν δύο λειτουργίες οι οποίες συνδέονται πολύ στενά μεταξύ τους κατά τον ανασχηματισμό του οστού. Επιστημονικές έρευνες έχουν δείξει πως όταν αυξάνεται η απορρόφηση του οστού από τους οστεοκλάστες αυξάνεται και ο σχηματισμός του οστού από τους οστεοβλάστες και επομένως επιτυγχάνεται, κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, η αντικατάσταση του χαμένου οστού (Barb & McKay, 1998).

Τα οστά συνεχώς αναπτύσσονται και προσαρμόζονται στις λειτουργικές ανάγκες του σώματος. Πρέπει να είναι δυνατά αλλά ταυτόχρονα αρκετά ελαστικά για να απορροφούν τις πιέσεις που δέχονται κατά την κίνηση του σώματος (Faulker et al., 2007). Κατά την περίοδο της παιδικής και εφηβικής ηλικίας ο ανθρώπινος σκελετός αναπτύσσεται πολύ γρήγορα. Η οστική μάζα αυξάνεται κατά τις δύο πρώτες δεκαετίες της ζωής φτάνοντας σε μία μέγιστη τιμή στο τέλος της εφηβείας ή στην αρχή της ενηλικίωσης. Οι άντρες αναπτύσσουν περισσότερη οστική μάζα κυρίως λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους των οστών τους. Στη συνέχεια η οστική μάζα παραμένει σταθερή μέχρι τα πρώτα αλλά και τα μετέπειτα χρόνια της ενηλικίωσης, οπότε και αρχίζει η μείωση της οστικής μάζας λόγω της ηλικίας. Στις γυναίκες παρατηρείται μία αυξημένη απώλεια οστικής μάζας κατά τα τρία έως έξι χρόνια της εμμηνόπαυσης (Kontulainen et al., 2007).

Ένα αναπτυσσόμενο επιμήκες οστό χωρίζεται στα δύο ακραία τμήματα, τα οποία ονομάζονται επιφύσεις, και στο ενδιάμεσο, το οποίο ονομάζεται διάφυση. Στο σημείο όπου οι επιφύσεις ενώνονται με την διάφυση υπάρχει ο συζευκτικός χόνδρος. Οι οστεοβλάστες μετατρέπουν το χονδροειδή ιστό σε οστό ενώ ταυτόχρονα εναποθέτεται νέος χόνδρος στο κέντρο του δίσκου από τα χονδροκύτταρα. Με αυτό

τον τρόπο, ο συζευκτικός χόνδρος παραμένει ανέπαφος και σιγά σιγά απομακρύνεται από το κέντρο της διάφυσης, καθώς το οστό επιμηκώνεται. Η κατά μήκος αύξηση των οστών συνεχίζεται μέχρι να μετατραπεί ο συζευκτικός χόνδρος σε οστό ως αποτέλεσμα των ορμονικών μεταβολών της εφηβείας. Η κατά πάχος αύξηση των επιμήκων οστών πραγματοποιείται με την παραγωγή οστικής μάζας από τους οστεοβλάστες που βρίσκονται στο περίοστεο (Kontulainen et al., 2007).

Ο οστικός μεταβολισμός των οστών επηρεάζεται από γενετικούς, διατροφικούς και ορμονικούς παράγοντες. Η αυξητική ορμόνη, ο ινσουλινοεξαρτώμενος παράγοντας αυξητικής ορμόνης – 1, τα γλυκοκορτικοειδή, οι θυρεοειδείς ορμόνες, οι ορμόνες φύλου, η βιταμίνη D και η λεπτίνη είναι μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των οστών κατά την εφηβεία (Nilsson, Ohlsson, Isaksson, Lindahl & Isgaard, 2005).

Η διαφορά στο μέγεθος των οστών που παρατηρείται ανάμεσα στα δύο φύλα ίσως σχετίζεται με την επίδραση των ορμονών φύλου στο περίοστεο κατά την αναπτυξιακή ηλικία (Vanderschueren, Venken, Ophoff, Bouillon & Boonen, 2006). Τα ανδρογόνα θεωρούνται ότι αυξάνουν το μέγεθος των οστών με την παραγωγή οστικής μάζας στο περίοστεο ενώ τα οιστρογόνα φαίνεται να δρουν ανασταλτικά στην ανάπτυξη των οστών των κοριτσιών (Saxon & Turner, 2005). Η διαφορά στο μέγεθος των οστών που παρατηρείται ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια εφηβικής ηλικίας είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στα αυξημένα επίπεδα τεστοστερόνης των αγοριών αφού η έκκριση της αυξητικής ορμόνης και η παραγωγή του ινσουλινοεξαρτώμενου παράγοντα αυξητικής ορμόνης – 1 δεν παρουσιάζει διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα κατά την εφηβική ηλικία (Riggs, Khosla & Melton, 2002).

Η επίδραση των γενετικών παραγόντων στην οστική μάζα διαφέρει κατά τη διάρκεια της ηλικίας. Η κληρονομικότητα μπορεί να ευθύνεται κατά 60% για τις διαφορές που εμφανίζονται στην οστική πυκνότητα των γυναικών ηλικίας 30 ετών περίπου. Παρόλα αυτά είναι δύσκολο να υπολογιστεί με σαφήνεια η επίδραση των γενετικών παραγόντων στην οστική μάζα και αυτό γιατί υπάρχει μεγάλη αλληλεπίδραση με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν επίσης την πυκνότητα της οστικής μάζας ενός ατόμου. Επιστημονικά στοιχεία, ωστόσο, δείχνουν πως οι γενετικοί παράγοντες επηρεάζουν λιγότερο το ρυθμό μείωσης της οστικής μάζας και περισσότερο τη μέγιστη οστική μάζα ενός ατόμου (Spector, Keen & Arden, 1995).

Η διατροφή αποτελεί ένα άλλο σημαντικό παράγοντα ο οποίος επηρεάζει την οστική πυκνότητα και γεωμετρία. Η αύξηση του μήκους των οστών περιορίζεται όταν υπάρχει μειωμένη πρόσληψη θερμίδων (Boger, 2005). Σημαντικός όμως, είναι και ο ρόλος συγκεκριμένων διατροφικών στοιχείων για την ανάπτυξη των οστών. Εκτός από το ασβέστιο, η πρόσληψη μαγνησίου, νατρίου και καλίου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την διατήρηση της οστικής πυκνότητας και μάζας στους ενήλικες (Jones, Riley & Whiting, 2001). Στα παιδιά σημαντικότερο ρόλο στην ανάπτυξη των οστών φαίνεται να παίζει η πρόσληψη νατρίου παρόλο που πολλές επιστημονικές μελέτες δεν έχουν δείξει θετική σχέση ανάμεσα στην πρόσληψη νατρίου και καλίου και στην ανάπτυξη των οστών σε παιδιά (Matkovic et al., 1995).

Τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες παρατήρησαν ότι υπάρχει στενή σχέση στην ανάπτυξη της μυϊκής μάζας και την ανάπτυξη των οστών των εφήβων. (Schoenau, Neu, Beck, Manz & Rauch, 2002). Οι δυνάμεις που ασκούνται από τους μυς στα οστά αποτελούν σημαντικό ερέθισμα για την ανάπτυξη της οστικής μάζας. Η συνολική σωματική μάζα και τα συστατικά της, η άλιπη σωματική μάζα και τα μαλακά μόρια, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες της οστικής μάζας του σώματος. Υπάρχει θετική αλληλεπίδραση ανάμεσα στην άλιπη σωματική μάζα και την οστική μάζα. Η λιπώδης σωματική μάζα, επίσης, σχετίζεται με την οστική μάζα. (Rauch, Bailey, Baxter-Jones, Miwald & Faulkner, 2004).

Η ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος είναι μία δυναμική διαδικασία κατά την οποία τα οστά αναπτύσσουν συνεχώς τη μάζα τους, το μέγεθός τους και την αρχιτεκτονική τους. Η διαδικασία αυτή είναι αποτέλεσμα της συνεχούς προσαρμογής τους στις μεταβαλλόμενες επιβαρύνσεις που δέχονται κυρίως από την αύξηση του μήκους τους, την αύξηση των μυϊκών δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά αλλά και δυνάμεων που τους ασκούνται λόγω της βαρύτητας και του σωματικού βάρους. Παρόλα αυτά οι μυϊκές δυνάμεις ασκούν τις υψηλότερες επιβαρύνσεις στα οστά κατά τη διάρκεια της κίνησης του σώματος (Daly, 2007). Είναι πλέον γνωστό πως η έλλειψη συστηματικής άσκησης /φυσικής δραστηριότητας στην παιδική, προεφηβική και εφηβική ηλικία έχει αρνητική επίδραση στην οστική πυκνότητα και αυξάνει σημαντικά τις πιθανότητες εμφάνισης της οστεοπόρωσης στη μετέπειτα ζωή καθώς και τις πιθανότητες καταγμάτων από πτώσεις (Broe, Hannan & Kiely, 2000). Επειδή το 26% της οστικής πυκνότητας μίας ενήλικης γυναίκας αναπτύσσεται στην ηλικία των 11,5-13,5 ετών, ποσοστό που είναι ίσο με το ποσοστό απώλειας της οστικής μάζας μετά την εμμηνόπαυση, η προεφηβική ηλικία ίσως αποτελεί μία πολύ

σημαντική περίοδο επίδρασης στην ανάπτυξη της οστικής μάζας μέσω της φυσικής δραστηριότητας (Valdimarsson, Linden, Johnell, Gardsell & Karlsson, 2006).

Όλο και περισσότεροι επιστήμονες πιστεύουν πως η οστεοπόρωση αποτελεί αντικείμενο της παιδιατρικής (Vicente-Rodriguez, 2006). Ο σκελετός των ατόμων προεφηβικής ηλικίας είναι πολύ ευαίσθητος στη μηχανική φόρτιση σαν αποτέλεσμα της φυσικής δραστηριότητας (Vicente-Rodriguez, 2006). Η φυσική δραστηριότητα και η συμμετοχή σε αθλήματα πρέπει να αρχίζει κατά την προεφηβική ηλικία και να συνεχίζεται κατά την εφηβική ηλικία ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη οστική μάζα. Η μέγιστη οστική μάζα στα οστά των ποδιών κατά την περίοδο της ανάπτυξης αυξάνεται κατά 10-20% περισσότερο σε σχέση με άτομα της ίδιας ηλικίας που κάνουν καθιστική ζωή (Bass et al., 1998). Αυτή η επίδραση φαίνεται να είναι μεγαλύτερη όταν η άσκηση αρχίζει κατά την προεφηβική ηλικία. (Haapasalo, Kannus & Sievanen, 1998). Είναι επίσης πιθανόν ότι η συμμετοχή σε αθλήματα κατά την προεφηβική ηλικία δρα σε συνδυασμό με την αύξηση της οστικής μάζας λόγω της ανάπτυξης του σώματος με αποτέλεσμα μία μεγαλύτερη οστική μάζα κατά την εφηβική ηλικία. (Gustavsson, Thorsen & Nordstrom, 2003). Παρόλα αυτά υπάρχουν επιστημονικές μελέτες που υποστηρίζουν ότι η επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στα οστά είναι ακόμη θετικότερη κατά την πρώτη εφηβική ηλικία (MacKelvie, McKay, Khan & Crocker, 2001).

Η σύσταση του σώματος (άλιπη και λιπώδης σωματική μάζα) φαίνεται ότι σχετίζεται με την οστική μάζα (Vicente-Rodriguez, Ara & Perez-Gomez, 2005). Επομένως, εκτός από την άμεση επίδραση της άσκησης στην οστική μάζα, η φυσική δραστηριότητα επιδρά θετικά στην αύξηση των οστών αυξάνοντας τη μυϊκή μάζα και άρα τις δυνάμεις που ασκούνται στα οστά, όπου προσφύονται οι υπερτροφικοί μυς. (Vicente-Rodriguez, 2006) Η φυσική δραστηριότητα επηρεάζει επίσης τη ροή του αίματος στους μυς, επιδρώντας έτσι στην ανάπτυξη των οστών αφού διευκολύνει την παροχή θρεπτικών ουσιών, ορμονών και οξυγόνου (Liskova & Hert, 1971; Rubin & Lanyon, 1984).

Παρόλο που δεν είναι απόλυτα σαφής ποιος τύπος φυσικής δραστηριότητας μεγιστοποιεί την ανάπτυξη των οστών, επιστημονικές έρευνες αναφέρουν πως η συμμετοχή σε δραστηριότητες οι οποίες περιλαμβάνουν τη μεταφορά του σωματικού βάρους είναι άκρως αποτελεσματικές στην μεγιστοποίηση της ανάπτυξης των οστών κατά την προεφηβική ηλικία. (Vicente-Rodriguez, Ara & Perez-Gomez, 2004) Η συμμετοχή των παιδιών σε δραστηριότητες όπως η γυμναστική, το ποδόσφαιρο, η

χειροσφαίριση ή δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τη μεταφορά του σώματος μπορεί να έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των οστών. (Vicente-Rodriguez, 2006) Η διάρκεια της ανάπτυξης αποτελεί, λοιπόν, ίσως τη μοναδική ευκαιρία θετικής επίδρασης της άσκησης στην ανάπτυξη της οστικής μάζας και γεωμετρίας αφού η άσκηση κατά την ενήλικη ζωή μειώνει το ρυθμό απορρόφησης της οστικής μάζας παρά συμβάλλει στην αύξησή της (Seeman, 2002). Επιστημονικές μελέτες στις οποίες εφαρμόστηκαν προγράμματα άσκησης υψηλής έντασης κατά την αναπτυξιακή ηλικία δείχνουν σημαντική αύξηση στην οστική μάζα των ασκούμενων μελών σε σχέση με τα μη ασκούμενα. Και αυτές οι διαφορές είναι αποτέλεσμα σημαντικών μεταβολών στη μάζα, τη γεωμετρία και το μέγεθος του οστού και όχι απλά στη μείωση του ρυθμού απορρόφησης της οστικής μάζας. (Seeman, 2002).

Ενώ λοιπόν οι φυσικές δραστηριότητες οι οποίες περιλαμβάνουν μεταφορά του ανθρώπινου σώματος φαίνεται ότι αυξάνουν την πυκνότητα των οστών σε μέταλλα στα παιδιά, κυρίως κατά την πρώτη εφηβική ηλικία, παραμένει ασαφές ποιο είναι το ιδανικό πρόγραμμα άσκησης. Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα χαρακτηρίζονται από πολλές απειλές. Επιστημονικές μελέτες με καλύτερο σχεδιασμό και έλεγχο απαιτούνται ώστε να απαντηθούν ερωτήματα που έχουν σχέση με τον όγκο, τη συχνότητα, την ένταση της άσκησης και το είδος της άσκησης που απαιτείται ώστε να διεγείρει την εναπόθεση μετάλλων στα οστά. (Hind & Burrows, 2007).

Παρόλα αυτά επιστημονικές μελέτες αναφέρουν πως δραστηριότητες υψηλής έντασης οι οποίες περιλαμβάνουν τη μεταφορά του ανθρώπινου σώματος (γυμναστική, μπαλέτο, ποδόσφαιρο) ενεργοποιούν την αύξηση της οστικής πυκνότητας και μάζας σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις δραστηριότητες χαμηλής έντασης (περπάτημα) ή δραστηριότητες που δεν περιλαμβάνουν μεταφορά του σώματος (κολύμβηση, ποδηλασία). (Bass et al., 1998; Dyson, Blimkie, Davison, Webber & Adachi, 1997; Kannuss et al., 1995). Οι προσαρμογές στη γεωμετρία και την πυκνότητα των οστών λόγω της συμμετοχής σε φυσική δραστηριότητα διαφέρουν ανάλογα το γένος αλλά και το στάδιο ανάπτυξης του ατόμου. (Daly, 2007)

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να διερευνηθεί η σχέση της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα και γεωμετρία των οστών κοριτσιών ηλικίας 10 έως 12 ετών.

Σημασία της έρευνας

Έχουν γίνει πολλές μελέτες οι οποίες εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην πυκνότητα των οστών παιδιών παιδικής και εφηβικής ηλικίας. (Haapasalo et al., 1998; Heinonen et al., 2000; Morris, Naughton, Gibbs, Carlson, Walk 1997; Petit et al., 2002). Η συγκεκριμένη μελέτη προτίθεται να εξετάσει τη σχέση που διαμορφώνεται σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας και της πυκνότητας των οστών αλλά και με τη γεωμετρία των οστών, η οποία παρέχει τη δυνατότητα διερεύνησης δεικτών που σχετίζονται με τη μηχανική αντοχή του οστού. (Russo et al., 2003) Η μέτρηση της πυκνότητας και της γεωμετρίας των οστών έγινε τόσο με τη μέθοδο Απορροφησιομετρίας Διπλοενεργειακής Δέσμης Ακτίνων Χ (DXA) όσο και με τη μέθοδο Περιφερικής Ποσοτικής Υπολογιστικής Τομογραφίας (pQCT). Η βιβλιογραφία στερείται δεδομένων γεωμετρίας του οστού σε παιδιά αφού η συγκεκριμένη μέθοδος τελειοποιήθηκε πρόσφατα.

Μηδενική υπόθεση

Δεν υπάρχει σχέση μεταξύ της οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας και της φυσικής δραστηριότητας προ-έφηβων κοριτσιών

Ερευνητική υπόθεση

Υπάρχει σχέση μεταξύ της οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας και του επιπέδου φυσικής δραστηριότητας προ-έφηβων κοριτσιών

Οριοθετήσεις της έρευνας

- Στη μελέτη πήραν μέρος 65 κορίτσια
- Επιλέχθηκαν άτομα ηλικίας 10-12 ετών.
- Στη μελέτη συμμετείχαν μόνο κορίτσια.

Περιορισμοί της έρευνας.

- Η μελέτη στηρίχθηκε στην ειλικρίνεια των συμμετεχόντων όσον αφορά τη φυσική τους δραστηριότητα

- Περιορισμός ως προς τις μεθόδους προσδιορισμού της οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας: Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DXA για τον προσδιορισμό της οστικής πυκνότητας και η μέθοδος pQCT για τον προσδιορισμό της οστικής γεωμετρίας.

Ορισμοί

- *Οστική πυκνότητα.* Η ποσότητα των ανόργανων αλάτων ανά μονάδα επιφάνειας του οστού.
- *Οστική γεωμετρία.* Το σχήμα και το μέγεθος του οστού, το εμβαδόν του οστού, το πλάτος του οστού, το μήκος του οστού, η ολική και εγκάρσια επιφάνεια, η περίμετρος ενδόστεου και η περίμετρος περιόστεου.
- *Προεφηβική ηλικία.* Η χρονολογική ηλικία 10-12 ετών.
- *Μέθοδος απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων X (DXA).* Μέθοδος υπολογισμού της περιεκτικότητας του οστού σε μεταλλικά στοιχεία, και έμμεσα και της οστικής πυκνότητας, και της ανασύνθεσης και της πυκνότητας κάθε εξεταζόμενης περιοχής ξεχωριστά. Χρησιμοποιεί πηγή ακτίνων X, απομονώνοντας δύο δέσμες από το συνεχές φάσμα ακτινοβολίας με τη βοήθεια ειδικών φίλτρων εξασφαλίζοντας σταθερότητα εκπομπής ακτινοβολίας σε σχέση με το χρόνο.
- *Μέθοδος Περιφερικής Ποσοτικής Υπολογιστικής Τομογραφίας (pQCT).* Μέθοδος η οποία ξεχωρίζει και μετρά ανεξάρτητα το σπογγώδες από το φλοιώδες οστό προσδιορίζοντας και τις γεωμετρικές παραμέτρους του οστού με τη βοήθεια ενός μικρού φορητού τομογράφου.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η οστεοπόρωση αποτελεί μία συστηματική σκελετική ασθένεια η οποία χαρακτηρίζεται από χαμηλή οστική μάζα και διαταραχή της μικροαρχιτεκτονικής του οστίτη ιστού με αποτέλεσμα τη μειωμένη μηχανική αντοχή των οστών και αυξημένο κίνδυνο καταγμάτων (Hind et al., 2007). Η οστεοπόρωση και τα οστεοπορωτικά κατάγματα αντιπροσωπεύουν ένα τεράστιο επιδημιολογικό πρόβλημα και για τα δύο φύλα. Για το λόγο αυτό δίνεται μεγάλη έμφαση στους τρόπους πρόληψης και καθυστέρησης της εμφάνισης της οστεοπόρωσης. Ένας από τους σημαντικούς τρόπους πρόληψης της οστεοπόρωσης είναι η μεγιστοποίηση της μέγιστης οστικής μάζας στη νεαρή ηλικία. Και μία μέθοδος αύξησης της οστικής μάζας είναι η τακτική άσκηση και η φυσική δραστηριότητα η οποία περιλαμβάνει τη μεταφορά του σώματος. Επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει ότι η καλύτερη ηλικία κατά την οποία τα οστά προσαρμόζονται στη μηχανική φόρτιση που δέχονται είναι η παιδική και η πρώτη εφηβική ηλικία. (Hind et al., 2007)

Ανατομία του οστού

Τα οστά αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά και από νερό. Τα οργανικά συστατικά είναι κυρίως το κολλαγόνο τύπου I αλλά και οστικά κύτταρα καθώς και μία μικρή ποσότητα μη κολλαγονούχων πρωτεϊνών οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για τη λειτουργία των οστών. Τα ανόργανα συστατικά των οστών είναι μέταλλα και κυρίως άλατα ασβεστίου (Marcus et al., 1996).

Τα οργανικά συστατικά του οστού είναι αυτά που προσδιορίζουν την κατασκευή του και τις βιοχημικές και βιομηχανικές ιδιότητές του. Το κολλαγόνο τύπου I και οι μη κολλαγονούχες πρωτεΐνες αποτελούν το 98% των οργανικών στοιχείων του οστού ενώ το υπόλοιπο 2% του οστού αποτελείται από τους οστεοβλάστες, τους οστεοκλάστες και τα οστεοκύτταρα (Marcus et al., 1996).

Το κολλαγόνο είναι μία πρωτεΐνη που αποτελείται από τρεις πολυπεπτιδικές αλυσίδες των 1000 περίπου αμινοξέων η κάθε μία. Οι μη κολλαγονούχες πρωτεΐνες των οστών έχουν ιδιαίτερη βιολογική σημασία και είναι η οστεοκαλσίνη, η οστεονεκτίνη, αυξητικοί παράγοντες και κιτοκίνες (Marcus et al., 1996).

Υπάρχουν δύο κυρίως τύποι οστών, τα σπογγώδη και τα συμπαγή οστά, χωρίς να υπάρχουν ξεκάθαρα όρια διάκρισης των δύο τύπων γιατί οι διαφορές τους εξαρτώνται από το σχετικό ποσό της συμπαγούς ουσίας. Όλα τα οστά έχουν μία εξωτερική στοιβάδα από συμπαγές οστό η οποία βρίσκεται γύρω από την εσωτερική μάζα σπογγώδους οστού. Σε μερικά οστά αυτή η μάζα σπογγώδους οστού αντικαθίσταται από μυελό οστών ή αεροφόρο κοιλότητα. Μία σημαντική διαφορά ανάμεσα σε αυτούς τους δύο τύπους οστού, η οποία διαφοροποιεί και τη λειτουργία τους, βρίσκεται στη διάταξη του οστίτη ιστού και των οστικών κυττάρων. Τα μέταλλα ασβεστίου καταλαμβάνουν το 80-90% του όγκου του συμπαγούς οστού και μόνο το 15-25% του όγκου στο σπογγώδες οστό. Η κατασκευή του σπογγώδους οστού επιτρέπει στο μυελό των οστών, στα αιμοφόρα αγγεία και στο συνδετικό ιστό να έρχεται σε επαφή με το ενδόστεο, παίζοντας έτσι ένα σημαντικό μεταβολικό ρόλο. Η κύρια λειτουργία του συμπαγούς οστού είναι η κατασκευή και η προστασία (Baron, 1996). Το συμπαγές οστό αποτελείται από δύο διαφορετικού τύπου στοιβάδες. Την εσωτερική στοιβάδα, το ενδόστεο, και την εξωτερική στοιβάδα, το περιόστεο. Τα κύτταρα που βρίσκονται στο ενδόστεο παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των οστών, την αποδόμηση και τον ανασχηματισμό του. Το περιόστεο αποτελείται από δύο στοιβάδες. Η εσωτερική στοιβάδα συμβάλλει στην ανάπτυξη των οστών κατά την αναπτυξιακή ηλικία. Η εξωτερική στοιβάδα αποτελείται από αιμοφόρα αγγεία (Khan et al., 2001). Ο μεταβολισμός των οστών ρυθμίζεται από εξειδικευμένα οστικά κύτταρα, η λειτουργία των οποίων επηρεάζεται από χημικούς, μηχανικούς, ηλεκτρικούς και μαγνητικούς παράγοντες. Οι τρεις τύποι των οστικών κυττάρων είναι οι οστεοβλάστες, οι οστεοκλάστες και τα οστεοκύτταρα.. Η λειτουργία των οστεοβλαστών ελέγχεται από ενδοκρινολογικούς και παρακρινολογικούς παράγοντες. Ορμόνες όπως οι παραθυρεοειδείς ορμόνες (PTH), η βιταμίνη V3, οι γλυκοκορτικοειδείς ορμόνες, η αυξητική ορμόνη (GH) και τα στεροειδή επιδρούν στους οστεοβλάστες (Marcus et al., 1996)

Ιστολογικές μελέτες (Harris & Heaney, 1969; Marcus et al., 1996) έχουν δείξει πως η λειτουργία των οστεοκλαστών είναι στενά συνδεδεμένη με τη λειτουργία των οστεοβλαστών. Όταν αυξάνεται η λειτουργία των οστεοκλαστών και η οστεόλυση αυξάνεται και η λειτουργία των οστεοβλαστών και η παραγωγή νέας οστικής μάζας. Η αποδόμηση του οστού ενεργοποιεί την παραγωγή νέου οστού ώστε να αντικατασταθεί το χαμένο οστό.

Φυσιολογία του οστού

Τα οστά αποτελούνται κυρίως από ασβέστιο και το 98% της συνολικής ποσότητας ασβεστίου του σώματος βρίσκεται στα οστά με τη μορφή κρυστάλλων. Το υπόλοιπο 2% βρίσκεται στο πλάσμα του αίματος. Τα οστά, επομένως, εκτός από το να παρέχουν στηρικτική λειτουργία στο σώμα, να προστατεύουν τα εσωτερικά όργανα και να βοηθούν στην κίνηση του σώματος, αποτελούν και την κύρια αποθήκη ασβεστίου του ανθρώπινου οργανισμού (Khan et al., 2001).

Ορμόνες και οστό. Η κύρια αποθήκη ασβεστίου του ανθρώπινου σώματος ελέγχεται από ένα μηχανισμό αρνητικής ανατροφοδότησης ο οποίος περιλαμβάνει το γαστρεντερικό σωλήνα, τους νεφρούς και τα οστά. Ορμόνες όπως η παραθυρεοειδής ορμόνη, η βιταμίνη D και η καλσιτονίνη, συμβάλουν στη διατήρηση της ισορροπίας της ομοιόστασης του ασβεστίου (Khan et al., 2001).

Η έκκριση της παραθυρεοειδούς ορμόνης διεγείρεται με την πτώση των επιπέδων ασβεστίου στο πλάσμα και προκαλεί την αύξηση της συγκέντρωσης ασβεστίου στο πλάσμα του αίματος με τρεις τρόπους (Martin, Findla και Moseley, 1996).

1. Αυξάνει την οστική απορρόφηση από τους οστεοκλάστες, με αποτέλεσμα τη μεταφορά ασβεστίου από τα οστά στο εξωκυτταρικό υγρό.
2. Διεγείρει το σχηματισμό της βιταμίνης D₃, η οποία αυξάνει την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο.
3. Αυξάνει την επαναρρόφηση του ασβεστίου από τους νεφρούς, μειώνοντας την απέκκριση του από τα ούρα (Aurbach, Marx & Spiegel, 1992).

Η κύρια δράση της βιταμίνης D είναι η διέγερση της απορρόφησης του ασβεστίου από το έντερο. Για αυτό όταν παρατηρείται ανεπάρκεια της βιταμίνης D, η εντερική απορρόφηση του ασβεστίου είναι μειωμένη και άρα υπάρχει και μειωμένη συγκέντρωση ασβεστίου στο πλάσμα (Heaney, 1999).

Η καλσιτονίνη δρα ελαττώνοντας τη συγκέντρωση ασβεστίου στο πλάσμα, κυρίως αναστέλλοντας τη λειτουργία των οστεοκλαστών και μειώνοντας την οστεόλυση. Η καλσιτονίνη δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην καθημερινή συγκέντρωση ασβεστίου στο πλάσμα. Η κύρια δράση της εντοπίζεται στην προστασία του ανθρώπινου σκελετού από υπερβολική οστεόλυση σε περιόδους όπως η ανάπτυξη, η εγκυμοσύνη και η γαλουχία. (Defetos, Roos & Oates, 1999).

Εκτός από τις παραπάνω ορμόνες τα οιστρογόνα μειώνουν τη απορρόφηση της οστικής μάζας. Η προγεστερόνη μειώνει επίσης την απορρόφηση οστικής μάζας σε ζώα αλλά δεν είναι γνωστή η επίδραση της στον ανθρώπινο οργανισμό. Η τεστοστερόνη αυξάνει τη μέγιστη οστική μάζα στους άντρες. (Oursler, Kassem & Turner, 1996). Η τεστοστερόνη και τα οιστρογόνα προάγουν την ανάπτυξη των οστών στην εφηβεία κυρίως μέσω της διέγερσης της έκκρισης της αυξητικής ορμόνης, ενώ η τεστοστερόνη διεγείρει την σύνθεση πρωτεϊνών. Η αυξητική ορμόνη είναι το κύριο ερέθισμα της ανάπτυξης μετά τη γέννηση. Η έκκριση της είναι μεγαλύτερη κατά την εφηβεία. Η μείωση της αυξητικής ορμόνης και του ινσουλινοεξαρτούμενου παράγοντα αυξητικής ορμόνης – 1 με την αύξηση της ηλικίας ίσως συμβάλλει στη μείωση της οστικής μάζας με την αύξηση της ηλικίας (Johansson, Forslund & Hambraeus, 1994). Τα γλυκορτικοειδή είναι μία ομάδα ορμονών οι οποίες είναι απαραίτητες για το μεταβολισμό των μετάλλων καθώς έχουν σημαντική επίδραση στην οστική μάζα. Μία ανισορροπία στις θυρεοειδείς ορμόνες προκαλεί οστεοπόρωση (Reid, 1998). Οι ορμόνες του θυρεοειδούς είναι απαραίτητες για την φυσιολογική ανάπτυξη κατά την παιδική και εφηβική ηλικία και αυτό γιατί είναι απαραίτητες τόσο για τη σύνθεση της αυξητικής ορμόνης όσο και για τη θετική επίδρασή της στην ανάπτυξη (Suwanwalaikorn & Baran, 1996). Ο σχηματισμός του οστού αποτελεί μία οργανωμένη δραστηριότητα κατά την οποία αναπτύσσεται το μέγεθος και η αντοχή των οστών μέσω της λειτουργίας των οστεοβλαστών και οστεοκλαστών (Frost, 1990). Ο σχηματισμός των οστών βελτιώνει τη δύναμη των οστών αυξάνοντας όχι μόνο την οστική μάζα αλλά και τη διάμετρο του περιοστικού και φλοιώδους οστού. Η λειτουργία του σχηματισμού του οστού λαμβάνει χώρα κατά την περίοδο της ανάπτυξης του ανθρώπινου σώματος, οπότε και μεταβάλλεται το σχήμα των οστών, και συνεχίζεται σε όλη τη διάρκεια της ζωής με τη συνεχή ανάπτυξη του περιοστικού και φλοιώδους οστού (Cordey, Schneider & Belendez, 1992).

Σχηματισμός και αποδόμηση του οστού. Οι οστεοβλάστες είναι τα κύτταρα τα οποία σχηματοποιούν το οστό. Εκκρίνουν κολλαγόνο για να σχηματιστεί το περιβάλλον πλέγμα το οποίο στη συνέχεια ασβεστοποιείται. Μόλις περιβληθούν από το ασβεστοποιημένο πλέγμα, οι οστεοβλάστες ονομάζονται οστεοκύτταρα. Τα οστεοκύτταρα φέρουν επιμήκεις κυτταροπλασματικές προεκτάσεις οι οποίες επεκτείνονται κατά μήκος του οστού και σχηματίζουν στεγανές συνδέσεις με άλλα

οστεοκύτταρα, άλλα οστικά κύτταρα ή οστεοβλάστες. Αυτό επιτρέπει στα οστεοκύτταρα να σχηματίζουν ένα σύνθετο δίκτυο μέσα στο οστό παρέχοντας έτσι ένα μέσο επικοινωνίας το οποίο είναι απαραίτητο στη μεταφορά των μηχανικών φορτίων που δέχονται τα οστά. Εκτός από αυτό, ο κύριος ρόλος των οστεοκυττάρων είναι η ενεργοποίηση του μετασχηματισμού των οστών και η ρύθμιση του εξωκυτταρικού ασβεστίου. Οι οστεοκλάστες είναι μεγάλα πολυπύρηνια κύτταρα που απορροφούν το ήδη σχηματοποιημένο οστό, εκκρίνοντας ιόντα υδρογόνου, τα οποία διαλύουν τους κρυστάλλους και υδρολυτικά ένζυμα τα οποία απορροφούν την οστεοειδή ουσία (οστεόλυση). Ορμόνες όπως οι παραθυρεοειδείς ορμόνες (PTH), η κοτριζόλη και οι θυρεοειδικές ορμόνες επιδρούν στους οστεοκλάστες (Marcus et al., 1996).

Η αναδόμηση του οστού είναι υπεύθυνη για τον σχηματισμό και την απορρόφηση του οστού χωρίς να παρατηρείται μεταβολή στο σχήμα του οστού (Ondrak and Morgan, 2007). Κατά τη διάρκεια της αναδόμησης, οι οστεοκλάστες απορροφούν την οστική μάζα η οποία έχει υποστεί μικροτραυματισμούς αφήνοντας χώρο για την δημιουργία νέου οστού από τους οστεοβλάστες (Ondrak & Morgan, 2007). Αφού η αναδόμηση του οστού αποτελεί μία συνεχή λειτουργία, απώλεια οστικής μάζας παρατηρείται όταν η λειτουργία των οστεοκλαστών υπερβεί τη λειτουργία των οστεοβλαστών. Από την άλλη μεριά, όταν η παραγωγή νέου οστού από τους οστεοβλάστες είναι μεγαλύτερη από την απορρόφηση οστού από τους οστεοκλάστες, παρατηρείται δημιουργία νέου οστού (Ondrak et al., 2007).

Η λειτουργία του οστού ως μηχανοποδοχέας. Κατανοώντας, ότι τα οστικά κύτταρα – οστεοκλάστες, οστεοβλάστες και οστεοκύτταρα – αποτελούν τους ρυθμιστές της λειτουργίας της αναδόμησης του οστού, οι επιστήμονες επικεντρώνουν τις προσπάθειές τους στην περιγραφή εκείνων των φυσιολογικών μονοπατιών τα οποία ενεργοποιούνται από τη μηχανική φόρτιση και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτοί οι παράγοντες ρυθμίζουν τη συμπεριφορά των οστικών κυττάρων (Rubin, Rubin & Jacobs, 2006). Επομένως, τα οστικά κύτταρα πρέπει να είναι ικανά να ανταποκρίνονται στη μηχανική φόρτιση του περιβάλλοντος. Η μηχανική φόρτιση ασκεί έλεγχο στη μορφολογία του οστού ώστε ο ανθρώπινος σκελετός να μπορεί να αντέξει τις πιέσεις που δέχεται καθημερινά (Rubin et al., 2006).

Η αναβολική δράση της μηχανικής φόρτισης στα οστά αποδεικνύεται από επιστημονικές μελέτες στις οποίες φαίνεται ότι το βραχιόνιο οστό στο δυνατό χέρι

παικτών του τένις παρουσιάζει 35% μεγαλύτερη οστική πυκνότητα από το βραχιόνιο οστό του άλλου χεριού (Haapasalo et al., 2000). Η επίδραση της μηχανικής φόρτισης στα οστά εξαρτάται όχι μόνο από το μέγεθός της αλλά και από τη συχνότητα και τη διάρκεια εφαρμογής της (MacKelvie, Khan, Petit, Janssen & McKay, 2003; Rubin & Lanyon, 1985). Είναι επίσης σημαντικό να τονίσουμε ότι σε συνθήκες κατά τις οποίες ο ανθρώπινος σκελετός δεν δέχεται μηχανική φόρτιση (π.χ. παραμονή στο διάστημα) παρατηρείται αυξημένη αποδόμηση του οστίτη ιστού με αποτέλεσμα την οστεοπενία (Carmeliet, Vico & Bouillon, 2001). Ασθένειες, όπως παράλυση ή χρόνια κατάκλιση στο κρεβάτι, προκαλούν επίσης μία αυξημένη απώλεια οστικής μάζας (Gross & Rubin, 1995).

Η βιομηχανική του οστού

Πως αντιδρά το οστό στη μηχανική φόρτιση. Τα φορτία που δημιουργούνται από τις κινήσεις του σώματος προκαλούν παραμόρφωση της οστικής μάζας, πιέσεις στην ενδομυελική κοιλότητα και στο φλοιώδες οστό και δυναμικά ηλεκτρικής διέγερσης στους κρυστάλλους του οστού. Οι μεταβολές αυτές εξαρτώνται από τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίων, το μέγεθος, τη συχνότητα και την κατανομή της μηχανικής φόρτισης (Rubin et al., 1985). Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες οι οποίες μελετούν την επίδραση του μεγέθους της μηχανικής φόρτισης στα οστά έχουν γίνει σε ζώα. (Gross, Srinivasan, Liu, Clemens & Bain, 2002; Lee, Jessop, Suswillo, Zaman & Lanyon 2003; Rubin et al., 1984). Έχει αποδειχτεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της φόρτισης που δέχεται ένα οστό τόσο μεγαλύτερη είναι και η παραμόρφωσή του (Rubin et al., 1985). Παρόλα αυτά ένα ελάχιστο μέγεθος μηχανικής φόρτισης είναι απαραίτητο για να προκληθεί παραμόρφωση στο οστό (Frost, 1987). Αντίθετα, αν η μηχανική φόρτιση ξεπεράσει ένα μέγιστο μέγεθος τότε προκαλούνται μικροτραυματισμοί στον οστίτη ιστό οι οποίοι μπορούν, ανάλογα με το μέγεθος της φόρτισης, να προκαλέσουν και κάταγμα του οστού (Reilly and Burnstein, 1974). Φαίνεται λοιπόν πως υπάρχει ένα εύρος μεγέθους μηχανικών φορτίων τα οποία αν εφαρμοστούν στα οστά προκαλούν προσαρμογές αυξάνοντας τη δύναμη και την αντοχή των οστών (Frost, 1995). Δραστηριότητες οι οποίες ασκούν υψηλά μεγέθη μηχανικής φόρτισης στα οστά ασκούν μεγαλύτερη επίδραση στην οστική μάζα από δραστηριότητες οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλό αριθμό επαναλαμβανόμενων φορτίσεων (Whalen, Carter & Steele, 1988).

Η συχνότητα εφαρμογής της μηχανικής φόρτισης προκαλεί επίσης προσαρμογές στα οστά. Επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει πως υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στη συχνότητα και το μέγεθος της μηχανικής φόρτισης. Ο Martin και συν. (1996) και ο Barr και συν. (1998) έδειξαν πως η εφαρμογή μηχανικής φόρτισης υψηλού μεγέθους και συχνότητας είναι περισσότερο αποτελεσματική στην πρόκληση θετικών προσαρμογών στα οστά (O'Connor, Lanyon & Macfie, 1982).

Η κατανομή της μηχανικής φόρτισης αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο η φόρτιση κατανέμεται στην οστική μάζα. Η αρχιτεκτονική κατασκευή των οστών προσαρμόζεται ανάλογα με τα μηχανικά φορτία που δέχονται (Rubin et al., 1985). Μηχανικά φορτία που χαρακτηρίζονται από ασυνήθιστη κατανομή είναι περισσότερο σημαντικά για την πρόκληση οστεογενετικών προσαρμογών. Όσο μεγαλύτερη διαφοροποίηση στην κατανομή του παρουσιάζει ένα μηχανικό φορτίο που εφαρμόζεται στο οστό τόσο περισσότερες πιθανότητες έχει να προκαλέσει αύξηση της οστικής μάζας (Lanyon, 1996). Παρόλο που απαιτείται ένας ελάχιστος αριθμός επαναλαμβανόμενων φορτίσεων προκειμένου να προκληθούν προσαρμογές στην οστική μάζα, ο αριθμός των επαναλήψεων των μηχανικών φορτίων που εφαρμόζονται στο οστό φαίνεται να έχει λιγότερη σημασία από το μέγεθος και τη συχνότητα της μηχανικής φόρτισης. (Lanyon, 1987).

Η επίδραση της ηλικίας στο μεταβολισμό του οστού

Βιολογική ωρίμανση κατά την παιδική και προεφηβική περίοδο και η επίδρασή της στον μεταβολισμό του οστού. Κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ζωής ενός ατόμου τα οστά ανακαινίζονται συνεχώς από τους οστεοβλάστες και τους οστεοκλάστες οι οποίοι βρίσκονται σε στενή συνεργασία. Οι οστεοκλάστες αφομοιώνουν το παλαιό οστό και κατόπιν οι οστεοβλάστες επεμβαίνουν στη συγκεκριμένη περιοχή για τη δημιουργία νέου οστού (Ondrak et al., 2007).

Η ποσότητα των μετάλλων στα οστά αυξάνεται κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, παραμένει σταθερή μέχρι την ηλικία των 20 ετών και μειώνεται κατά 2% το χρόνο στις γυναίκες κατά την εμμηνόπαυση. Αυτή η ταχεία απώλεια οστικών μετάλλων συνεχίζεται για 5 έως 10 χρόνια, ενώ μετά παρατηρείται μία σταθεροποίηση. Ο ρυθμός απώλειας οστίτη ιστού ανέρχεται στο 10% ανά δεκαετία μέχρι την ηλικία των 75 ετών, ενώ μετά από αυτή την ηλικία η απώλεια οστίτη ιστού κυμαίνεται στο 3%.

Παρατηρούνται δύο περίοδοι ταχείας ανάπτυξης του σώματος. Η πρώτη είναι στα δύο πρώτα χρόνια της ζωής και η δεύτερη κατά την εφηβεία. Με την έναρξη της εφηβείας οι ορμονικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στον ανθρώπινο οργανισμό έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας ανάπτυξης του μήκους των οστών (Mauras, Blizzard & Link, 1987). Στα κορίτσια ο μεγαλύτερος ρυθμός ανάπτυξης του μήκους των οστών παρατηρείται στην ηλικία των 11,5 – 12 ετών και περίπου 12-20 μήνες πριν την έναρξη της εμμήνου ρήσης (Lloyd, Chinchilli & Eggli, 1998). Μετά τα 12 έτη ο ρυθμός επιμήκυνσης των οστών μειώνεται δραστικά (Molgaard, Thomsen & Prentice, 1997). Η ηλικία των 11,5 – 13,5 ετών θεωρείται πολύ σημαντική για τα κορίτσια καθώς είναι μία περίοδος κατά την οποία αναπτύσσεται το 26% της οστικής πυκνότητας μίας ενήλικης γυναίκας. Το ποσοστό αυτό είναι περίπου ίσο με το ποσοστό μείωσης της οστικής πυκνότητας μετά την εμμηνόπαυση (Valdimarsson et al., 2006). Τα κορίτσια έχουν αποκτήσει το μέγιστο μήκος στα οστά των κάτω άκρων μέχρι την ηλικία των 15-16 ετών ενώ το μέγιστο μήκος του κορμού μέχρι την ηλικία των 19 ετών (Molgaard et al., 1997). Το πλάτος των οστών αυξάνεται σε όλη τη διάρκεια της ζωής του ατόμου, ενώ το πάχος τους συμβαδίζει με την ανάπτυξη του μήκους τους ή συνεχίζεται μερικά χρόνια μετά το τέλος την επιμήκυνσης των οστών (Parfitt, 1984). Μία ραγδαία αύξηση της πυκνότητας των οστών των κοριτσιών παρατηρείται στην ηλικία των 13-14 ετών και στην ηλικία των 16-17 ετών. Μέχρι την ηλικία των 12 ετών τα κορίτσια έχουν αποκτήσει περισσότερο από το 83% της οστικής τους πυκνότητας (Lloyd et al., 1998).

Η παιδική και εφηβική ηλικία είναι καθοριστικές για την ανάπτυξη των οστών. Κατά την ενηλικίωση ο ανθρώπινος σκελετός πρέπει να είναι δυνατός αφού η αύξηση στα οστικά μέταλλα που παρατηρείται μετά την ενηλικίωση είναι μηδαμινή. Δεν είναι παράλογο να πούμε ότι οι πιθανότητες καταγμάτων στην τρίτη ηλικία καθορίζονται από την παιδική και εφηβική ηλικία (Faulkner et al, 2007).

Η επίδραση του φύλου στον μεταβολισμό του οστού

Οι μεγαλύτερες μεταβολές στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα και στην οστική πυκνότητα παρατηρούνται στην προεφηβική και εφηβική ηλικία και στα αγόρια και στα κορίτσια. Κατά την παιδική ηλικία οι διαφορές στο μέγεθος των οστών, στην οστική μάζα και στην αρχιτεκτονική των οστών είναι μηδαμινές. Κατά την εφηβική ηλικία παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση στην οστική μάζα των αγοριών

με αποτέλεσμα τα αγόρια να παρουσιάζουν μεγαλύτερο μέγεθος και μήκος οστών και μεγαλύτερη κατά μέσο όρο οστική πυκνότητα.

Πολλές είναι οι επιστημονικές μελέτες στις οποίες δε φαίνεται να υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα και στην οστική πυκνότητα ανάμεσα στα κορίτσια και στα αγόρια προεφηβικής ηλικίας όταν οι μετρήσεις γίνονται σε αναλογία με τη σωματική μάζα (Southard, Morris & Mahan, 1991). Παρόλα αυτά μερικοί επιστήμονες έχουν παρατηρήσει ότι τα αγόρια, ακόμη και στην ηλικία των 4 ετών, έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μέταλλα στα οστά της σπονδυλικής στήλης, του ισχίου αλλά και όλου του σώματος και μεγαλύτερη οστική πυκνότητα σε σύγκριση με τα κορίτσια (Janz, Burns & Torner, 2001). Επίσης, επιστήμονες αναφέρουν πως τα αγόρια προεφηβικής ηλικίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα στο μηριαίο οστό σε σύγκριση με τα κορίτσια (Ruiz, Mandel & Garabedian, 1995) ενώ τα κορίτσια προεφηβικής ηλικίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (Boot, Ridder & Pols, 1997; Rubin, Schirduan & Gendreau, 1993).

Οι διαφορές στην οστική πυκνότητα και στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια γίνονται εντονότερες στην εφηβική ηλικία (Ondrak et al., 2007). Από τη στιγμή που τα κορίτσια ωριμάζουν νωρίτερα από τα αγόρια, τα κορίτσια της εφηβικής ηλικίας έχουν σημαντικά μεγαλύτερη οστική πυκνότητα από τα αγόρια, τουλάχιστον σε ορισμένα σημεία του σκελετού τους (Rubin et al., 1993). Οι μεταβολές στην οστική πυκνότητα και την περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα στα κορίτσια και τα αγόρια εφηβικής ηλικίας σχετίζονται με την κλίμακα Tanner. (Boot et al., 1997; Tanner, 1962) Για παράδειγμα, έχει παρατηρηθεί ότι η οστική πυκνότητα στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου οστού αυξάνεται σημαντικά καθώς τα παιδιά περνούν από το ένα στάδιο στο άλλο (Ruiz et al., 1995; Southard et al., 1991). Οι μεγαλύτερες μεταβολές στην οστική πυκνότητα του μηριαίου οστού παρατηρούνται στο στάδιο 3 της κλίμακας Tanner στα κορίτσια και στο στάδιο 5 της κλίμακας Tanner στα αγόρια (Ruiz et al., 1995). Η επίδραση των σταδίων της κλίμακας Tanner και της εφηβείας στην οστική πυκνότητα είναι περισσότερη έντονη στα κορίτσια (Boot et al., 1997).

Στην ηλικία των 7 ετών η περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα ήταν περίπου στο 40% της αναμενόμενης τιμής στην ενηλικίωση ενώ το μήκος των οστών ήταν ίσο με το 80% του αναμενόμενου μήκους κατά την ενηλικίωση (Bass, Delmas & Pearce, 1999). Κατά την έναρξη της εμμηνου ρήσης οι τιμές αυτές έφτασαν στο 80-85% της

αναμενόμενης τιμής για την περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα και στο 97% της αναμενόμενης τιμής κατά την ενήλικη ζωή για το μήκος των οστών (Bass et al., 1999)

Η ηλικία έναρξης της εμμηνου ρήσης στα κορίτσια επηρεάζει την οστική πυκνότητα. Φαίνεται να υπάρχει μία θετική συσχέτιση ανάμεσα στην οστική πυκνότητα και την ηλικία έναρξης της εμμηνου ρήσης (Boot et al., 1997). Ωστόσο, υπάρχουν μελέτες οι οποίες δεν έδειξαν καμία συσχέτιση ανάμεσα στην ηλικία έναρξης της εμμηνου ρήσης και στην οστική πυκνότητα (Afghani, Xie & Wiswell, 2003).

Η επίδραση της άσκησης και της φυσικής δραστηριότητας στο μεταβολισμό του οστού

Η επίδραση της άσκησης στο μεταβολισμό του οστού. Ο ρόλος της φυσικής δραστηριότητας, η οποία χαρακτηρίζεται από τη μεταφορά του σώματος, στην υγεία των οστών έχει παρουσιαστεί σε πολλές επιστημονικές μελέτες. Οι αθλητές παρουσιάζουν μεγαλύτερη οστική μάζα από τους μη αθλητές (Andreoli et al., 2001; Dook, James, Henderson & Price, 1997), όπως και τα ασκούμενα παιδιά σε σχέση με τα παιδιά που ασκούνται λιγότερο. (Haapasalo et al., 1998; Daly, Rich & Klein, 1997). Επίσης, πολλές επιστημονικές μελέτες που έχουν γίνει σε προηγούμενους χορευτές, δείχνουν πως η οστική μάζα τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Khan et al., 1998), ενώ και τα παιδιά τα οποία φοιτούν σε σχολεία το αναλυτικό πρόγραμμα των οποίων περιλαμβάνει αυξημένη φυσική δραστηριότητα παρουσιάζουν θετικές επιδράσεις στην οστική τους μάζα (Sundberg et al., 2001).

Μετά από 7 μήνες συμμετοχής σε ένα πρόγραμμα άσκησης με σχοινάκι που περιλάμβανε εξάσκηση αγοριών και κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας (Κλίματα Tanner: στάδιο I), τα παιδιά παρουσίασαν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα και οστική περιεκτικότητα σε μέταλλα στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και μεγαλύτερη οστική περιεκτικότητα σε μέταλλα στον αυχένα του μηριαίου οστού (Fuchs, Bauer & Snow, 2001). Σημαντικές μεταβολές αναφέρονται και στη μελέτη του Bradney και συν. (1998) στην οποία αγόρια προεφηβικής ηλικίας μετείχαν σε δραστηριότητες όπως το ποδόσφαιρο, η καλαθοσφαίριση, η πετοσφαίριση, ο χορός και η άσκηση με αντιστάσεις. Αυξήσεις στην οστική πυκνότητα όλου του σκελετού, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στο μηριαίο οστό μετρήθηκαν στα ασκούμενα αγόρια σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Bradney et al., 1998). Συγκρίνοντας τις δύο παραπάνω μελέτες, ο Hind και συν. συμπεραίνουν πως θετικά

οφέλη στην οστική μάζα παιδιών προεφηβικής ηλικίας μπορούν να προκληθούν από τη συμμετοχή σε φυσική δραστηριότητα τόσο υψηλής όσο και μέτριας έντασης (Hind et al., 2007) Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και από τον McKelvie και συν. οι οποίοι εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα φυσικής δραστηριότητας σε αγόρια προεφηβικής ηλικίας για ένα χρονικό διάστημα 20 μηνών. Το πρόγραμμα περιλάμβανε κυκλική προπόνηση και 100 άλματα με σχοινάκι. Μετά το τέλος του προγράμματος παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην περιεκτικότητα σε μέταλλα στον αυχένα του μηριαίου οστού (MacKelvie, Petit, Khan, Beck & McKay, 2004).

Παρόμοια αποτελέσματα δε βρέθηκαν σε μελέτες που έγιναν σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας. Ο Petit και οι συνεργάτες εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα το οποίο περιλάμβανε άσκηση με σχοινάκι σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας για ένα χρονικό διάστημα 7 μηνών. Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν έδειξαν καμία σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα και στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα ανάμεσα στα ασκούμενα κορίτσια και στην ομάδα ελέγχου (Petit et al., 2002). Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα της μελέτης των McKelvie και συν. οι οποίοι εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα άσκησης σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας για ένα διάστημα 7 μηνών. Το πρόγραμμα περιλάμβανε κυκλική προπόνηση και 50 έως 100 άλματα με σχοινάκι (MacKelvie et al., 2001). Παρόλα αυτά, ο Fuchs και συν. αναφέρουν σημαντικές επιδράσεις της φυσικής δραστηριότητας στα οστά κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας σαν αποτέλεσμα της συμμετοχής σε ένα πρόγραμμα άσκησης διάρκειας 7 μηνών (Fuchs et al., 2001). Επίσης, ο Morris και συν. αναφέρουν θετικές επιδράσεις στην οστική πυκνότητα και την περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου οστού κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας τα οποία ακολούθησαν ένα πρόγραμμα φυσικής δραστηριότητας διάρκειας 8 μηνών (Morris et al., 1997).

Αρκετές επιστημονικές μελέτες έχουν μελετήσει την επίδραση της φυσικής δραστηριότητας σε παιδιά πρώτης εφηβικής ηλικίας (Κλίμακα Tanner: στάδια II-III). Ο Petit και οι συνεργάτες του εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα το οποίο περιλάμβανε άσκηση με σχοινάκι σε κορίτσια πρώτης εφηβικής ηλικίας για ένα χρονικό διάστημα 7 μηνών. Οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στην εγκάρσια διατομή και στο πάχος του φλοιώδους οστού του αυχένα του μηριαίου οστού των κοριτσιών που ακολούθησαν το πρόγραμμα άσκησης ήταν μεγαλύτερες από αυτές των κοριτσιών της ομάδας ελέγχου (Petit et al., 2002). Ο Iuliano-Burns και συν. (2003) χρησιμοποίησαν ένα πρωτόκολλο το οποίο περιλάμβανε άσκηση και πρόσληψη

ασβεστίου. Τα κορίτσια που συμμετείχαν στη μελέτη ακολούθησαν ένα πρόγραμμα άσκησης μέτρια έντασης (αλματικές ασκήσεις) ή χαμηλής έντασης (ασκήσεις διατάσεων), τρεις φορές την εβδομάδα. Δεν βρέθηκε καμία επίδραση της φυσικής δραστηριότητας χαμηλής έντασης στην οστική μάζα των παιδιών, είτε έπαιρναν συμπλήρωμα ασβεστίου είτε όχι. Αντίθετα, παρατηρήθηκε θετική επίδραση στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα στα παιδιά που ακολούθησαν το πρόγραμμα άσκησης μέτριας έντασης στα οστά των ποδιών (Iuliano-Burns, Saxon, Naughton, Gibbons & Bass, 2003).

Ο Heinonen και συν. (2000) χρησιμοποίησαν ένα πρόγραμμα άσκησης που περιλάμβανε αλματικές ασκήσεις δύο φορές την εβδομάδα για 20 λεπτά. Μετά από εννέα μήνες παρατηρήθηκε αύξηση στην περιεκτικότητα σε μέταλλα στα οστά της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου οστού στα κορίτσια πρώτης εφηβικής ηλικίας που ακολούθησαν το πρόγραμμα άσκησης (Heinonen et al., 2000).

Αντίθετα από τους παραπάνω επιστήμονες, ο Morris και συν. δε χρησιμοποίησαν αλματικές ασκήσεις στη δική τους έρευνα. Το δικό τους πρωτόκολλο περιλάμβανε παιχνίδια με μπάλα και αερόβια άσκηση. Μετά από 10 μήνες τα κορίτσια πρώτης εφηβικής ηλικίας που ακολούθησαν το πρόγραμμα παρουσίασαν αύξηση στην οστική πυκνότητα και στην περιεκτικότητα σε μέταλλα στα οστά της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου οστού (Morris et al., 1997).

Οι επιστημονικές μελέτες που έχουν γίνει σε παιδιά εφηβικής ηλικίας (Κλίματα Tanner: στάδια IV-V) είναι λιγότερες. Ακόμη λιγότερες είναι οι έρευνες που έχουν βρει θετική επίδραση της άσκησης στην οστική μάζα παιδιών εφηβικής ηλικίας. Στην έρευνά τους ο Stear και συν. χρησιμοποίησαν ένα πρόγραμμα άσκησης που περιλάμβανε την εκτέλεση αερόβιας άσκησης με μουσική για 45 λεπτά, 3 φορές την εβδομάδα. Θετικές επιδράσεις στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου οστού παρατηρήθηκαν στα κορίτσια που ακολούθησαν το πρόγραμμα (Stear, Prentice, Jones & Cole, 2003). Θετική επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα του αυχένα του μηριαίου οστού βρήκε και ο Nichols και συν. (2001). Τα κορίτσια που πήραν μέρος στη μελέτη ακολούθησαν ένα πρόγραμμα που περιλάμβανε άσκηση με αντιστάσεις για όλο το σώμα (Nichols, Sanborn & Love, 2001).

Δύο επιστημονικές μελέτες για την επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στα οστά κοριτσιών εφηβική ηλικίας δεν έδειξαν καμία επίδραση της άσκησης στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα. Στην πρώτη, ο Blimkie και συν. (1996) εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο άσκησης που περιλάμβανε την άσκηση με αντιστάσεις και μηχανήματα με βάρη 3 φορές την εβδομάδα για μία χρονική περίοδο 6,5 μηνών (Blimkie et al., 1996), ενώ στη δεύτερη ο Witzke και συν. (2000) ακολούθησαν ένα πρόγραμμα άσκησης υψηλότερης έντασης με πλειομετρικές ασκήσεις και ασκήσεις με αντιστάσεις και μηχανήματα με βάρη (Witzke & Snow, 2000).

Παρατηρείται λοιπόν, θετική επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στην ανάπτυξη των οστών. Παρόλο που κάθε ηλικία αποτελεί καλή ηλικία για να ξεκινήσει κανείς να γυμνάζεται, οι μέχρι τώρα επιστημονικές μελέτες δείχνουν πως η πρώτη εφηβική ηλικία αποτελεί μία καλή περίοδο για την ενίσχυση της περιεκτικότητας των οστών σε μέταλλα και την οστική πυκνότητα. Αυτές οι προσαρμογές είναι αποτέλεσμα των μεταβολών που προκαλούνται στην οστική μάζα, στο μέγεθος και τη γεωμετρία των οστών (Seenan, 2002), και μπορεί να οφείλονται στο ρυθμό ανάπτυξης των οστών και στις ορμονικές μεταβολές που χαρακτηρίζουν αυτή την ηλικία (Hind et al., 2007). Η φυσική δραστηριότητα που περιλαμβάνει τη μεταφορά του σώματος φαίνεται να είναι περισσότερο αποτελεσματική στην ανάπτυξη ενός υγιούς σκελετού. Προτείνεται η συμμετοχή σε διαφορετικά είδη άσκησης αλλά η φυσική δραστηριότητα υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας φαίνεται να επιφέρει θετικότερες προσαρμογές στον αναπτυσσόμενο σκελετό (Hind et al., 2007).

Η επίδραση της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας στο μεταβολισμό του οστού. Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες αποδεικνύουν ότι η άσκηση η οποία περιλαμβάνει τη μεταφορά του σωματικού βάρους επηρεάζει θετικά την πυκνότητα και την ποσότητα της οστικής μάζας. Παρόλα αυτά υπάρχει σχετικά περιορισμένη πληροφόρηση όσον αφορά την επίδραση των καθημερινών φυσικών δραστηριοτήτων που δεν αποτελούν αθλητικές δραστηριότητες, στην οστική υγεία των παιδιών και ειδικότερα των κοριτσιών.

Ο Sundlberg και συν. (2002) μελέτησαν την επίδραση της φυσικής δραστηριότητας σε αγόρια και κορίτσια ηλικίας από 9 έως 16 ετών. Οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν ένα ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς της φυσικής δραστηριότητας για να κατατάξουν τα παιδιά σε δύο ομάδες: ομάδα υψηλής φυσικής δραστηριότητας και ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας. Τα κορίτσια και τα αγόρια τα οποία

είχαν υψηλή φυσική δραστηριότητα στην ηλικία των 9 έως 13 ετών παρουσίασαν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα και περιεκτικότητα σε μέταλλα στον αυχένα του μηριαίου οστού σε σχέση με τα κορίτσια και τα αγόρια με χαμηλή φυσική δραστηριότητα. Δεν μετρήθηκε καμία διαφορά στο πλάτος του αυχένα του μηριαίου οστού ανάμεσα στις δύο ομάδες. Η περαιτέρω συμμετοχή των παιδιών σε χαμηλή ή υψηλή φυσική δραστηριότητα για τα επόμενα τρία χρόνια δεν προκάλεσε αύξηση στη διαφορά των τιμών οστικής πυκνότητας και περιεκτικότητας σε μέταλλα ανάμεσα στις δύο ομάδες. (Sundlberg et al., 2002).

Ο Valdimarsson και συν. (2006) μελέτησαν την επίδραση του σχολικού προγράμματος φυσικής αγωγής στο μεταβολισμό των οστών κοριτσιών ηλικίας 7-9 ετών (Κλίματα Tanner: στάδιο I) για μία χρονική περίοδο ενός έτους. Τα κορίτσια που μετείχαν στην ομάδα ελέγχου ακολούθησαν το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικής αγωγής που εφαρμόζεται στα σχολεία της Σουηδίας δύο φορές την εβδομάδα ενώ τα κορίτσια που μετείχαν στην πειραματική ομάδα ακολούθησαν το ίδιο πρόγραμμα αλλά σε καθημερινή βάση. Το πρόγραμμα περιλάμβανε δραστηριότητες εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, κυρίως παιχνίδια με μπάλες, άλματα και τρέξιμο. Η φυσική δραστηριότητα των παιδιών κατά τον ελεύθερο χρόνο τους εκτιμήθηκε με τη βοήθεια ερωτηματολογίου. Οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα, στην οστική πυκνότητα και στο πλάτος των οστών των κοριτσιών που μετείχαν στην πειραματική ομάδα ήταν μεγαλύτερες από αυτές των κοριτσιών της ομάδας ελέγχου. (Valdimarsson et al., 2006)

Παρόμοια, ο MacKelvie και συν. (2003) μελέτησαν την επίδραση του σχολικού προγράμματος φυσικής αγωγής στην υγεία των οστών κοριτσιών ηλικίας 8,8 – 11,9 ετών (Κλίματα Tanner: στάδιο I - III) για μία χρονική περίοδο δύο ετών. Τα κορίτσια της πειραματικής ομάδας ακολούθησαν το σχολικό πρόγραμμα τρεις φορές την εβδομάδα εμπλουτισμένο με δραστηριότητες μεταφοράς του σωματικού βάρους και κυκλικής προπόνησης. Η συμμετοχή των παιδιών σε εξωσχολικές μορφές φυσικής δραστηριότητας εκτιμήθηκε με τη χρήση του ερωτηματολογίου φυσικής δραστηριότητας για παιδιά (PAQ-C). Η ομάδα ελέγχου ακολούθησε το πρόγραμμα φυσικής αγωγής του σχολείου δύο φορές την εβδομάδα. Παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα στα οστά της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου οστού. (MacKelvie et al., 2003)

Η μέτρηση του μεταβολισμού του οστού

Η αναγνώριση ότι η οστεοπόρωση αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα της δημόσιας υγείας έχει στρέψει το ενδιαφέρον πολλών επιστημόνων στην προσπάθεια πρόληψης και θεραπείας αυτής της ασθένειας. Παρόλο που παραδοσιακά θεωρείται ασθένεια των ηλικιωμένων, έχει γίνει πλέον κατανοητό ότι η έναρξή της βρίσκεται στην νεαρή ηλικία. Οι επιστημονικές ανακαλύψεις όσον αφορά τις μεθόδους διάγνωσης της συνέβαλλαν στην καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υγεία των οστών.

A) Μέθοδος απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων X (DXA). Η μέθοδος απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων X (DXA) εφαρμόζεται για τον έλεγχο της οστεοπόρωσης. Βασίζεται στον υπολογισμό της περιεκτικότητας του οστού σε μέταλλα και, επομένως έμμεσα, στον υπολογισμό της οστικής πυκνότητας καθώς η ακτινοβολία περνάει μέσα από το οστό. Παρέχει πληροφορίες για την ανασύνθεση και την οστική πυκνότητα κάθε εξεταζόμενης περιοχής ξεχωριστά. Οι περιοχές μέτρησης που χρησιμοποιούνται είναι η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, ο αυχέννας του μηριαίου οστού, το περιφερικό τμήμα της κερκίδας και της ωλένης, η ολόσωμη μέτρηση και η μέτρηση σύστασης μαλακών μορίων η οποία εκτιμά ξεχωριστά μύες και λίπος. Βασικός παράγοντας για την αξιοπιστία της εξέτασης είναι η θέση και η στάση του υπό εξέταση μέλους.

Εκτιμάται ο βαθμός απορρόφησης της ακτινοβολίας από το οστό ο οποίος και συγκρίνεται με το βαθμό απορρόφησης της ακτινοβολίας από το ομοίωμα το οποίο φέρει διαβαθμίσεις πυκνότητας. Το αποτέλεσμα δεν αντιστοιχεί στην ποσότητα των μετάλλων σε μονάδα όγκου αλλά ανά μονάδα επιφάνειας. Παρόλα αυτά το αποτέλεσμα ονομάζεται μέση τιμή οστικής πυκνότητας. Το πάχος του οστού δεν ελέγχεται ικανοποιητικά. Με τον υπολογισμό της μέσης τιμής οστικής πυκνότητας και της ποσότητας της οστικής μάζας στην εκάστοτε περιοχή, ο υπό εξέταση ασθενής κατατάσσεται σε φυσιολογικό, οστεοπενικό ή οστεοπορωτικό. Θα πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η αλλαγή κατεύθυνσης του υπό εξέταση οστού, όπως μπορεί να συμβεί σε λανθασμένη τοποθέτηση, επηρεάζει το αποτέλεσμα. Αυτό συμβαίνει γιατί η συγκεκριμένη μέθοδος δεν έχει τη δυνατότητα υπολογισμού της διαδρομής της ακτινοβολίας μέσα από το οστό. Επίσης, το αποτέλεσμα της εξέτασης, οδηγώντας σε υποτίμηση ή υπερεκτίμησης της τιμής της οστικής πυκνότητας, επηρεάζεται και από την παρουσία λίπους άνισης κατανομής (Τουρνής και συν., 2005). Ο ρυθμός οστικής

απώλειας εκτιμάται με διαδοχικές μετρήσεις και εκφράζεται ως η διαφορά δύο διαδοχικών μετρήσεων επί τοις εκατό της αρχικής μέτρησης ανά έτος (Τουρνής και συν., 2005).

Στους περιορισμούς της μεθόδου αναφέρονται: α) ότι η εκτίμηση της οστικής πυκνότητας μεταβάλλεται σημαντικά με τη μεταβολή του μεγέθους του οστού. Αυτό αποτελεί αιτία σφαλμάτων όταν συγκρίνονται άτομα με διαφορετικό σωματότυπο. β) Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν παρέχει πληροφορίες για τη γεωμετρική κατανομή και σύνθεση του φλοιώδους και σπογγώδους οστού. γ) Οι μετρήσεις επηρεάζονται από τη σύνθεση των μαλακών ιστών που περιβάλλουν το οστό (Russo et al., 2003). Η ακρίβεια της συγκεκριμένης μεθόδου κυμαίνεται από 0,5-2%. Ακρίβεια ορίζεται η απόκλιση της μετρούμενης τιμής της οστικής πυκνότητας από την αντίστοιχη πραγματική τιμή (Τουρνής και συν., 2005).

B) Μέθοδος Περιφερικής Ποσοτικής Υπολογιστικής Τομογραφίας (pQCT). Η Μέθοδος Περιφερικής Ποσοτικής Υπολογιστικής Τομογραφίας (pQCT) ανακαλύφθηκε πριν από 20 χρόνια περίπου. Είναι μία εξέταση με χαμηλό κόστος για τον έλεγχο της μέσης τιμής οστικής πυκνότητας στο σπογγώδες οστό (Schneider & Bonner, 1991). Η εξέταση γίνεται με τη χρήση ενός μικρού φορητού αξονικού τομογράφου ο οποίος διαχωρίζει και μετρά ανεξάρτητα το σπογγώδες από το φλοιώδες οστό ενώ παράλληλα προσδιορίζει και τις γεωμετρικές παραμέτρους του οστού (Augat, Fuerst & Genant, 1998). Οι μετρήσεις αφορούν την περιεκτικότητα του οστού σε μέταλλα (του ολικού, του σπογγώδους και του φλοιώδους) και την οστική πυκνότητα (της ολικής, της σπογγώδους και της φλοιώδους, καθώς και της υποφλοιώδους ζώνης). Η εξέταση δίνει επιπλέον πληροφορίες που αφορούν δείκτες σχετικούς με το εμβαδόν του οστού, τόσο του σπογγώδους όσο και του φλοιώδους, καθώς και δείκτες που αφορούν τη μηχανική αντοχή του οστού (Russo et al., 2003). Οι μετρήσεις γίνονται στην περιοχή του άνω τμήματος της κερκίδας/ ωλένης και στην κνήμη (Schneider et al., 1991)

Στα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου συμπεριλαμβάνονται η χαμηλή δόση ακτινοβολίας, η μέτρηση της οστικής πυκνότητας ανεξάρτητα στο σπογγώδες και στο φλοιώδες οστό και οι πληροφορίες για την οστική γεωμετρία. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συμπεριλαμβάνονται η μικρή διαθεσιμότητα, η αδυναμία μέτρησης στον αυχένα του μηριαίου οστού και στη σπονδυλική στήλη καθώς και τα περιορισμένα δεδομένα των τιμών αναφοράς. Επίσης, επιστημονικές μελέτες

δείχνουν πως η ευαισθησία της pQCT κερκίδας να διακρίνει τους ασθενείς με οστεοπόρωση είναι παρόμοια ή μικρότερη της μεθόδου DXA (Gonai, Nonaka & Kishimoto, 2001).

Συμπεράσματα

Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες αποδεικνύουν ότι η άσκηση η οποία περιλαμβάνει τη μεταφορά του σωματικού βάρους επηρεάζει θετικά την πυκνότητα και την ποσότητα της οστικής μάζας. Παρόλα αυτά, οι μακροχρόνιες επιδράσεις της άσκησης στα οστά δεν έχουν διερευνηθεί ακόμη, αλλά η μεγιστοποίηση της ανάπτυξης της οστικής μάζας είναι πιθανόν να επιβραδύνει την ανάπτυξη της οστεοπόρωσης και να μειώνει τις πιθανότητες καταγμάτων. Οι μέχρι τώρα επιστημονικές αποδείξεις δείχνουν ότι η πρώτη εφηβική ηλικία αποτελεί την καλύτερη ηλικία για τη μεγιστοποίηση της εναπόθεσης μετάλλων στα οστά, ωστόσο δεν μπορούν να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα. Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες χαρακτηρίζονται από περιορισμούς όσον αφορά τα πρωτοκόλλα άσκησης, το βαθμό συμμετοχής των συμμετεχόντων και τον έλεγχο άλλων παραγόντων όπως είναι προηγούμενη συμμετοχή των δειγμάτων σε αθλητικές δραστηριότητες. Περισσότερες πληροφορίες απαιτούνται όσον αφορά τον τύπο, την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης. Επίσης, οι περισσότερες μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε παιδιά προεφηβικής και πρώτης εφηβικής ηλικίας που αθλούνταν συστηματικά από 1,5 έως και 20 ώρες την εβδομάδα. Υπάρχει σχετικά περιορισμένη πληροφόρηση όσον αφορά την επίδραση των καθημερινών φυσικών δραστηριοτήτων που δεν αποτελούν αθλητικές δραστηριότητες, στην οστική υγεία των παιδιών και ειδικότερα των κοριτσιών. Τέλος, οι παλαιότερες μελέτες βασίστηκαν κατά κύριο λόγο στην χρήση της τεχνολογίας DXA για την μελέτη των δεικτών οστικής υγείας. Στη συγκεκριμένη μελέτη επιχειρείται η καταγραφή και η διερεύνηση της σχέσης της φυσικής δραστηριότητας όχι μόνο στην οστική πυκνότητα αλλά και στη γεωμετρία των οστών κοριτσιών ηλικίας 10-12 ετών η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα πρόβλεψης της ανθεκτικότητας των οστών.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Όπως διατυπώθηκε στην εισαγωγή, η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του επιπέδου φυσικής δραστηριότητας και της οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται το δείγμα και τα χαρακτηριστικά του, ο σχεδιασμός της μελέτης, οι μέθοδοι αξιολόγησης των εξαρτημένων μεταβλητών και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων της μελέτης.

Δείγμα

Στη μελέτη έλαβαν μέρος 60 κορίτσια τα οποία βρέθηκαν μέσα από ανακοινώσεις (γραπτές και προφορικές) σε σχολεία και αθλητικούς συλλόγους της Αθήνας. Οι συμμετέχουσες ήταν υγιείς, προεφηβικής ηλικίας (μέσης ηλικίας 11,22 ετών ή στάδιο I και II στην κλίμακα Tanner). Η μέση τιμή του σωματικού ύψους των κοριτσιών ήταν 1,44 μέτρα ενώ η μέση τιμή του σωματικού τους βάρους ήταν 36,62 κιλά. Η μέση τιμή του δείκτη σωματικής μάζας ήταν 17,81 ενώ η μέση τιμή του σωματικού τους λίπους ήταν 17,05%. Η κλίμακα Tanner για το στήθος ήταν 1,83 και για την ήβη ήταν 2,19. Τα κορίτσια δεν ελάμβαναν καμία φαρμακευτική ουσία ή διατροφικό συμπλήρωμα που θα μπορούσε να επηρεάσει τον οστικό ή μυϊκό μεταβολισμό (π.χ. κορτικοστεροειδή), δεν υπέστησαν ποτέ κάταγμα ή χρόνιο νόσημα και προέρχονταν από την ίδια γεωγραφική περιοχή, (διάφορες περιοχές της Αττικής), και κοινωνική ομάδα (οι οικογένειές τους παρουσίαζαν ίδια οικονομικά χαρακτηριστικά και συνθήκες διαβίωσης). Τα χαρακτηριστικά του δείγματος δίνονται στον Πίνακα 2. Τόσο οι συμμετέχουσες όσο και οι γονείς ή κηδεμόνες τους ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτά για τον ερευνητικό σχεδιασμό, τους κινδύνους και τα οφέλη της μελέτης και υπέγραψαν το έντυπο συναίνεσης. Το ερευνητικό πρωτόκολλο εγκρίθηκε από την επιστημονική επιτροπή ερευνητικής ηθικής του Νοσοκομείου ΚΑΤ (Αθήνα) ενώ όλες οι ερευνητικές διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τους όρους της συμφωνίας του Ελσίνκι.

Πίνακας 1. Οι ομάδες που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν τρεις (3).

Ομάδα	Επίπεδο φυσικής δραστηριότητας	N
1	Χαμηλής φυσικής δραστηριότητας	17
2	Μέτριας φυσικής δραστηριότητας	16
3	Υψηλής φυσικής δραστηριότητας	25

Πίνακας 2. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των κοριτσιών που συμμετείχαν στην έρευνα.

	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3	ΣΥΝΟΛΟ
	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
N	17	16	25	58
Ηλικία (έτη)	11,09 ± 0,58	11,06 ± 0,89	11,52 ± 0,98	11,22 ± 0,79
Οστική ηλικία	10,71 ± 1,38	11,04 ± 1,47	11,04 ± 1,20	10,94 ± 1,32
Βάρος (κιλά)	39,82 ± 9,50	40,68 ± 13,58	31,84 ± 3,43	36,62 ± 9,83
Ύψος (m)	1,43 ± 0,08	1,44 ± 0,63	1,44 ± 0,70	1,44 ± 0,70
BMI (Kg/m ²)	19,12 ± 3,21	20,46 ± 7,26	15,23 ± 0,87	17,81 ± 4,74
% λίπος	22,36 ± 9,74	20,88 ± 12,43	10,98 ± 2,58	17,05 ± 9,94
Tunper στήθος	1,82 ± 0,63	1,88 ± 0,80	1,80 ± 0,70	1,83 ± 0,70
Tunper ήβη	2,29 ± 0,98	2,31 ± 1,01	2,04 ± 0,79	2,19 ± 0,90
Περφέρεια μέσης (cm)	63,98 ± 8,02	64,64 ± 10,85	56,20 ± 1,84	60,81 ± 8,18
Περιφέρεια ισχύου(cm)	81,26 ± 9,40	80,70 ± 12,42	71,11 ± 3,41	76,73 ± 9,73

Ερευνητικός σχεδιασμός

Στην πρώτη τους επίσκεψη, η οποία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Έρευνας Παθήσεων Μυοσκελετικού Συστήματος της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών, οι δοκιμαζόμενες και/ή οι κηδεμόνες τους συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο βιογραφικών στοιχείων και το έντυπο συγκατάθεσης. Στη συνέχεια υπεβλήθησαν σε προκαταρκτική κλινική εξέταση από ομάδα ιατρών (για την καταλληλότητα της συμμετοχής τους όσον αφορά την κατάσταση της υγείας τους καθώς και πιθανά φάρμακα που μπορεί να λάμβαναν). Την ίδια μέρα

πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση των σωματομετρικών τους χαρακτηριστικών (δερματοπτυχομέτρηση για τον υπολογισμό του ποσοστού σωματικού λίπους, περιφέρεια μέσης, περιφέρεια ισχίων, μήκος κνήμης, ύψος και βάρος) και αξιολογήθηκε το στάδιο της βιολογικής τους ωρίμανσης σύμφωνα με τα διαγράμματα Tanner. Τέλος τους δόθηκαν (όπως και στους γονείς ή κηδεμόνες τους) ακριβείς οδηγίες για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου φυσικής δραστηριότητας. Στη δεύτερη επίσκεψή τους, η οποία πραγματοποιήθηκε μία εβδομάδα αργότερα στο ίδιο εργαστήριο, οι δοκιμαζόμενες επέστρεψαν τα ερωτηματολόγια καταγραφής της διατροφής και της φυσικής δραστηριότητάς τους και πραγματοποίησαν εργαστηριακές εξετάσεις για τον καθορισμό της οστικής τους ηλικίας (ακτινογραφία πηγεοκαρπικής), οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας του οστού. Με βάση το επίπεδο της φυσικής τους δραστηριότητας, οι συμμετέχουσες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: α) χαμηλής φυσικής δραστηριότητας (ΧΦΔ, N = 18), β) μέτριας φυσικής δραστηριότητας (ΜΦΔ, N = 17) και γ) υψηλής φυσικής δραστηριότητας (ΥΦΔ, N = 25).

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Η μέτρηση του σωματικού βάρους πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια 100 γραμμαρίων σε ζυγαριά ακριβείας (Beam Balance 710, Seca, UK) με τις δοκιμαζόμενες να είναι ελαφρώς ντυμένες και ξυπόλητες. Η μέτρηση του ύψους έγινε με ακρίβεια 0,5 εκατοστών σε αναστημόμετρο (Stadiometer 208, Seca, UK) του οποίου η βαθμονόμηση γινόταν πριν από κάθε μέτρηση και με τις συμμετέχουσες ξυπόλητες. Ο δείκτης σωματικής μάζας (ΔΣΜ) υπολογίστηκε από το βάρος και το ύψος (Krekoukia et al., 2007). Ο προσδιορισμός του ποσοστού λίπους έγινε με τη μέθοδο της μέτρησης του πάχους επτά δερματοπτυχών (τρικέφαλος, δικέφαλος, κοιλιά, υποπλάτιος, υπερλαγόνιος, μηριαία και γάμπα) με δερματοπτυχόμετρο τύπου Harpenden (John Bull, British Indicators, St Albans, United Kingdom) και σύμφωνα με τη μέθοδο που έχει ήδη περιγραφεί στη βιβλιογραφία (Heyward & Stolarczyk L, 1996). Το πάχος κάθε δερματοπτυχής μετρήθηκε τρεις φορές στην δεξιά πλευρά του σώματος και ο μέσος όρος αυτών καταγράφηκε ως τελική τιμή. Αν οι τρεις τιμές διέφεραν πάνω από 0,2 χιλιοστά μεταξύ τους, γινόταν μία τέταρτη μέτρηση. Το ποσοστό σωματικού λίπους υπολογίστηκε από το άθροισμα των δερματοπτυχών του τρικέφαλου και της γάμπας (Slaughter Lohman & Boileau, 1988). Η περιφέρεια της μέσης (ελάχιστη περίμετρος της κοιλιάς) και του ισχίου (μέγιστη περίμετρος των

γλουτών) μετρήθηκαν με ακρίβεια 0,5 εκατοστών με ειδική πλαστική βαθμονομημένη μεζούρα (Gullick II tape, Country Technology, Gay Mills, WI, USA), με τις δοκιμαζόμενες σε όρθια στάση και σύμφωνα με τη μέθοδο που έχει ήδη περιγραφεί στη βιβλιογραφία (ACSM, 2000). Οι μετρήσεις έγιναν εις διπλούν από τον ίδιο εξεταστή. Το μήκος της κνήμης μετρήθηκε από το πλάγιο διάστημα της άρθρωσης του γόνατου μέχρι την κορυφή του έξω σφυρού εις διπλούν με μεζούρα καταγράφοντας ως τελική τιμή το μέσο όρο των δύο μετρήσεων (Daly, Stenevi-Lundgren, Linden & Karlsson, 2008).

Αξιολόγηση της Φυσικής δραστηριότητας

Το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας των συμμετεχουσών καταγράφηκε με το ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας με ανάκληση τεσσάρων διαφορετικών ημερών (ΕΦΔΑ4Η) (δύο ημέρες σχολείου και το Σαββατοκύριακο) της Cale (1993) (βλ. παράρτημα 1). Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε για παιδιά 11 ετών και άνω και κατατάσσει τους δοκιμαζόμενους σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας: πολύ υποκινητικούς, υποκινητικούς, μέτρια δραστήριους και δραστήριους. (Cale, 1993) Οι δείκτες αξιοπιστίας και εγκυρότητας του ερωτηματολογίου είναι 0,70 και 0,62 αντίστοιχα και είναι σταθμισμένο για ελληνόπουλα μέσης ηλικίας 13,73 ετών. (Argiropoulou, Michalopoulou, Aggeloussis & Avgerinos, 2004)

Αξιολόγηση της οστικής ηλικίας και του σταδίου βιολογικής ωρίμανσης

Η οστική ηλικία των δοκιμαζόμενων υπολογίστηκε από την ακτινογραφία του αριστερού χεριού και καρπού σύμφωνα με τη μέθοδο Greulich Pyle (Greulich & Pyle, 1959) από δύο ανεξάρτητους ακτινολόγους, έμπειρους στην παιδική ακτινολογία, χωρίς αυτοί να γνωρίζουν την ταυτότητα της αξιολογούμενης. Η βιολογική ωρίμανση (στάδιο εφηβικής εξέλιξης) αξιολογήθηκε από δύο αξιολογητές σύμφωνα με τη μέθοδο των διαγραμμάτων Tanner για την ανάπτυξης ήβης και στήθους (Tanner, 1962).

Μέτρηση της οστικής πυκνότητας

Η μέτρηση της οστικής πυκνότητας (g/cm^2) έγινε με τη μέθοδο της Απορροφησιομετρίας Διπλοενεργειακής Δέσμης Ακτίνων Χ (DXA), στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (L2–L4) και στο ισχίο του κυρίαρχου ποδιού (αυχένας

και τροχαντήρας του μηριαίου οστού), χρησιμοποιώντας τη συσκευή Lunar Prodigy Pro (GE Lunar Corp. Madison). Ο συντελεστής απόκλισης γι' αυτή την τεχνική είναι μικρότερος του 1% για τις συγκεκριμένες ανατομικές θέσεις. Για τους υπολογισμούς, χρησιμοποιήθηκε παιδιατρικό λογισμικό. Ο ίδιος ακτινολόγος πραγματοποίησε όλες τις μετρήσεις και ανάλυσε τα δεδομένα. Πριν από κάθε μέτρηση έγινε βαθμονόμηση του μηχανήματος σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Οι συντελεστές απόκλισης για δύο συνεχόμενες μετρήσεις σε 10 κορίτσια ήταν 1,3% για την οσφυϊκή μοίρα και 0,8% για το ισχίο (Baltas, Balanika, Raprrou, Tournis & Lyritis, 2005).

Αξιολόγηση της γεωμετρίας του οστού

Η μέτρηση της γεωμετρίας του οστού έγινε με τη μέθοδο της Περιφερικής Ποσοτικής Υπολογιστικής Τομογραφίας (pQCT) στην αριστερή κνήμη χρησιμοποιώντας τη συσκευή XCT-3000 (Stratec GmbH, Pforzheim, Germany) σύμφωνα με μεθόδους που ήδη έχουν περιγραφεί (Charopoulos et al., 2006). Χρησιμοποιήθηκε μία μονή ενεργειακή πηγή ακτίνων X και όλες οι σαρώσεις του συστήματος αξονικής τομογραφίας έγιναν με πάχος τομής 2,4 mm και μέγεθος πλαισίου 0,5 mm³. Τα κάτω άκρο της κνήμης χρησιμοποιήθηκε ως ανατομικό σημείο δείκτης αναφοράς. Η εγκάρσια διατομή του οστού μετρήθηκε σε απόσταση 10 mm από την απομακρυσμένη επιφάνεια της περιφερικής μετάφυσης και στο 14%, 38% και 66% του συνολικού μήκους της κνήμης. Σε κάθε τομή στην κνήμη μετρήθηκε η αντίστοιχη ογκομετρική οστική πυκνότητα (vBMD, mg/cm³), επιμετάλλωση (BMC, mg) και εγκάρσια διατομή (CSA, mm²) καθώς και το πάχος του φλοιώδους οστού (CRTHK, mm), η περιφέρεια του φλοιώδους (PERI, mm) και σπογγώδους (ENDO, mm) οστού και τον δείκτη μηχανικής αντοχής του οστού (SSI_p, mm³). Η απεικονιστική ανάλυση έγινε με ειδικό λογισμικό (version 5.4). Η ακρίβεια μέτρησης της μεθόδου σε διπλές μετρήσεις (10 κορίτσια) κυμάνθηκε από 0,2% έως 1,0% (για τις παραπάνω μεταβλητές).

Στατιστική ανάλυση

Για την ανάλυση της φυσικής δραστηριότητας, του επιπέδου βιολογικής ωρίμανσης (χρονολογική ηλικία, οστική ηλικία, δείκτης Tanner για το στήθος, δείκτης Tanner για την ήβη και μήκος του οστού της κνήμης) και των ανθρωπομετρικών μετρήσεων (σωματικό βάρος, σωματικό ύψος, δείκτης μάζας σώματος, ποσοστό σωματικού λίπους, περιφέρεια μέσης και περιφέρεια ισχίου)

πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές αναλύσεις διακύμανσης για ένα παράγοντα (one-way MANOVA).

Για τον έλεγχο της επίδρασης του επιπέδου φυσικής δραστηριότητας (3 επίπεδα: υψηλή, μέτρια, χαμηλή) στις εξαρτημένες μεταβλητές της ανάλυσης pQCT και DEXA πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές αναλύσεις διακύμανσης για ένα παράγοντα (one-way MANOVA).

Οι εξαρτημένες μεταβλητές της ανάλυσης DEXA ήταν:

1. Οστική πυκνότητα οσφυϊκής μοίρας
2. Επιμετάλλωση οσφυϊκής μοίρας
3. Οστική πυκνότητα ισχίου
4. Επιμετάλλωση ισχίου
5. Οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού
6. Επιμετάλλωση αυχένα μηριαίου οστού
7. Οστική πυκνότητα τροchanτήρα μηριαίου οστού
8. Επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού

Οι εξαρτημένες μεταβλητές της ανάλυσης pQCT είναι:

1. Δείκτης οστικής αντοχής στο 14% της κνήμης από το περιφερικό άκρο
2. Δείκτης οστικής αντοχής στο 38% της κνήμης από το περιφερικό άκρο
3. Λόγος επιμετάλλωσης στο 4% της κνήμης προς την επιμετάλλωση στο 38% της κνήμης
4. Συνολική επιμετάλλωση στο 4% της κνήμης
5. Συνολική οστική πυκνότητα στο 4% της κνήμης
6. Επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης
7. Οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης
8. Συνολική επιμετάλλωση στο 14% της κνήμης
9. Συνολική οστική πυκνότητα στο 14% της κνήμης
10. Επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης
11. Οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης
12. Επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης
13. Οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης
14. Πάχος φλοιώδους οστού στο 14% της κνήμης
15. Περιοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης
16. Ενδοοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης
17. Συνολική επιμετάλλωση στο 38 % της κνήμης

18. Συνολική οστική πυκνότητα στο 38 % της κνήμης
19. Επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38 % της κνήμης
20. Οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 38 % της κνήμης
21. Πάχος φλοιώδους οστού στο 38 % της κνήμης
22. Περιοστική περίμετρος στο 38 % της κνήμης
23. Ενδοοστική περίμετρος στο 38 % της κνήμης
24. Συνολική επιμετάλλωση στο 66 % της κνήμης
25. Συνολική οστική πυκνότητα στο 66 % της κνήμης
26. Επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 66 % της κνήμης
27. Οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66 % της κνήμης
28. Πάχος φλοιώδους οστού στο 66 % της κνήμης
29. Περιοστική περίμετρος στο 66 % της κνήμης
30. Ενδοοστική περίμετρος στο 66 % της κνήμης

Για τον έλεγχο των διαφορών εντός των κελιών (post-hoc) χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλής σύγκρισης *Bonferroni* με την τιμή του alpha ίση με .05. Επιπρόσθετα για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων εκτός από την τιμή p υπολογίστηκε και το μέγεθος της επίδρασης όπως εκφράζεται από την τιμή η^2 . Τέλος, για τον έλεγχο της σχέσης μεταξύ των απόλυτων τιμών της φυσικής δραστηριότητας και των εξαρτημένων μεταβλητών υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson ($p < 0,5$).



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπως προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Στην παράθεση των αποτελεσμάτων προηγείται η παρουσίαση των δεδομένων της φυσικής δραστηριότητας (ανεξάρτητη μεταβλητή) επειδή είναι η μεταβλητή βάσει της οποίας διαχωρίστηκαν οι τρεις πειραματικές ομάδες της μελέτης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ανθρωπομετρικών μετρήσεων και των μετρήσεων βιολογικής ωρίμανσης τα οποία, επίσης, βοήθησαν στην περιγραφή του δείγματος της μελέτης. Η τρίτη κατηγορία αποτελεσμάτων που θα παρουσιαστούν αφορά τη μέτρηση της οστικής γεωμετρίας (μέσω της μέτρησης pQCT), ενώ η τελευταία κατηγορία αφορά τις μετρήσεις οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο DEXA. Σε κάθε μεταβλητή ξεχωριστά, παρουσιάζονται πρώτα τα αποτελέσματα που την αφορούν διαγραμματικά και έπειτα οι διαφορές μεταξύ των ομάδων με τη βοήθεια ενός στατιστικού πίνακα. Τέλος, η τελευταία παράγραφος του κεφαλαίου παρουσιάζει τις συσχετίσεις των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών (σε πίνακα συσχετίσεων).

Φυσική δραστηριότητα

Για τον έλεγχο του επιπέδου φυσικής δραστηριότητας πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με ένα παράγοντα. Από τη στατιστική ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni στη φυσική δραστηριότητα μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων ($F_{(2,57)}=322.64$ $p=.00$). Συγκεκριμένα, η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στη φυσική δραστηριότητα από τις άλλες δύο ομάδες ($p=.00$). Η ομάδα ΜΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή φυσικής δραστηριότητας από την ομάδα ΧΦΔ ($p=.00$) και στατιστικά χαμηλότερη μέση τιμή από την ομάδα ΥΦΔ ($p=.00$), ενώ η ομάδα ΧΦΔ παρουσίασε στατιστικά χαμηλότερη μέση τιμή στη φυσικής δραστηριότητας από τις άλλες δύο ομάδες ($p=.00$). Αναλυτικά τα αποτελέσματα φυσικής δραστηριότητας αναφέρονται στον Πίνακα 4.

Επίπεδο βιολογικής ωρίμανσης

Για τον έλεγχο των δεικτών βιολογικής ωρίμανσης (χρονολογική ηλικία, οστική ηλικία, δείκτης Tanner για το στήθος, δείκτης Tanner για την ήβη και μήκος του οστού της κνήμης) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για ένα σταθερό παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας». Από τη στατιστική ανάλυση, δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» ($F_{(2,57)} = 322.64$ $p = 0.000$) η οποία να επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων σε όλες τις μεταβλητές βιολογικής ωρίμανσης σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferoni. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των δεικτών βιολογικής ωρίμανσης αναφέρονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3 Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των τριών ερευνητικών ομάδων.

	ΥΦΔ	ΜΦΔ	ΧΦΔ	
ΦΔ (MET/ημέρα)	46,87±1,36 ^{α,β}	39,15±2,40 ^{α,γ}	33,70±2,29 ^{β,γ}	$F_{(2,57)}=322,64,$ $p=.000$
Ηλικία (έτη)	11,53±0,98	11,07±0,89	11,09±0,58	$F_{(2,57)}=2.01,$ $p=.14305$
Οστική ηλικία (έτη)	11,04±1,20	11,04±1,47	10,71±1,38	$F_{(2,55)}=0.381,$ $p=.685$
Tanner _{ΣΤ}	1,80 ± 0,70	1,88 ± 0,80	1,82 ± 0,63	$F_{(2,55)}=0.054,$ $p=.948$
Tanner _{ΗΒ}	2,04 ± 0,79	2,31 ± 1,01	2,29 ± 0,98	$F_{(2,55)}=0.59,$ $p=.557$
Μήκος κνήμης (εκ.)	33,08 ± 1,75	33,68 ± 2,21	32,82 ± 2,72	$F_{(2,55)}=0.676,$ $p=.513$
Βάρος (κιλά)	31,84 ± 3,43 ^{α,β}	40,68 ± 13,58 ^α	39,82 ± 9,50 ^β	$F_{(2,55)}=6.176,$ $p=.004$
Ύψος (μέτρα)	1,44 ± 0,70	1,44 ± 0,63	1,43 ± 0,08	$F_{(2,55)}=0.092,$ $p=.913$
ΔΜΣ (κιλά/μέτρο ²)	15,23 ± 0,87 ^{α,β}	20,46 ± 7,26 ^α	19,12 ± 3,21 ^β	$F_{(2,55)}=8.698,$ $p=.001$
Σωματικό λίπος (%)	10,98 ± 2,58 ^{α,β}	20,88 ± 12,43 ^α	22,36 ± 9,74 ^β	$F_{(2,55)}=11.244,$ $p=.000$
Περιφέρεια μέσης(εκ.)	56,20 ± 1,84 ^{α,β}	64,64 ± 10,85 ^α	63,98 ± 8,02 ^β	$F_{(2,55)}=8.960,$ $p=.000$
Περιφέρεια ισχίου(εκ.)	71,11 ± 3,41 ^{α,β}	80,70 ± 12,42 ^α	81,26 ± 9,40 ^β	$F_{(2,55)}=9.545,$ $p=.000$

ΦΔ: φυσική δραστηριότητα, MET: μεταβολικά ισοδύναμα, ΣΤ: στήθος, ΗΒ: ήβη, εκ: εκατοστά, ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος, ΥΦΔ: ομάδα υψηλής φυσικής

δραστηριότητας, ΜΦΔ: ομάδα μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ΧΦΔ: ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας. ^α: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσικής δραστηριότητας και της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ^β: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσικής δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, ^γ: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας

Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Για τον έλεγχο της επίδρασης «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στις ανθρωπομετρικές μεταβλητές (σωματικό βάρος, σωματικό ύψος, δείκτης μάζας σώματος, ποσοστό σωματικού λίπους, περιφέρεια μέσης και περιφέρεια ισχίου) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για ένα σταθερό παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας». Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» με σημαντικές διαφορές σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferoni μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στο σωματικό βάρος ($F_{(2,55)}=6.18, p=.004$), σωματικό λίπος ($F_{(2,55)}=11.244, p=.00$), δείκτη μάζας σώματος ($F_{(2,55)}=8.698, p=.001$), περιφέρεια μέσης ($F_{(2,55)}=8.960, p=.000$) και περιφέρεια ισχίου ($F_{(2,55)}=9.545, p=.000$) αλλά όχι και στο σωματικό ύψος ($F_{(2,55)}=0.092, p=0.913$). Συγκεκριμένα, η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά μικρότερη μέση τιμή σωματικού βάρους, δείκτη μάζας σώματος, ποσοστού σωματικού λίπους, περιφέρειας μέσης και περιφέρειας ισχίου από τις ομάδες ΧΦΔ ($p=.021, p=.014, p=.001, p=.000, p=.004$ και $p=.001$, αντίστοιχα) και ΜΦΔ ($p=.010, p=.001, p=.014, p=.002, p=.002$ και $p=.003$, αντίστοιχα) ενώ δε σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ΜΦΔ και ΧΦΔ σε όλες τις ανθρωπομετρικές μεταβλητές. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των ανθρωπομετρικών μεταβλητών αναφέρονται στον Πίνακα 4.

Γεωμετρία οστού

Για τον έλεγχο της επίδρασης του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στις μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 4% της κνήμης (λόγος επιμετάλλωσης στο 4% της κνήμης προς την επιμετάλλωση στο 38% της κνήμης, συνολική επιμετάλλωση στο 4% της κνήμης, συνολική οστική πυκνότητα στο 4% της κνήμης, επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης, οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για ένα σταθερό παράγοντα «επίπεδο φυσικής

δραστηριότητας». Από τη στατιστική ανάλυση, δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferoni του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» χωρίς έτσι να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων σε όλες τις μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 4% της κνήμης. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεταβλητών της γεωμετρίας του οστού στο 14% της κνήμης αναφέρονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 4% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).

	ΥΦΔ	ΜΦΔ	ΧΦΔ	
ssi14	876,31 ± 191,58	947,16 ± 183,75	892,96 ± 187,78	$F_{(2,49)}=0.673,$ $p=.515$
ssi38	1058,91 ± 230,18	1006,16 ± 175,98	947,48 ± 217,11	$F_{(2,49)}=1.223,$ $p=.303$
m1m3	0,99 ± 0,44	0,91 ± 0,06	1,02 ± 0,20	$F_{(2,49)}=0.568,$ $p=.570$
tot-cnt4	234,61 ± 54,71	224,12 ± 30,94	240,96 ± 69,21	$F_{(2,49)}=0.393,$ $p=.677$
tot-den4	300,54 ± 35,10	282,53 ± 24,37	295,73 ± 23,99	$F_{(2,49)}=1.790,$ $p=.178$
tra-cnt4	86,33 ± 31,70	76,35 ± 13,11	88,89 ± 37,58	$F_{(2,55)}=0.813,$ $p=.449$
tra-den4	240,25 ± 51,62	213,83 ± 28,89	236,89 ± 40,34	$F_{(2,49)}=1.945,$ $p=.154$

ΥΦΔ: ομάδα υψηλής φυσικής δραστηριότητας, ΜΦΔ: ομάδα μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ΧΦΔ: ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, ssi14: δείκτης οστικής αντοχής στο 14% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, ssi38: δείκτης οστικής αντοχής στο 38% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, m1m3: λόγος επιμετάλλωσης στο 4% της κνήμης προς την επιμετάλλωση στο 38% της κνήμης, tot-cnt4: συνολική επιμετάλλωση στο 4% της κνήμης, tot-den4: συνολική οστική πυκνότητα στο 4% της κνήμης, tra-cnt4: επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης, tra-den4: οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης.

Για τον έλεγχο της επίδρασης του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στις μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 14% της κνήμης (δείκτης οστικής αντοχής στο 14% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, συνολική επιμετάλλωση στο 14% της κνήμης, συνολική οστική πυκνότητα στο 14% της κνήμης, επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης, οστική πυκνότητα

στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης, επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, πάχος φλοιώδους οστού στο 14% της κνήμης, περισοτική περίμετρος στο 14% της κνήμης, ενδοοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για ένα σταθερό παράγοντα. Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferoni του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στην επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης ($F_{(2,49)}=3.679$, $p=.032$), στην οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης ($F_{(2,49)}=4.907$, $p=.011$), στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης ($F_{(2,49)}=3.517$, $p=.037$).

Πίνακας 5. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 14% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).

	<i>ΥΦΔ</i>	<i>ΜΦΔ</i>	<i>ΧΦΔ</i>	
to-cnt14	177,68 ± 23,45	177,94 ± 25,23	175,14 ± 24,74	$F_{(2,49)}=0.064$, $p=.938$
to-den14	472,18 ± 53,98	458,19 ± 38,02	449,66 ± 45,53	$F_{(2,49)}=1.051$, $p=.357$
tr-cnt14	29,15 ± 12,13 ^α	20,59 ± 7,07 ^α	25,83 ± 7,33	$F_{(2,49)}=3.679$, $p=.032$
tr-den14	172,14 ± 69,78 ^α	117,28 ± 35,95 ^α	146,70 ± 37,59	$F_{(2,49)}=4.907$, $p=.011$
cr-cnt14	115,77 ± 15,82	119,96 ± 17,10	109,72 ± 20,59	$F_{(2,49)}=1.308$, $p=.280$
cr-den14	980,67 ± 28,82 ^β	992,46 ± 27,56 ^γ	961,65 ± 41,42 ^γ	$F_{(2,49)}=3.517$, $p=.037$
cr-thk14	1,96 ± 0,31	1,94 ± 0,21	1,84 ± 0,31	$F_{(2,49)}=0.864$, $p=.428$
peri-c14	67,03 ± 6,24	68,48 ± 5,03	68,06 ± 5,15	$F_{(2,49)}=0.331$, $p=.720$
endo-c14	54,73 ± 7,37	56,30 ± 5,12	56,53 ± 5,64	$F_{(2,49)}=0.457$, $p=.636$

ΥΦΔ: ομάδα υψηλής φυσικής δραστηριότητας, ΜΦΔ: ομάδα μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ΧΦΔ: ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, to-cnt14: συνολική επιμετάλλωση στο 14% της κνήμης, to-den14: συνολική οστική πυκνότητα στο 14% της κνήμης, tr-cnt14: επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης, tr-den14: οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης, cr-cnt14: επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, cr-den14: οστική πυκνότητα

στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, $ct-thk14$: πάχος φλοιώδους οστού στο 14% της κνήμης, $peri-c14$: περιοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης, $endo-c14$: ενδοοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης, ^α: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσική δραστηριότητας και της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ^β: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσική δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, ^γ: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας μέτριας φυσική δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας

Ωστόσο δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στο δείκτη οστικής αντοχής στο 14% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, στη συνολική επιμετάλλωση στο 14% της κνήμης, στη συνολική οστική πυκνότητα στο 14% της κνήμης, στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, στο πάχος φλοιώδους οστού στο 14% της κνήμης, στην περιοστική περίμετρο στο 14% της κνήμης και στην ενδοοστική περίμετρο στο 14% της κνήμης. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στην επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης και στην οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης από την ομάδα ΜΦΔ ($p=.028$, $p=.009$ αντίστοιχα), ενώ η ομάδα ΜΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης από την ομάδα ΧΦΔ ($p=.034$). Τέλος δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης και στην οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης μεταξύ της ομάδας ΧΦΔ και των άλλων δύο ομάδων και στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης μεταξύ της ΥΦΔ και των άλλων δύο ομάδων. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεταβλητών της γεωμετρίας του οστού στο 14% της κνήμης αναφέρονται στον Πίνακα 5.

Για τον έλεγχο της επίδρασης του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στις μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 38% της κνήμης (δείκτης οστικής αντοχής στο 38% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, συνολική επιμετάλλωση στο 38 % της κνήμης, συνολική οστική πυκνότητα στο 38 % της κνήμης, επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38 % της κνήμης, οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 38 % της κνήμης, πάχος φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης, περιοστική περίμετρος στο 38% της κνήμης, ενδοοστική περίμετρος στο 38 % της κνήμης) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για σταθερό ένα παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας». Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές

μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στη συνολική οστική πυκνότητα στο 38% της κνήμης ($F_{(2,49)}=5.236, p=.009$), στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης ($F_{(2,49)}=3.652, p=.033$) και στο πάχος φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης ($F_{(2,49)}=7.435, p=.002$).

Πίνακας 6. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 38% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).

	ΥΦΔ	ΜΦΔ	ΧΦΔ	
to-cnt38	259,25 ± 35,67	247,56 ± 33,66	234,95 ± 35,07	$F_{(2,55)}=2.133,$ $p=.129$
to-den38	789,49 ± 57,13 ^β	742,00 ± 61,20	731,33 ± 56,67 ^β	$F_{(2,49)}=5.236,$ $p=.009$
cr-cnt38	230,92 ± 33,71 ^β	213,46 ± 27,90	201,78 ± 35,39 ^β	$F_{(2,49)}=3.652,$ $p=.033$
cr-den38	1044,14 ± 31,98	1044,08 ± 35,84	1034,50 ± 45,85	$F_{(2,49)}=0.349,$ $p=.707$
cr-thk38	4,39 ± 0,53 ^{α,β}	3,91 ± 0,45 ^α	3,78 ± 0,52 ^β	$F_{(2,49)}=7.435,$ $p=.002$
peri-c38	64,18 ± 4,86	64,80 ± 5,52	63,47 ± 4,96	$F_{(2,49)}=0.264,$ $p=.769$
endo-c38	36,60 ± 4,44	40,22 ± 6,34	39,74 ± 4,62	$F_{(2,49)}=2.739,$ $p=.075$

ΥΦΔ: ομάδα υψηλής φυσικής δραστηριότητας, ΜΦΔ: ομάδα μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ΧΦΔ: ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, to-cnt38: συνολική επιμετάλλωση στο 38% της κνήμης, to-den38: συνολική οστική πυκνότητα στο 38% της κνήμης, cr-cnt38: επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης, cr-den38: οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 38 % της κνήμης, cr-thk38: πάχος φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης, peri-c38: περιφερική περίμετρος στο 38% της κνήμης, endo-c38: ενδοοστική περίμετρος στο 38% της κνήμης, ^α: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσική δραστηριότητας και της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ^β: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσική δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, ^γ: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας μέτριας φυσική δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητα

Ωστόσο δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στο δείκτη οστική αντοχής στο 38% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, στη συνολική επιμετάλλωση στο 38 % της κνήμης, στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης, στην περιφερική περίμετρο στο

38% της κνήμης, και στην ενδοοστική περίμετρος στο 38% της κνήμης. Συγκεκριμένα, η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στη συνολική οστική πυκνότητα στο 38% της κνήμης, στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης και στο πάχος του φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης από την ομάδα ΧΦΔ ($p=.015$, $p=.033$, $p=.002$ αντίστοιχα), ενώ η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στο πάχος του φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης, και από την ομάδα ΜΦΔ ($p=.020$). Τέλος δε σημειώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στη συνολική οστική πυκνότητα στο 38% της κνήμης και στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης μεταξύ της ομάδας ΜΦΔ και των άλλων δύο ομάδων και στο πάχος φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης μεταξύ της ομάδας ΧΦΔ και της ομάδας ΜΦΔ. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεταβλητών της γεωμετρίας του οστού στο 38% της κνήμης αναφέρονται στον Πίνακα 6.

Για τον έλεγχο της επίδρασης του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στις μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 66% της κνήμης (συνολική επιμετάλλωση στο 66 % της κνήμης, συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης, επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης, οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66 % της κνήμης, πάχος φλοιώδους οστού στο 66% της κνήμης, περιοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης, ενδοοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για ένα σταθερό παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας». Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στη συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης ($F_{(2,49)}=9.122$, $p=.000$), στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης ($F_{(2,49)}=3.275$, $p=.046$), στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό το 66% της κνήμης ($F_{(2,49)}=5.039$, $p=.010$), στο πάχος φλοιώδους οστού στο 66% της κνήμης ($F_{(2,49)}=7.212$, $p=.002$) και στην ενδοοστική περίμετρο του οστού στο 66% της κνήμης ($F_{(2,49)}=6.571$, $p=.003$). Ωστόσο δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ερευνητικών ομάδων στη συνολική επιμετάλλωση στο 66% της κνήμης και στην περιοστική περίμετρο οστού στο 66% της κνήμης. Συγκεκριμένα, η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στη συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης, στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης, στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης και στο πάχος του φλοιώδους οστού στο 66% της κνήμης, από την

ομάδα ΧΦΔ ($p=.006$, $p=$, $p=.014$, $p=.009$ αντίστοιχα) ενώ στην ενδοοστική περίμετρο οστού στο 66% της κνήμης η ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά χαμηλότερη τιμή από την ομάδα ΧΦΔ ($p=.023$). Επίσης, η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης και στο πάχος του φλοιώδους οστού στο 66% της κνήμης από την ομάδα ΜΦΔ ($p=.001$, $p=.006$ αντίστοιχα), ενώ στην ενδοοστική περίμετρο οστού στο 66% της κνήμης η ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά χαμηλότερη τιμή από την ομάδα ΜΦΔ ($p=.006$). Τέλος δε σημειώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στη συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης, στο πάχος του φλοιώδους οστού στο 66% της κνήμης και στην ενδοσκοπική περίμετρο οστού στο 66% της κνήμης μεταξύ της ομάδας ΧΦΔ και της ομάδας ΜΦΔ και στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης μεταξύ της ομάδας ΜΦΔ και των άλλων δύο ομάδων. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεταβλητών της γεωμετρίας του οστού στο 66% της κνήμης αναφέρονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Μεταβλητές της γεωμετρίας του οστού στο 66% της κνήμης των τριών ερευνητικών ομάδων (pQCT).

	ΥΦΔ	ΜΦΔ	ΧΦΔ	
to-cnt66	318,03 ± 40,34	313,83 ± 48,83	311,05 ± 42,39	$F_{(2,49)}=0.116$, $p=.890$
to-den66	625,71 ± 51,20 ^{αβ}	555,55 ± 54,21 ^α	565,24 ± 59,49 ^β	$F_{(2,49)}=9.122$, $p=.000$
cr-cnt66	261,04 ± 39,48	235,59 ± 30,06	231,12 ± 44,57	$F_{(2,49)}=3.275$, $p=.046$
cr-den66	1021,40 ± 23,98 ^β	996,58 ± 38,38	988,54 ± 36,82	$F_{(2,49)}=5.039$, $p=.010$
cr-thk66	3,76 ± 0,55 ^{αβ}	3,20 ± 0,34 ^α	3,22 ± 0,60 ^β	$F_{(2,49)}=7.212$, $p=.002$
peri-c66	79,87 ± 4,90	84,31 ± 7,51	83,31 ± 7,48	$F_{(2,49)}=2.353$, $p=.106$
endo-c66	56,25 ± 5,09 ^{αβ}	64,22 ± 8,02 ^α	63,10 ± 8,96 ^β	$F_{(2,49)}=6.571$, $p=.003$

ΥΦΔ: ομάδα υψηλής φυσικής δραστηριότητας, ΜΦΔ: ομάδα μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ΧΦΔ: ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, to-cnt66: συνολική επιμετάλλωση στο 66 % της κνήμης, to-den66: συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης, cr-cnt66: επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης, cr-den66: οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης, cr-thk66: πάχος

φλοιώδους οστού στο 66 % της κνήμης, peri-c66: περιοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης, endo-c66: ενδοοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης, ^a:στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσική δραστηριότητας και της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ^b: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσική δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, ^γ: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας μέτριας φυσική δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας

Οστική πυκνότητα

Για τον έλεγχο της επίδρασης του παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας» στις μεταβλητές της οστικής πυκνότητας του οστού (οστική πυκνότητα οσφυικής μοίρας, επιμετάλλωση οσφυικής μοίρας, οστική πυκνότητα ισχίου, επιμετάλλωση ισχίου, οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού, επιμετάλλωση αυχένα μηριαίου οστού, οστική πυκνότητα τροchanτήρα μηριαίου οστού και επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού) πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για ένα σταθερό παράγοντα «επίπεδο φυσικής δραστηριότητας».

Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση, σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferoni, του σταθερού παράγοντα στην οστική πυκνότητα οσφυικής μοίρας ($F_{(2,57)}=4.433$, $p=.016$), στην οστική πυκνότητα ισχίου ($F_{(2,57)}=5.168$, $p=.009$), στην οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού ($F_{(2,57)}=3.491$, $p=.037$), στην οστική πυκνότητα τροchanτήρα μηριαίου οστού ($F_{(2,57)}=5.162$, $p=.009$) και στην επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού ($F_{(2,57)}=3.400$, $p=.040$). Ωστόσο δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στην επιμετάλλωση οσφυικής μοίρας, στην επιμετάλλωση ισχίου και στην επιμετάλλωση αυχένα μηριαίου οστού. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferoni η ομάδα ΥΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στην οστική πυκνότητα οσφυικής μοίρας, στην οστική πυκνότητα ισχίου, στην οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού και στην οστική πυκνότητα τροchanτήρα μηριαίου οστού από την ομάδα ΧΦΔ ($p=.016$, $p=.009$, $p=.037$, $p=.009$ αντίστοιχα). Επίσης η ομάδα ΜΦΔ παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη μέση τιμή στην επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού από την ομάδα ΧΦΔ ($p=.045$) και στην οστική πυκνότητα του ισχίου ($p=.048$). Τέλος δε σημειώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στην οστική πυκνότητα οσφυικής μοίρας, στην οστική πυκνότητα ισχίου, στην οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού και στην οστική πυκνότητα τροchanτήρα μηριαίου οστού μεταξύ της ομάδας ΜΦΔ και των άλλων δύο ομάδων και στην επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού μεταξύ της ΥΦΔ και

των άλλων δύο ομάδων. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεταβλητών της οστικής πυκνότητας του οστού παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Μεταβλητές της οστικής πυκνότητας του οστού των τριών ερευνητικών ομάδων (DEXA).

	ΥΦΔ	ΜΦΔ	ΧΦΔ	
bmd-ls	0,90 ± 0,11 ^β	0,83 ± 0,085	0,82 ± 0,06 ^β	$F_{(2,57)}=4.433,$ $p=.016$
bmc-ls	26,57 ± 5,65	26,78 ± 6,44	24,73 ± 6,76	$F_{(2,57)}=0.609,$ $p=.547$
bmd-hip	0,94 ± 0,06 ^β	0,90 ± 0,10 ^γ	0,85 ± 0,08 ^{β,γ}	$F_{(2,57)}=5.168,$ $p=.009$
bmc-hip	21,71 ± 2,72	22,33 ± 4,19	20,18 ± 4,12	$F_{(2,57)}=1.679,$ $p=.196$
bmd-neck	0,93 ± 0,07 ^β	0,89 ± 0,08	0,86 ± 0,095 ^β	$F_{(2,57)}=3.491,$ $p=.037$
bmc-neck	3,50 ± 0,56	3,59 ± 0,55	3,42 ± 0,71	$F_{(2,57)}=0.348,$ $p=.708$
bmd-tro	0,79 ± 0,06 ^β	0,76 ± 0,08	0,71 ± 0,08 ^β	$F_{(2,57)}=5.162,$ $p=.009$
bmc-tro	6,40 ± 1,12	6,76 ± 1,68 ^γ	5,51 ± 1,67 ^γ	$F_{(2,57)}=3.400,$ $p=.040$

ΥΦΔ: ομάδα υψηλής φυσικής δραστηριότητας, ΜΦΔ: ομάδα μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ΧΦΔ: ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, bmd-ls: οστική πυκνότητα οσφυϊκής μοίρας, bmc-ls: επιμετάλλωση οσφυϊκής μοίρας, bmd-hip: οστική πυκνότητα ισχίου, bmc-hip: επιμετάλλωση ισχίου, bmd-neck: οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού, bmc-neck: επιμετάλλωση αυχένα μηριαίου οστού, bmd-tro: οστική πυκνότητα τροchanτήρα μηριαίου οστού, bmc-tro: επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού, ^α: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσικής δραστηριότητας και της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας, ^β: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας υψηλής φυσικής δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας, ^γ: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας μέτριας φυσικής δραστηριότητας και της ομάδας χαμηλής φυσικής δραστηριότητας

Συσχετίσεις

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι στατιστικά μη σημαντικές συσχετίσεις της φυσικής δραστηριότητας με τις μεταβλητές οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας (από τις μετρήσεις με τις μεθοδολογίες DEXA και pQCT) για το σύνολο του δείγματος

Παρουσιάστηκαν οι παρακάτω στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις:

1. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας ($R = 0.357, P = .005$).
2. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα ισχίου ($R = 0.394, P = .002$).
3. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα αυχένα μηριαίου οστού ($R = 0.347, P = .007$).
4. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα τροχαντήρα μηριαίου οστού ($R = 0.385, P = .002$).
5. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης ($R = 0.281, P = .043$).
6. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με τη συνολική επιμετάλλωση στο 38% της κνήμης ($R = 0.275, P = .049$).
7. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με τη συνολική οστική πυκνότητα στο 38% της κνήμης ($R = 0.446, P = .001$).
8. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης ($R = 0.368, P = .007$).
9. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με το πάχος φλοιώδους οστού στο 38% της κνήμης ($R = 0.508, P = .000$).
10. Σημαντική αρνητική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την ενδοοστική περίμετρος στο 38% της κνήμης ($R = -0.327, P = .018$).
11. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με τη συνολική οστική πυκνότητα στο 66% της κνήμης ($R = 0.515, P = .000$).
12. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 66 % της κνήμης ($R = 0.349, P = .011$).
13. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης ($R = 0.449, P = .000$).
14. Σημαντική θετική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με το πάχος φλοιώδους οστού στο 66% της κνήμης ($R = 0.481, P = .000$).
15. Σημαντική αρνητική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την περιοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης ($R = -0.293, P = 0.035$).
16. Σημαντική αρνητική συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την ενδοοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης ($R = -0.461, P = 0.001$).

Πίνακας 9: Οι στατιστικά μη σημαντικές συσχετίσεις της παραμέτρου «Φυσική Δραστηριότητα» με τις μεταβλητές οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας (από τις μετρήσεις με τις μεθοδολογίες DEXA και pQCT) για το σύνολο των ατόμων που μετείχαν στην έρευνα.

Φυσική Δραστηριότητα		
bmc-ls	R=0.076	P=.565
bmc-hip	R=0.124	P=.346
bmc-neck	R=0.030	P=.821
bmc-tro	R=0.193	P=.139
ssi14	R = -0.079	P = .577
ssi38	R = 0.202	P = .151
m1m3	R = 0.016	P = .908
tot-cnt4	R = 0.003	P = .983
tot-den4	R = 0.168	P = .233
tra-cnt4	R = 0.039	P = .781
tra-den4	R = 0.146	P = .301
to-cnt14	R = 0.029	P = .836
to-den14	R = 0.215	P = .127
tr-cnt14	R = 0.225	P = .108
cr-cnt14	R = 0.102	P = .470
cr-den14	R = 0.176	P = .212
cr-thk14	R = 0.180	P = .201
peri-c14	R = -0.114	P = .422
endo-c14	R = -0.154	P = .277
cr-den38	R = 0.100	P = .480
peri-c38	R = 0.015	P = .916
to-cnt66	R = 0.059	P = .680

bmc-ls: επιμετάλλωση οσφυϊκής μοίρας, bmc-hip: επιμετάλλωση ισχίου, bmc-neck: επιμετάλλωση αυχένα μηριαίου οστού, bmc-tro: επιμετάλλωση τροchanτήρα μηριαίου οστού, ssi14: δείκτης οστικής αντοχής στο 14% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, ssi38: δείκτης οστικής αντοχής στο 38% της κνήμης από το περιφερικό άκρο, m1m3: λόγος επιμετάλλωσης στο 4% της κνήμης προς την επιμετάλλωση στο 38% της κνήμης, tot-cnt4: συνολική επιμετάλλωση στο 4% της κνήμης, tot-den4: συνολική οστική πυκνότητα στο 4% της κνήμης, tra-cnt4: επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης, tra-den4: οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 4% της κνήμης, to-cnt14: συνολική επιμετάλλωση στο 14% της κνήμης, to-den14: συνολική οστική πυκνότητα στο 14% της κνήμης, tr-cnt14: επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης, tr-den14: οστική πυκνότητα στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης, cr-cnt14: επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, cr-den14: οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 14% της κνήμης, cr-thk14: πάχος φλοιώδους οστού στο 14% της κνήμης, peri-c14: περιοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης, endo-c14: ενδοοστική περίμετρος στο 14% της κνήμης, cr-den38: οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης, peri-c38: περιοστική περίμετρος στο 38% της κνήμης, to-cnt66: συνολική επιμετάλλωση στο 66 % της κνήμης.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συγκεκριμένη μελέτη δείχνει πως η φυσική δραστηριότητα επιδρά θετικά στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, του ισχίου, του αυχένα του μηριαίου οστού και του τροχαντήρα του μηριαίου οστού καθώς και στην επιμετάλλωση του τροχαντήρα του μηριαίου οστού σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας. Όσον αφορά τη γεωμετρία του οστού φαίνεται πως η κύρια επίδραση της φυσικής δραστηριότητας αφορά κυρίως το φλοιώδες οστό της κνήμης κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας. Συγκεκριμένα, στο 14% της κνήμης υπάρχει μία θετική επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στην επιμετάλλωση και στην οστική πυκνότητα του σπογγώδους οστού και στην οστική πυκνότητα του φλοιώδους οστού. Αντίθετα, στο 38% της κνήμης η φυσική δραστηριότητα επιδρά θετικά στη συνολική οστική πυκνότητα καθώς και στην επιμετάλλωση και το πάχος του φλοιώδους οστού.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες οι οποίες εξετάζουν την επίδραση της άσκησης και της φυσικής δραστηριότητας στην πυκνότητα και τη γεωμετρία των οστών παιδιών προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας. (Haapasalo, 1998; Heinonen, 2000; Laing, 2002; Morris, 1997; Petit, 2002). Οι περισσότερες από αυτές βρήκαν θετική επίδραση της άσκησης στην υγεία των οστών.

Παρόλα αυτά, η παρούσα μελέτη παρουσιάζει κάποιες διαφορές. Μία από τις διαφορές της παρούσας μελέτης σχετίζεται με το φύλο και την ηλικία των συμμετεχόντων. Οι προηγούμενες μελέτες είτε περιλαμβάνουν αγόρια και κορίτσια στο δείγμα τους (Bradney 1998; Fuchs 2001; Sundberg 2002; Valdimarsson 2006), ή το εύρος ηλικίας του δείγματος είναι μεγαλύτερο (Lehtonen-Veromaa, Mottonen, Nuotio, Heinonen & Vikari, 2000; Sundberg 2002). Η εκτίμηση της βιολογικής και σκελετικής ωρίμανσης είναι απαραίτητη σε επιστημονικές μελέτες στις οποίες συμμετέχουν παιδιά καθώς το εύρος ωρίμανσης ανάμεσα σε άτομα ίδιας χρονολογικής ηλικίας είναι μεγάλο. (Farr, Leel, Blew, Lohman & Going, 2010; Mirwald, Baxter-Jones, Bailey & Beunen, 2002). Επιπλέον, στη συγκεκριμένη μελέτη πήραν μέρος κορίτσια προεφηβικής ηλικίας, 11-12 ετών, τα οποία χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας (χαμηλής, μέτριας και υψηλής φυσικής δραστηριότητας). Οι τρεις ομάδες διέφεραν στη φυσική κατάσταση, φυσική δραστηριότητα και στη σωματική σύσταση ενώ δεν παρουσίασαν διαφορές

όσον αφορά την ηλικία, το επίπεδο βιολογικής ωρίμανσης και τη σκελετική ωρίμανση.

Επίσης, στη συγκεκριμένη μελέτη πήραν μέρος κορίτσια προεφηβικής ηλικίας τα οποία δε παρακολουθούσαν κάποιο οργανωμένο πρόγραμμα άσκησης. Οι περισσότερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα περιλάμβαναν παιδιά προεφηβικής ηλικίας που συμμετείχαν συστηματικά σε προγράμματα άσκησης από 1,5 έως και 20 ώρες την εβδομάδα ή ακολούθησαν κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης ή φυσικής δραστηριότητας. (Haapasalo 1998; Heinonen 2000; Laing 2002; Morris 1997). Στην παρούσα μελέτη δεν έγινε κάποια παρέμβαση με συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης αλλά καταγραφή της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας των κοριτσιών με το ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας με ανάκληση τεσσάρων διαφορετικών ημερών (ΕΦΔΑ4Η) της Cale (1993). (βλ. παράρτημα).

Οστική πυκνότητα

Σύμφωνα με τα ευρήματα της συγκεκριμένης μελέτης η αυξημένη φυσική δραστηριότητα επιδρά θετικά στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, του ισχίου, του αυχένα του μηριαίου οστού και του τροχαντήρα του μηριαίου οστού στα κορίτσια προεφηβικής ηλικίας. Παρόλα αυτά δεν παρατηρήθηκε βελτίωση όσον αφορά την επιμετάλλωση παρά μόνο στην επιμετάλλωση του τροχαντήρα του μηριαίου οστού. Θετικά αποτελέσματα βρέθηκαν και σε επιστημονικές μελέτες οι οποίες μελέτησαν την επίδραση των καθημερινών φυσικών δραστηριοτήτων, που δεν αποτελούν αθλητικές δραστηριότητες, στην οστική υγεία των παιδιών και ειδικότερα των κοριτσιών. Ο Sundlberg και συν. (2002), για παράδειγμα, βρήκαν πως τα κορίτσια και τα αγόρια προεφηβικής ηλικίας τα οποία είχαν υψηλή φυσική δραστηριότητα παρουσίασαν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα και περιεκτικότητα σε μέταλλα στον αυχένα του μηριαίου οστού σε σχέση με τα κορίτσια και τα αγόρια με χαμηλή φυσική δραστηριότητα. (Sundlberg et al., 2002). Παρόμοια ήταν και τα ευρήματα του Valdimarsson και συν. (2006) τα οποία δείχνουν πως οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στην οστική πυκνότητα των οστών των κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας που μετείχαν στην πειραματική ομάδα ήταν μεγαλύτερες από αυτές των κοριτσιών της ομάδας ελέγχου (Valdimarsson et al., 2006). Στις παραπάνω μελέτες βέβαια το δείγμα χωρίστηκε σε δύο ομάδες (ομάδα υψηλής και ομάδα χαμηλής φυσικής δραστηριότητας). Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει τρεις ομάδες φυσικής δραστηριότητας (χαμηλής μέτριας και υψηλής),

και βλέπουμε πως παρατηρούνται διαφορές στην οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης του ισχίου, του αυχένα του μηριαίου οστού και του τροχαντήρα του μηριαίου οστού ανάμεσα στην ομάδα χαμηλής και υψηλής φυσικής δραστηριότητας. Μόνο όσον αφορά την οστική πυκνότητα του ισχίου βρέθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ομάδα χαμηλής και μέτριας φυσικής δραστηριότητας. Φαίνεται λοιπόν πως ακόμη και η μέτρια φυσική δραστηριότητα μπορεί να προκαλέσει θετικές προσαρμογές στην οστική πυκνότητα.

Όσον αφορά την επιμετάλλωση των οστών δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες σε καμία από τις ανατομικές θέσεις μέτρησης. Ωστόσο, επιστημονικές μελέτες που έχουν γίνει μέχρι τώρα αναφέρουν σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα στον αυχένα του μηριαίου οστού και στην σπονδυλική στήλη σε αγόρια προεφηβικής ηλικίας σε σχέση με τις ομάδες ελέγχου (Brandey, 1998; Fuchs, 2001; MacKelvie, 2004). Αν και παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές σε αγόρια, δεν αναφέρθηκαν θετικά αποτελέσματα και στα κορίτσια προεφηβικής ηλικίας (MacKelvie, 2001; Petit, 2002). Οι παραπάνω μελέτες χρησιμοποίησαν παρόμοια παρεμβατικά προγράμματα άσκησης. Οι διαφορές που παρουσιάζουν αφορούν τη χρονική διάρκεια της παρέμβασης. Η παρέμβαση του MacKelvie το 2001 διήρκεσε είκοσι μήνες ενώ οι υπόλοιπες είχαν διάρκεια μεγαλύτερη των επτά μηνών (MacKelvie et al., 2001). Η διάρκεια των παρεμβατικών προγραμμάτων των Fuchs και Brandey είχαν διάρκεια επτά και οκτώ μήνες αντίστοιχα (Brandey, 1998; Fuchs, 2001). Πολλές επιστημονικές μελέτες δεν αναφέρουν σημαντικές διαφορές στην επιμετάλλωση των οστών ανάμεσα στα δύο φύλα (Lee & Leung, 1993; Southard, 1991). Παρόλα αυτά, μερικοί επιστήμονες βρήκαν διαφορές στην επιμετάλλωση του ισχίου και της σπονδυλικής στήλης ανάμεσα στα δύο φύλα, με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στα αγόρια, ακόμη και από την ηλικία των τεσσάρων ετών (Janz et al., 2001). Ωστόσο, το σωματικό ύψος και βάρος παρουσιάζει σημαντική θετική συσχέτιση με την επιμετάλλωση των οστών, ενώ η επιμετάλλωση των οστών σχετίζεται επίσης θετικά με την άσκηση υψηλής έντασης (Ondrak et al., 2007). Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ασαφή, άρα δεν μπορούν να εξαχθούν συγκεκριμένα συμπεράσματα.

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει την ανάπτυξη των οστών των προεφηβών είναι και η ποσότητα της άλιπης σωματικής μάζας (Schoenau et al., 2002). Η λιπώδης σωματική μάζα, επίσης, σχετίζεται με την οστική μάζα (Rauch et al., 2004). Καθώς η φυσική δραστηριότητα συμβάλλει στην αύξηση της άλιπης

σωματικής μάζας και στη μείωση του ποσοστού λίπους, είναι πιθανόν οι αυξημένες μυϊκές δυνάμεις που ασκούνται στα οστά, λόγω της αύξησης της μυϊκής μάζας, να προκαλούν θετικές προσαρμογές στην οστική πυκνότητα (Rauch 2004; Vicente-Rodriguez, 2005).

Πολλές επιστημονικές μελέτες έχουν αποδείξει την θετική επίδραση της άσκησης στα επίπεδα ορμονών που επηρεάζουν την ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος, όπως η αυξητική ορμόνη, ο ινσουλινομιμητικός παράγοντας-1 (IGF-1), οι θυρεοειδείς ορμόνες, η κορτιζόλη και η ινσουλίνη, οι οποίες επηρεάζουν με τη σειρά τους την οστική πυκνότητα του οστού. (Kokkalis, Tsalis, Tsigilis & Mougios, 2003; Kraemer & Ratamess, 2005). Αντίθετα, άλλες επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει πως ακόμη και σχετικά σύντομες περίοδοι αερόβιας άσκησης μπορεί να προκαλέσουν μείωση στα επίπεδα ηρεμίας του IGF-1 και, κατά συνέπεια, και της αυξητικής ορμόνης, σε παιδιά και ενήλικες, παρόλο που παρατηρείται αύξηση της μυϊκής μάζας. Κάτι τέτοιο σχετίζεται με καταβολική και όχι με αναβολική ορμονική λειτουργία. Μία πιθανή εκδοχή είναι ότι μία συνεδρία άσκησης θα μπορούσε να ενεργοποιήσει τις κυτοκίνες οι οποίες προκαλούν φλεγμονή και αυξάνουν την αναβολική δράση του IGF-1 και της αυξητικής ορμόνης (Cooper, Nemet & Galassetti, 2004). Ίσως λοιπόν και η φυσική δραστηριότητα να επιδρά στις ορμόνες του οργανισμού με τέτοιο τρόπο ώστε να αυξάνεται η ανάπτυξη της οστικής μάζας. Παρόλα αυτά οι μέχρι τώρα μελέτες χρησιμοποιούν συγκεκριμένα πρωτόκολλα άσκησης και όχι την καθημερινή φυσική δραστηριότητα για να εξάγουν τα συμπεράσματά τους. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται ώστε να εξεταστεί η επίδραση της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας, αλλά και της οργανωμένης συμμετοχής σε προγράμματα άσκησης, στις ορμόνες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του οστού.

Γεωμετρία οστού

Οι επιστημονικές έρευνες που μελέτησαν την επίδραση της άσκησης και της φυσικής δραστηριότητας στην γεωμετρία του οστού είναι περιορισμένες, ενώ ακόμη λιγότερες είναι αυτές που χρησιμοποίησαν τη μέθοδο περιφερικής ποσοτικής υπολογιστικής τομογραφίας (pQCT) (Heinonen et al., 2000). Οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποίησαν άλλες μεθόδους όπως η μέθοδος ποσοτικής υπολογιστικής τομογραφίας (QCT) και άλλες μη επεμβατικές απεικονιστικές μεθόδους της μικροαρχιτεκτονικής του οστού (HRCT, HAS, HAS, BMAD) (MacKelvie, 2004; MacKelvie, 2003; MacKelvie, 2001; Morris, 1997; Petit, 2002;).

Τα ευρήματα της συγκεκριμένης μελέτης οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αυξημένη φυσική δραστηριότητα σχετίζεται με αυξημένη πυκνότητα και επιμετάλλωση καθώς και βελτίωση γεωμετρικών χαρακτηριστικών κυρίως όσον αφορά την πυκνότητα του φλοιώδους οστού της κνήμης κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας. Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν πως η αύξηση στο φλοιώδες οστό και στην πυκνότητα του φλοιώδους οστού είναι περισσότερο πιθανό να οφείλονται σε προσαρμογές που λαμβάνουν χώρα στην ενδοοστική περίμετρο του οστού παρά στην περιοστική. Ο Bass και συν. (1998) σε μία μελέτη για την επίδραση της άσκησης υψηλής έντασης σε αθλητές της γυμναστικής αναφέρουν μεταβολές στην ενδοοστική περίμετρο του οστού και όχι στην περιοστική (Bass et al., 1998). Παρόμοια ο Bass και συν. σε έρευνα στην οποία πραγματοποίησαν σε αθλητές του τένις αναφέρουν πως η αυξημένη πυκνότητα στο φλοιώδες οστό του δυνατού χεριού οφείλεται στην αύξηση της ενδοοστικής περιμέτρου του οστού και όχι της περιοστικής (Bass, Saxon, Daly & Stuckey, 2000). Αντίθετα οι Jones και συν. (1997) αναφέρουν μεγαλύτερη συνεισφορά της περιοστικής περιμέτρου του οστού στην οστική πυκνότητα στο φλοιώδες οστό παρά της ενδοοστικής ενώ κάτι ανάλογο δείχνει και η μελέτη του Haapasalo και συν. (Haapasalo, 1996; Jones, Priest, Hayes, Tichenor & Nagel 1997). Περαιτέρω επιστημονική έρευνα απαιτείται για την αποσαφήνιση του μηχανισμού με τον οποίο η άσκηση επηρεάζει τη δραστηριότητα των κυττάρων στην ενδοοστική περίμετρο.

Αν η άσκηση μειώνει τη συχνότητα ενεργοποίησης της λειτουργίας οστικής αναδόμησης αυτό μπορεί να προκαλεί μείωση στο εύρος της επιφάνειας οστικής αναδόμησης και, επομένως, αύξηση του πάχους του φλοιώδους οστού (Seeman, 2002). Παρόλα αυτά στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ενδοοστική περίμετρο του οστού μόνο στο 66% της κνήμης ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία από τις υπόλοιπες ανατομικές θέσεις που μετρήθηκαν με τη μέθοδο pQCT. Στη συγκεκριμένη ανατομική θέση, όμως, η αναλογία μυϊκής επιφάνειας και επιφάνειας οστού είναι μεγάλη, γεγονός που μπορεί να επηρεάζει τα αποτελέσματα της μέτρησης (Τουρνής και συν., 2005). Ωστόσο, οι παραπάνω μελέτες μελέτησαν την επίδραση ενός συγκεκριμένου πρωτόκολλου άσκησης στη γεωμετρία του οστού και όχι της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας σε αγόρια και κορίτσια ηλικίας από 9-20 ετών. Μία άλλη διαφορά της παρούσας μελέτης από τις προηγούμενες είναι ότι πάρθηκαν μετρήσεις σε τέσσερα διαφορετικά σημεία του οστού της κνήμης (στα 4%, 14%, 38%

και 66%). Παρ' όλα αυτά, σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στην πυκνότητα και επιμετάλλωση καθώς και βελτίωση γεωμετρικών χαρακτηριστικών κυρίως όσον αφορά την πυκνότητα του φλοιώδους οστού της κνήμης στο 14%, στο 38% και το 66% της κνήμης. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το άνω τμήμα της κνήμης αποτελείται από μεγαλύτερο ποσοστό φλοιώδες οστού.

Αντίστοιχα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη στο σπογγώδες οστό. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν ανάμεσα στην ομάδα υψηλής και χαμηλής φυσικής δραστηριότητας όσον αφορά την οστική πυκνότητα και την επιμετάλλωση στο σπογγώδες οστό στο 14% της κνήμης. Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες παρατήρησαν σημαντικές θετικές επιδράσεις στον αυχένα του μηριαίου οστού και στην σπονδυλική στήλη γεγονός που αποδίδεται ίσως στην μεγαλύτερη περιεκτικότητα της συγκεκριμένης ανατομικής θέσης σε σπογγώδες οστό. Παρόλα αυτά απαιτείται περισσότερη επιστημονική μελέτη με τη χρησιμοποίηση νέων τεχνικών μεθόδων όπως η μέθοδος pQCT (Hind et al., 2007).

Τι σημαίνουν όλα αυτά για την υγεία του οστού; Είναι γνωστό μήπως αν η φυσική δραστηριότητα κατά την προεφηβική ηλικία συμβάλλει στην ανάπτυξη περισσότερο υγιών οστών; Και αν ναι, ο ανθρώπινος σκελετός παραμένει λιγότερο εύθραυστος μετά από χρόνια καθιστικής ζωής; Είναι πλέον γνωστό πως η έλλειψη συστηματικής άσκησης και φυσικής δραστηριότητας στην παιδική, προεφηβική και εφηβική ηλικία έχει αρνητική επίδραση στην οστική πυκνότητα και αυξάνει σημαντικά τις πιθανότητες εμφάνισης της οστεοπόρωσης στη μετέπειτα ζωή καθώς και τις πιθανότητες καταγμάτων από πτώσεις (Broe et al., 2000). Παρόλα αυτά είναι σαφές πως απαιτείται περισσότερη έρευνα τόσο για την αποσαφήνιση των μηχανισμών με τους οποίους η φυσική δραστηριότητα αυξάνει την αντοχή και την υγεία των οστών όσο και για την συγκεκριμενοποίηση της ποσότητας και του είδους φυσικής δραστηριότητας που απαιτείται για να υπάρξουν θετικές επιδράσεις.

Η επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στην υγεία του οστού

Περίπου ένα ποσοστό 30-50% των γυναικών θα υποστούν κάποια στιγμή στη ζωή τους ένα κάταγμα σαν αποτέλεσμα της οστεοπόρωσης. Ωστόσο, ένα ποσοστό 50-75% όλων των καταγμάτων συμβαίνουν σε άτομα τα οποία δεν ανήκουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου για κατάγματα, αλλά οφείλονται σε εκφυλισμούς που συμβαίνουν στην οστική μάζα. Η χρήση φαρμάκων μπορεί να αποβεί αποτελεσματική για την

πρόληψη των καταγμάτων στις γυναίκες υψηλού κινδύνου λόγω της οστεοπόρωσης αλλά η λύση για τον υπόλοιπο πληθυσμό παραμένει αδιευκρίνιστη (Seeman, 2002). Επομένως, πρέπει να βρεθούν άλλες μέθοδοι μείωσης των καταγμάτων. Από όλους του πιθανούς παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία των οστών κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου, όπως διατροφή, κάπνισμα, άσκηση, η άσκηση και η φυσική δραστηριότητα είναι αυτές που δίνουν τις περισσότερες πιθανότητες για μία ανέξοδη και αποτελεσματική μείωση των καταγμάτων.

Η αύξηση στην οστική πυκνότητα που παρατηρήθηκε σε κάποιες επιστημονικές μελέτες (Forwood & Burr, 1993) μπορεί να οφείλεται στην μείωση της επιφάνειας αναδόμησης του οστού. Δεν είναι γνωστό αν η άσκηση, και ακόμη περισσότερο η φυσική δραστηριότητα, αυξάνει το πάχος του φλοιώδους και του σπογγώδους οστού, την περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα ή την οστική πυκνότητα στους ενήλικες.

Η άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία, ωστόσο, προκαλεί τα μεγαλύτερα οφέλη στην μάζα και τη γεωμετρία του οστού. (Kannus et al., 1995). Μελέτες σε αθλητές δείχνουν σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα και γεωμετρία των ασκούντων μελών. Αυτές οι μεταβολές είναι αποτέλεσμα προσαρμογών που προκλήθηκαν στην οστική μάζα, στο μέγεθος και τη γεωμετρία του οστού. (Haapasalo, 1996; Jones, 1997; Kannus, 1995)

Παρόλο που υπάρχουν πολλές επιστημονικές μελέτες που δείχνουν ότι οι αθλητές έχουν μεγαλύτερη οστική μάζα, τι προσαρμογές προκαλεί η απλή φυσική δραστηριότητα; Η στατιστικά σημαντική συσχέτιση που βρέθηκε στην παρούσα μελέτη ανάμεσα στη φυσική δραστηριότητα και στο φλοιώδες οστό στο 66% της κνήμης, στο πάχος του φλοιώδους οστού στο 38% και 66% της κνήμης και στην επιμετάλλωση στο φλοιώδες οστό στο 38% της κνήμης μπορεί να σημαίνει μία αυξημένη αντοχή του οστού στα κατάγματα. Μία μειωμένη πιθανότητα κατάγματος μπορεί να σημαίνει και η θετική συσχέτιση ανάμεσα στη φυσική δραστηριότητα και την οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας, του ισχίου, του αυχένα και του τροχαντήρα του μηριαίου οστού.

Παρόμοια ευρήματα παρατηρήθηκαν και από τον Fuchs και συν. (2001) οι οποίοι παρατήρησαν μία αύξηση στην οστική πυκνότητα του αυχένα του μηριαίου οστού αγοριών και κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας (Fuchs et al., 2001). Επίσης, σε μία μελέτη του σε αγόρια προεφηβικής ηλικίας ο Bradney και συν. (1998) βρήκαν αυξημένη οστική πυκνότητα στο μηριαίο οστό, η οποία οφείλεται σε μείωση της

επιφάνειας αναδόμησης του οστού (Bradney et al., 1998). Τα παραπάνω ευρήματα ίσως ενισχύονται και από την στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση που βρέθηκε στην παρούσα μελέτη ανάμεσα στη φυσική δραστηριότητα και την ενδοοστική περίμετρος στο 38% και στο 66% της κνήμης και την περιοστική περίμετρος στο 66% της κνήμης. Παρόλα αυτά ο Bass και συν. (2000) αναφέρουν αυξημένη ενδοοστική και περιοστική επιφάνεια στο δυνατό χέρι αθλητών τένις προεφηβικής ηλικίας (Bass et al., 2000). Οι διαφορές αυτές που παρατηρούνται μεταξύ των ευρημάτων των παραπάνω επιστημονικών ερευνών πιθανόν να οφείλονται στις διαφορετικές μεθόδους μέτρησης και στα διαφορετικά ανατομικά σημεία στα οποία έγιναν οι μετρήσεις των μεταβλητών που αφορούν την πυκνότητα και τη γεωμετρία του οστού.

Φαίνεται λοιπόν πως η υψηλή, και λιγότερο ίσως η μέτρια, φυσική δραστηριότητα επιφέρει θετικές επιδράσεις στον αναπτυσσόμενο σκελετό αυξάνοντας την οστική πυκνότητα και παραμέτρους που αφορούν τη γεωμετρία των οστών σε κορίτσια προεφηβικής ηλικίας και, επομένως, αυξάνοντας την αντοχή και την υγεία των οστών. Αν αυτές οι προσαρμογές παραμένουν και μετά τη διακοπή της φυσικής δραστηριότητας και κατά την ενηλικίωση είναι ένα ερώτημα που χρειάζεται περαιτέρω επιστημονική έρευνα. Παρόλο όμως που οι μακροχρόνιες προσαρμογές της φυσικής δραστηριότητας στην υγεία των οστών παραμένουν άγνωστες, η μεγιστοποίηση της μέγιστης οστικής μάζας είναι πιθανό να συμβάλλει στην μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης της οστεοπόρωσης και της πιθανότητας καταγμάτων σε ομάδες χαμηλού ή μέτριου κινδύνου για κατάγματα. Επειδή το 26% της οστικής πυκνότητας μίας ενήλικης γυναίκας αναπτύσσεται στην ηλικία των 11,5-13,5 ετών, ποσοστό που είναι ίσο με το ποσοστό απώλειας της οστικής μάζας μετά την εμμηνόπαυση, η προεφηβική ηλικία ίσως αποτελεί μία πολύ σημαντική περίοδο επίδρασης στην ανάπτυξη της οστικής μάζας μέσω της φυσικής δραστηριότητας (Valdimarsson et al., 2006). Η διάρκεια της ανάπτυξης φαίνεται να αποτελεί ίσως τη μοναδική ευκαιρία θετικής επίδρασης της άσκησης στην ανάπτυξη της οστικής μάζας και γεωμετρίας αφού η άσκηση κατά την ενήλικη ζωή μειώνει το ρυθμό απορρόφησης της οστικής μάζας παρά συμβάλλει στην αύξησή της (Seeman, 2002). Παρόλα αυτά, περισσότερη επιστημονική έρευνα απαιτείται η οποία να εστιάζει το δείγμα της σε μικρότερο ηλικιακό εύρος, στο ένα από τα δύο φύλα, στην απλή αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας και να χρησιμοποιεί νέες μεθόδους μέτρησης της οστικής πυκνότητας και γεωμετρίας (DXA, pQCT) καθώς και

συγκεκριμένα και περισσότερα ανατομικά σημεία μέτρησης των αντίστοιχων μεταβλητών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν πως η υψηλή, και λιγότερο ίσως η μέτρια, καθημερινή φυσική δραστηριότητα, η οποία δεν αποτελεί μέρος ενός συστηματικού προγράμματος άσκησης, επιφέρει θετικές επιδράσεις στον αναπτυσσόμενο σκελετό.

Η αυξημένη φυσική δραστηριότητα επιδρά θετικά στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, του ισχίου, του αυχένα του μηριαίου οστού και του τροchanτήρα του μηριαίου οστού στα κορίτσια προεφηβικής ηλικίας. Παρόλα αυτά, όσον αφορά την επιμετάλλωση των οστών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες σε καμία από τις ανατομικές θέσεις μέτρησης σαν αποτέλεσμα της αυξημένης καθημερινής φυσικής δραστηριότητας.

Η αυξημένη φυσική δραστηριότητα σχετίζεται με αυξημένη πυκνότητα και επιμετάλλωση καθώς και βελτίωση γεωμετρικών χαρακτηριστικών κυρίως όσον αφορά την πυκνότητα του φλοιώδους οστού της κνήμης κοριτσιών προεφηβικής ηλικίας. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν ανάλογα αποτελέσματα και για το σπογγώδες οστό.

Η αναπτυξιακή ηλικία φαίνεται να αποτελεί τη μοναδική ευκαιρία θετικής επίδρασης της άσκησης στην ανάπτυξη της οστικής μάζας και γεωμετρίας. Περαιτέρω, η μεγιστοποίηση της μέγιστης οστικής μάζας είναι πιθανό να συμβάλλει στην μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης της οστεοπόρωσης και της πιθανότητας καταγμάτων σε ομάδες χαμηλού ή μέτριου κινδύνου για κατάγματα στη μετέπειτα ζωή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Afghani, A., Xie, B., Wiswell, RA. (2003). Bone mass of Asian adolescents in China: influence of physical activity and smoking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 720-729.
- American College of Sports Medicine (2000). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins.
- Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., Proncenzi, L., Tarantino, U., De Lorenzo, A. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 507-511.
- Argiropoulou, EC., Michalopoulou, M., Aggeloussis, N., Avgerinos, A. (2004). Validity and reliability of physical activity measures in Greek high school age children. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3(3), 147-159.
- Aurbach, GD., Marx, SI., Spiegel, AM. (1992). Parathyroid hormones, calcitonin and the calciferols. *Williams textbook of endocrinology*, Philadelphia: WB Saunders.
- Augat, P., Fuerst, T., Genant, HK. (1998). Quantitative bone mineral assessment of the forearm: a review. *Osteoporosis International*, 8, 299-310.
- Baltas, CS., Balanika, AP., Raprou, PD., Tournis, S., Lyritis, GP. (2005). Hellenic foundation of osteoporosis for the management of osteoporosis based on DXA result. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interact*, 5(4), 388-392.
- Baron. RE. (1996). *Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism*. 3rd edition. Philadelphia: Lippincott-Raven.

- Barr, SI., McKay, HA. (1998). Nutrition, exercise and bone status youth. *International Journal of Sport & Nutrition* 8(2), 124-142.
- Bass, S. Saxon, L, Daly, R, Stuckey, S. (2000) Heterogeneity in the maturity dependent osteotropic response to exercise. *Journal of Bone Mineral Research*, 15, S558.
- Bass, S., Delmas, PD., Pearce, G. (1999). The differing tempo of growth in bone size, mass, and density in girls is region- specific. *Journal of Clinical Investigation*, 104(6), 795-804.
- Bass, S., Pearce, G., Bradney, M., Hendrich, E., Delmas, PD., Harding, A., Seeman, E. (1998). Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *Journal of bone & mineral research*, 13, 500-507.
- Blimkie, CJ., Rice, S., Webber, CE., Martin, J., Levy, D., Gordon, CL. (1996). Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 74, 1025–1033.
- Boot, AM., Ridder, MA., Pols, HA. (1997). Bone mineral density children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 82(1), 57-62.
- Borer, KT. (2005). Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Medicine*, 35(9), 779-830.
- Bradney, M., Pearce, G., Naughton, G., Sullivan, C., Bass, S., Beck, T., Carlson, J., Seeman, E. (1998) Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, volumetric density and bone strength: a controlled prospective study. *Journal of Bone Mineral Research*, 13(12), 1814–1821.

- Broe, KE., Hannan, MT., Kiely, DK. (2000). Predicting fractures using bone mineral density: prospective study of long-term care residents. *Osteoporosis International*, 11, 765-771.
- Cale, L. (1993). *Monitoring physical activity in children*. Unpublished Doctoral Dissertation, Loughborough University of Technology. Loughborough, USA
- Carmeliet, G., Vico, L., Bouillon, R. (2001). Space flight: a challenge for normal bone homeostasis. *Critical Reviews Eukaryotic Gene Expression*. 11, 131-144.
- Charopoulos, I, Tournis, S, Trovas, G, Raptou, P, Kaldrymides, P, Skarandavos, G, Katsalira, K, Lyritis, GP. (2006) Effect of Primary Hyperparathyroidism on Volumetric Bone Mineral Density and Bone Geometry Assessed by Peripheral Quantitative Computed Tomography in Postmenopausal Women. *Journal of Clinical Endocrinological Metabolism*, 91, 1748-1753.
- Cooper, DM, Nemet, D., Galassetti, P. (2004). Exercise, stress and inflammation in the growing child: from the bench to the playground. *Current Opinion in Pediatrics*, 16, 286-292.
- Cordey, J., Schneider, M., Belendez, C. (1992). Effect of bone size, not density, on the stiffness of the proximal part of normal and osteoporotic human femora. *Journal of Bone Mineral Research*, 2, S437-S444.
- Daly, RM. (2007). The effect of exercise on bone mass and structural geometry during growth. *Medicine & Sports Science*, 51, 33-49.
- Daly, RM., Stenevi-Lundgren, S., Linden, C., Karlsson, MK. (2008). Muscle Determinants of Bone Mass, Geometry and Strength in Prepubertal Girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 1137-1143.
- Daly, RM., Rich, PA., Klein, R. (1997). Influence of high impact loading on ultrasound bone measurements in children: a cross-sectional report. *Calcified Tissue International*, 60(5), 401-404.

- Deftos, L.J., Roos, B.A., Oates, E.L. (1999). *Calcitonin*. 4th edition Philadelphia: Williams and Wilkins.
- Dook, J.E., James, C., Henderson, N.K., Price, R.I. (1997). Exercise and bone mineral density in mature female athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(3), 291–296.
- Dyson, K., Blimkie, C.J., Davison, K.S., Webber, C.E., Adachi J.D. (1997). Gymnastic training and bone density in pre-adolescent females. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29, 443-450.
- Farr, J.N., Lee, V.R., Blew, R.M., Lohman, T.G., Going, S.B. (2010). Quantifying Bone-Relevant Activity and its Relation to Bone Strength in Girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Ahead of Print.
- Faulkner, R.A., Bailey, D.A., (2007). Osteoporosis: A Pediatric Concern? *Medicine & Sports Science*, 51, 1-12.
- Forwood, M.R., Burr, D.B. (1993). Physical activity and bone mass: Exercises in futility? *Bone Mineral*, 21, 89–112.
- Frost, H.M. (1995). Perspectives on a “paradigm shift” developing in skeletal science. *Calcified Tissue International*, 56, 1-4.
- Frost, H.M. (1990). Skeletal structural adaptations to mechanical usage. Redefining the Wolff’s law: The bone remodeling problem. *Anatomy Research*, 226(4), 403-413.
- Frost, H.M. (1987). The mechanostat: A proposed pathogenetic mechanism of osteoporoses and bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents. *Bone Mineral*, 2, 73-85.

- Fuchs, RK., Bauer, JJ., Snow, C. (2001). Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomised controlled trial. *Journal of Bone Mineral Research*, 16(1), 148-156.
- Gonai, I., Nonaka, K., Kishimoto, H. (2001). Cut-off values for vertebral fracture by peripheral quantitative computed tomography in Japanese women. *Osteoporosis International*, 12, 741-748.
- Greulich, W., Pyle, S. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. Stanford - California: Stanford University Press.
- Gross, TS., Srinivasan, S., Liu, CC, Clemens, TL., Bain, SD. (2002). Noninvasive loading of the murine tibia: an in vivo model for the study of mechanotransduction. *Journal of Bone Mineral Research*, 17, 493-501.
- Gross, TS., Rubin, CT. (1995). Uniformity of resorptive bone loss induced by disuse. *Journal of Orthopedic Research*, 13, 708-714.
- Gustavsson, A., Thorsen, K., Nordstrom, P. (2003). A 3-year longitudinal study of the effect of physical activity on the accrual of bone mineral density in healthy adolescent males *Calcified Tissue International*, 73, 108-114.
- Haapasalo, H., Kontulainen, S., Sievanen, H., Kannus, P., Jarvinen, M., Vuori, I. (2000). Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone*, 27: 351-357.
- Haapasalo, H, Kannus, P, Sievanen, H. (1998). Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *Journal of Bone Mineral Research*, 13, 310-319.
- Haapasalo, H., Sievanen, H., Kannus, P., Heinonen, A., Oja, P., Vuori, I. (1996). Dimensions and estimated mechanical characteristics of the humerus after long-term tennis loading. *Journal of Bone Mineral Research*, 11, 864-872.

- Harris, WH., Heaney, RP. (1969). Skeletal renewal and metabolic bone disease. *New England Journal of medicine*, 280, 193-202.
- Heaney, RJ. (1999). *Nutrition and Osteoporosis. 3rd edition*. Philadelphia: Williams and Wilkins.
- Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M., Vuori, I. (2000). Highimpact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporosis International*, 11, 1010–1017.
- Heyward, VH., Stolarczyk, LM. (1996). *Applied body composition assessment*. Champaign IL. Human Kinetics.
- Hind, K., Burrows, M. (2007). Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled trials. *Bone*, 40, 14-27.
- Iuliano-Burns, S., Saxon, L., Naughton, G., Gibbons, K., Bass, SL. (2003). Regional specificity of exercise and calcium during skeletal growth in girls: a randomised controlled trial. *Journal of Bone Mineral Research*, 18(1), 156–162.
- Janz, KF., Burns, TL., Torner, JC. (2001). Physical activity and bone measures in young children: the Iowa bone development study. *Paediatrics* 107(6), 1387-1393.
- Johansson, AG., Forslund, A., Hambræus, L. (1994). Growth hormone-dependent insulin-like factor binding protein is a major determinant of bone mineral density in healthy men. *Journal of Bone Mineral Research*, 9, 915-921.
- Jones, G., Riley, MD., Whiting, S. (2001). Association between urinary potassium, urinary sodium, current diet and bone density in prepubertal children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73(4), 839-844.
- Jones, HH, Priest, JD, Hayes, WC, Tichenor, CC, Nagel, DA. (1997). Humeral hypertrophy in response to exercise. *American Journal of Bone Joint Surgery*, 59, 204–208.

- Kannus, P., Haapasalo, H., Sankelo, M., Sievanen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., Oja, P., Vuori, I. (1995). Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Annual International Medicine*, 123, 27-31.
- Khan, K., McKay, H., Kannus, P., Bailey, D., Wark, J., Bennell, K. (2001). *Physical Activity and Bone Health*. USA: Human Kinetics.
- Khan, KM., Bennell, KL., Hopper, JL., Flicker, L., Nowson, CA., Sherwin AJ. (1998). Self-reported ballet classes undertaken at age 10–12 years and hip bone mineral density in later life. *Osteoporosis International*, 8(2), 165–173.
- Kokalas, N., Tsalis, G., Tsigilis, N., Mougios, V. (2004). Hormonal responses to three training protocols in rowing. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 128–132.
- Kontulainen, SA., Hughes, JM., Macdonald, HM., Johnston, JD. (2007). The Biomechanical Basis of Bone Strength Development during Growth. *Medicine & Sports Science*, 51, 13-32.
- Kraemer, WJ. & Ratamess NA. (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361.
- Krekoukia, M, Nassisa, GP, Psarra, G, Skenderi, K, Chrousos, GP, and Sidossis, LS. (2007). Elevated total and central adiposity and low physical activity are associated with insulin resistance in children. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 56, 206–213.
- Lanyon, LE. (1987). Functional strain in bone tissue as an objective, and controlling stimulus for adaptive bone remodeling. *Journal of Biomechanics*, 20, 1083-1093.
- Lanyon, LE. (1996). Relationship with estrogen of the mechanical adaptation process in bone. *Bone*, 18, 375-435.



- Lee, HS., Jessop, H., Suswillo, R., Zaman, G., Lanyon, L. (2003). Endocrinology: bone adaptation requires estrogen receptor-alpha. *Nature*, 424: 389.
- Lee, WT., Leung SS. (1993). Bone mineral content of two populations of Chinese children with different calcium intakes. *Bone Mineral*, 23(3), 195-206.
- Lehtonen-Veromaa, M., Mottonen, T., Nuotio, I., Heinonen, OJ., Viikari, J. (2000). Influence of physical activity on ultrasound and dual-energy X-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: a cross-sectional study. *Calcified Tissue International*, 66, 248-254.
- Liskova, M., Hert, J. (1971). Reaction of bone to mechanical stimuli: Part 2. periosteal and endosteal reaction to tibia diaphysis in rabbit to intermittent loading. *Folia Morphology (Prada)*, 19, 301-317.
- Lloyd. T., Chinchilli. VM., Egli DF. (1998). Body composition development of adolescent white females the Penn State Young Women's Health Study. *Archive of Paediatrics and Adolescent Medicine*, 152, 998-1002
- MacKelvie, KJ., Petit, MA., Khan KM., Beck TJ., McKay, HA. (2004). Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomised controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone*, 34(4), 755-764.
- MacKelvie, KJ., Khan, KM., Petit, MA., Janssen, PA., McKay, HA. (2003). A school-based exercise intervention elicits substantial bone health benefits: a 2-year randomize controlled trial in girls. *Pediatrics*, 112, e447
- MacKelvie, KJ., McKay, HA., Khan, KM., Crocker, PRE. (2001). A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *Journal of Paediatrics*, 139, 501-508.
- Marcus, R., Feldman, D., Kelsey, J. (1996). Osteoblast Biology. *In Osteoporosis*. San Diego, CA, USA: Academic Press, (pp 3-22).

- Martin, T.J., Findlay, D.M., Moseley, J.M. (1996). Peptide hormones acting on bone. *In Osteoporosis*. San Diego, CA, USA: Academic Press, (pp185-204).
- Matkovic, V., Ilich, J.Z., Andon, M.B., Hsieh, L.C., Tzagournis, M.A., Lagger, B.J., Goel PK. (1995). Urinary calcium, sodium, and bone mass of young females. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 417-425.
- Mauras, N., Blizzard, R.M., Link, K. (1987). Augmentation of growth hormone secretion during puberty: evidence for a pulse amplitude-modulated phenomenon. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 27, 596-60.
- Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D., Bailey, D.A., Beunen, G.P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-94.
- Molgaard, C., Thomsen, B.L., Prentice, A. (1997). Whole body bone mineral content in healthy children and adolescents. *Archives of Disease in Childhood*. 76, 9-15.
- Morris, F.L., Naughton, G., Gibbs, J.L., Carlson, J.S., Wark, J.D. (1997). Prospective ten-month exercise intervention in premenarchal girls: positive effects on bone and lean mass. *Journal of Bone Mineral Research*, 12(9), 1453-1462.
- Nichols, D.L., Sanborn C.F., Love A.M. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *Journal of Paediatrics*, 139, 494-500.
- Nilsson, A., Ohlsson, C., Isaksson, O., Lindahl, A., Isgaard, J. (1994). Hormonal regulation of longitudinal bone growth. *European Journal of Clinical Nutrition*. 48, S150-S158.
- O'Connor, P.J., Lanyon, L.E., Macfie, H. (1982). The influence of strain rate on adaptive bone remodelling. *Journal of Biomechanics*, 15, 767-781.

- Ondrak, SK., Morgan, DW. (2007). Physical activity, calcium intake and bone health in children and adolescents. *Sports Medicine*, 37(7), 587-600.
- Oursler, MJ., Kassem, M., Turner R. (1996). Regulation of bone cell function by gonadal steroids. In *Osteoporosis*. San Diego, CA, USA: Academic Press, (pp237-260).
- Parfitt, AM. (1984). Age-related structural changes in trabecular and cortical bone: cellular mechanisms and biomechanical consequences. *Calcified Tissue International*, 36, 123-128.
- Petit. MA., McKay. HA., MacKelvie. KJ., Heinonen. A., Khan. KM., Beck. TJ. (2002). A randomised school-based jumping intervention confers site and maturity specific benefits on one structural properties in girls: a hip structural analysis study. *Journal of Bone Mineral Research*, 17, 363-372.
- Rauch, F., Bailey, D., Baxter-Jones, A., Miwald, R., Faulkner, R. (2004). The muscle-bone unit during the pubertal growth spurt, *Bone*, 34, 771-775.
- Reid, IR. (1998). Glucocorticoid effect on bone. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 83, 1860-1862.
- Reilly, D., Burnstein, A. (1974). The mechanical properties of cortical bone. *Journal of Bone Joint Surgery*, 56a, 1001-1022.
- Riggs, BL., Khosla, S., Melton, LJ. (2002). Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocrinological Review*, 23, 279-302.
- Rubin, CT., Lanyon, LE. (1985). Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcified Tissue International*, 37, 411-417.
- Rubin, CT., Lanyon, LE. (1984). Regulation of bone formation by applied dynamics loads. *Journal of Bone Joint Surgery*, 66a, 397-402.

- Rubin, CT., Lanyon LE. (1984). Dynamic strain similarity in vertebrates: an alternative to allometric limb bone scaling. *Journal of Theoretical Biology*, 107, 321-327.
- Rubin, K., Schirduan, V., Gendreau, P (1993). Predictors of axial and peripheral bone mineral density in healthy children and adolescents, with special attention to the role of puberty. *Journal of Paediatrics*, 123 (6), 863-70.
- Rubin, J., Rubin, C., Jacobs, CR. (2006). Molecular pathways mediating mechanical signalling in bone. *Gene*, www.sciencedirect.com.
- Ruiz, JC., Mandel, C., Garabedian, M. (1995) Influence of spontaneous calcium intake and physical exercise on the vertebral and femoral bone mineral density of children and adolescents. *Journal of Bone Mineral Research*, 10(5), 675-82.
- Russo, CR., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Di Iorio, A., Volpato, S., Guralnik, JM., Harris, T., Ferrucci L. (2003). Aging bone in men and women: beyond changes in bone mineral density. *Osteoporosis International*, 14, 531-538.
- Saxon, LK., Turner, CH. (2005). Estrogens receptor beta: the antimechanostat. *Bone*, 36, 185-192.
- Schneider, P., Borner, W. (1991). Periphere quantitative Computertomographie QCT-Scanner. *Fortschr Roentgenstr*, 154, 178-182.
- Schoenau, E, Neu, C, Beck, B, Manz, F, Rauch, F. (2002). Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *Journal of Bone Mineral Research*, 17, 1095-1101.
- Seeman, E. (2002). An exercise in geometry. *Journal of bone & mineral research*, 17(3), 373-380
- Slaughter, M, Lohman, T, Boileau, R, (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Humman Biology*, 60, 709 – 23.

- Southard, RN., Morris JD., Mahan JD. (1991). Bone mass in healthy children measurement with quantitative DXA. *Radiology*, 179(3), 735-8.
- Spector, TD., Keen, RW., Arden, NK. (1995). Influence of vitamin D receptor genotype on bone mineral density in postmenopausal women: A twin study in Britain. *British Medicine Journal*, 310, 1357-1360.
- Stear, SJ., Prentice, A., Jones SC., Cole TJ. (2003). Effect of a calcium and exercise intervention on the bone mineral status of 16–18-y-old adolescent girls. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77(4), 985–992.
- Sundberg, M., Gardsell, P., Johnell, O., Karlsson, MK., Ornstein, E., Sandstedt, B., Sernbo, I. (2002). Physical activity increases bone size in prepubertal boys and bone mass in prepubertal girls: A combined cross-sectional and 3-year longitudinal study. *Calcified Tissue International*, 71, 406–415.
- Sundberg, M., Gardsell, P., Johnell, O., Karlsson, MK., Ornstein, E., Sandstedt, B. (2001). Peripubertal moderate exercise increases bone mass in boys but not in girls: a population-based intervention study. *Osteoporosis International*, 12, 230–238.
- Suwanwalaikorn, S., Baran, D. (1996). Thyroid hormone and the skeleton. In *Osteoporosis*. San Diego, CA, USA: Academic Press, (pp 855-861).
- Tanner JM. (1962). *Growth at adolescence*. 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Τουρνής, Σ., Μπαλτάς, Χ., Μπαλανίκα, Α., Φαβίου, Ε., Δήμου, Π., Ράπτου, Π., Δημητρίου, Π., Λυρίτης, Γ.Π. (2005). *Εργαστηριακή προσέγγιση της οστεοπόρωσης και ποιοτική διασφάλιση των μετρήσεων*. Αθήνα: Ελληνικό Ίδρυμα Οστεοπόρωσης.
- Valdimarsson, O., Linden, C., Johnell, O. Gardsell, P., Karlsson, MK. (2006). Daily physical education in the school curriculum in prepubertal girls during 1 year is

followed by a increase in bone mineral accrual and bone width – Data from the prospective Malmo Pediatric osteoporosis prevention study. *Calcified Tissue International*, 78, 65-71.

Vanderschueren, D., Venken, K., Ophoff, J., Bouillon, R., Boonen, S. (2006). Clinical review: sex steroids and periosteum-reconsidering the roles. *Journal of Clinical Endocrinological Metabolism*, 91, 378-382.

Vicente-Rodriguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth?. *Sports Medicine*, 36(7), 561-569.

Vicente-Rodriguez, G, Ara, I, Perez-Gomez, J. (2005). Muscular development and physical activity are major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 611-616.

Vicente-Rodriguez, G, Ara, I, Perez-Gomez, J. (2004). High femoral bone mineral density accretion in prepubertal football players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 1789-1795.

Whalen, R., Carter, D., Steele, C. (1988). Influence of physical activity in the regulation of bone density. *Journal of Biomechanics*, 21, 825-837

Witzke, KA., Snow, CM. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1051–1057.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

1^η /2^η ΣΧΟΛΙΚΗ ΗΜΕΡΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ

ΣΧΟΛΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΡΩΤΟ - ΤΟ ΠΡΩΙ

1. Τι ώρα ξύπνησες εχθές

π.μ.

2. Πως πήγες στο σχολείο εχθές

(Απλά ανέφερε το βασικό τρόπο που πηγαίνεις εκεί)

ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ

ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ

ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

ΠΟΔΗΛΑΤΟ

ΑΛΛΟ

(Αν είναι άλλο, τι ήταν αυτό)

3. Πόσο διάρκεσε η διαδρομή προς το σχολείο

λεπτά

ΤΟ ΠΡΩΙ

ΧΘΕΣ ΤΟ ΠΡΩΙ ΠΡΙΝ ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

4. Έκανες κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες

Είδα τηλεόραση

Άκουσα μουσική

Μίλησα με φίλους

5. Έκανες κάποιες ελαφριές οικιακές μικροδουλειές, έπλυνες τα πιάτα, συγύρισες κτλ.
 Αν ναι, για πόση ώρα

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ
 Ώρες Λεπτά

Ελαφριές οικιακές μικροδουλειές

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

6. Έκανες κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες. Αν ναι, για πόση ώρα

"Λαχάνιασες και φούσκωσες

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ
 "Λαχάνιασα & Φούσκωσα"

Ώρες Λεπτά

Ναι Όχι

Έπαιξα ποδόσφαιρο στην αυλή

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Έπαιξα άλλες αθλοπαιδιές στην αυλή

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Έπαιξα κυνηγητό/ παιχνίδια καταδίωξης στην αυλή

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

7. Έκανες κάποια άλλη δραστηριότητα
 Αν ναι, ποια

"Λαχάνιασα & Φούσκωσα"

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ
 Ώρες Λεπτά

Ναι Όχι

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

8. Είχατε χθες γυμναστική

ΝΑΙ

ΟΧΙ

9. Αν ναι, κάνατε κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ				"Λαχάνιασα & Φούσκωσα"	
	Ώρες	Λεπτά			Ναι	Όχι
Μπάσκετ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Βόλεϋ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Γυμναστική	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Τρέξιμο	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ποδόσφαιρο	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Χορός	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Κάποια άλλη δραστηριότητα

Αν ναι, τι ήταν

.....

ΣΤΟ ΔΙΑΛΛΕΙΜΑ

11.

Μίλησα με φίλους

Έπαιξα χαρτιά ή επιτραπέζια παιχνίδια

Άκουσα μουσική

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ				"Λαχάνιασα & Φούσκωσα"	
	Ωρες	Λεπτά			Ναι	Όχι
Έπαιξα ποδόσφαιρο στην αυλή	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα αθλοπαιδιές στην αυλή	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα κυνηγητό/ παιχνίδια καταδίωξης στην αυλή	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Κάποια άλλη δραστηριότητα
Αν ναι, τι ήταν

.....

	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--------------------------	--------------------------

ΠΡΙΝ ΤΟ ΦΑΓΗΤΟ

13.

Μίλησα με φίλους	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα χαρτιά ή επιτραπέζια παιχνίδια	<input type="checkbox"/>
Άκουσα μουσική	<input type="checkbox"/>

14.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ			
	Ωρες	Λεπτά		
Περπάτησα στο μαγαζί	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Περπάτησα στο σπίτι για φαγητό	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

15.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ				"Λαχάνιασα&Φούσκωσα"	
	Ωρες	Λεπτά			Ναι	Όχι
Έπαιξα ποδόσφαιρο στην αυλή	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα αθλοπαιδιές στην αυλή	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα κунηγητό/ παιχνίδια καταδίωξης στην αυλή	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ				"Λαχάνιασα&Φούσκωσα"	
	Ωρες	Λεπτά			Ναι	Όχι
Μπάσκετ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Βόλεϋ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Γυμναστική	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Τρέξιμο	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ποδόσφαιρο	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Χορός	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17. Κάποια άλλη δραστηριότητα
Αν ναι, τι ήταν

.....

ΤΜΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

18. Πως γύρισες από το σχολείο στο σπίτι σου
(Απλά ανάφερε το βασικό τρόπο επιστροφής σου στο σπίτι)

ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ

ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ

ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

ΠΟΔΗΛΑΤΟ

ΆΛΛΟ

(Αν είναι άλλο, τι ήταν αυτό)

19. Πόσο διάρκεσε η διαδρομή προς το σπίτι

λεπτά

20. Κάποια άλλη δραστηριότητα

Αν ναι, ποια

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ
Ωρες Λεπτά

"Λαχάνιασα&Φούσκωσα"
Ναι Όχι

.....

• •

ΤΟ ΑΠΟΓΕΥΜΑ

21.

Είδα τηλεόραση

Είδα video

Άκουσα μουσική

Έπαιξα χαρτιά ή επιτραπέζια παιχνίδια

Έπαιξα με παιχνίδια

Ζωγράφισα	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα μουσική	<input type="checkbox"/>
Χρησιμοποίησα Η/Υ/Έπαιξα ηλεκτρονικά παιχνίδια	<input type="checkbox"/>
Διάβασα για το σχολείο	<input type="checkbox"/>
Διάβασα για ευχαρίστηση	<input type="checkbox"/>

22.

	Ωρες	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ		
		Λεπτά		
Φρόντισα τα ζώα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα ελαφριές οικιακές μικροδουλειές	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα μία βόλτα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έχω μία part time δουλειά	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα στο φροντιστήριο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα στην καφετέρια	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

23.

	Ωρες	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ		"Λαχάνιασα&Φούσκωσα"	
		Λεπτά		Ναι	Όχι
Καθάρισα/ σκούπισα ή μετακίνησα έπιπλα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έφτιαξα τον κήπο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Περπάτησα γρήγορα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έγραψα κάτι γρήγορα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ποδηλάτησα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Κολύμπησα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα τένις	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα γυμναστική	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα Βόλεϋ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα Μπάσκετ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έτρεξα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Στίβο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα ποδόσφαιρο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Χόρευσα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Ρυθμική	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Ελεύθερη	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24. Κάποια άλλη δραστηριότητα

Αν ναι, ποια

.....

Τι ώρα χθές πήγες για ύπνο

μ.μ.

25. Χθές ήταν για σένα μία τυπική σου ημέρα

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Αν όχι, γιατί

.....

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

ΣΑΒΒΑΤΟ /ΚΥΡΙΑΚΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ

ΣΧΟΛΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΡΩΤΟ - ΤΟ ΠΡΩΙ

26. Τι ώρα ξύπνησες το Σάββατο

π.μ.

27. Έκανες κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες

- Είδα τηλεόραση
- Είδα video
- Άκουσα μουσική
- Έπαιξα χαρτιά ή επιτραπέζια παιχνίδια
- Έπαιξα με παιχνίδια
- Ζωγράφισα
- Έπαιξα μουσική
- Χρησιμοποίησα Η/Υ/ Έπαιξα ηλεκτρονικά παιχνίδια
- Διάβασα για το σχολείο
- Διάβασα για ευχαρίστηση

28. Έκανες κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες

Αν ναι, για πόσο χρονικό διάστημα

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ
Λεπτά

- | | Ώρες | | Λεπτά | | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Φρόντισα τα ζώα | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Έκανα ελαφριές οικιακές μικροδουλειές | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Πήγα μία βόλτα | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Έχω μία part time δουλειά | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Πήγα στο φροντιστήριο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα στην καφετέρια	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΤΟ ΠΡΩΙ

29. Έκανες κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες
Αν ναι, για πόση διάρκεια. "Λαχάνιασες και φούσκωσες"

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ Λεπτά				"Λαχάνιασα&Φούσκωσα"	
	Ωρες				Ναι	Όχι
Καθάρισα/ σκούπισα ή μετακίνησα έπιπλα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έφτιαξα τον κήπο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Περπάτησα γρήγορα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έγραψα κάτι γρήγορα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ποδηλάτησα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Κολύμησα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα τένις	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα γυμναστική	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα Βόλεϋ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα Μπάσκετ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έτρεξα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Έκανα Στίβο

Έπαιξα ποδόσφαιρο

Χόρευα

Έκανα Ρυθμική

Έκανα Ελεύθερη

30. Κάποια άλλη δραστηριότητα

Αν ναι, ποια

.....

ΤΜΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ- ΤΟ ΑΠΟΓΕΥΜΑ

31.

Είδα τηλεόραση

Είδα video

Άκουσα μουσική

Έπαιξα χαρτιά ή επιτραπέζια παιχνίδια

Έπαιξα με παιχνίδια

Ζωγράφισα

Έπαιξα μουσική

Χρησιμοποίησα Η/Υ/ Έπαιξα ηλεκτρονικά παιχνίδια

Διάβασα για το σχολείο

Διάβασα για ευχαρίστηση

32.

	Ωρες	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ Λεπτά		
Φρόντισα τα ζώα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα ελαφριές οικιακές μικροδουλειές	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα μία βόλτα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έχω μία part time δουλειά	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα στο φροντιστήριο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πήγα στην καφετέρια	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

33.

	Ωρες	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ Λεπτά			"Λαχάνιασα&Φούσκωσα" Ναι Όχι	
Καθάρισα/ σκούπισα ή μετακίνησα έπιπλα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έφτιαξα τον κήπο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Περπάτησα γρήγορα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έγραψα κάτι γρήγορα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ποδηλάτησα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Κολύμπησα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα τένις	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα γυμναστική	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα Βόλεϋ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα Μπάσκετ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Έτρεξα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Στίβο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα ποδόσφαιρο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Χόρεψα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Ρυθμική	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Ελεύθερη	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

34. Κάποια άλλη δραστηριότητα

Αν ναι, ποια

.....

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

ΤΜΗΜΑ ΤΡΙΤΟ - ΤΟ ΒΡΑΔΥ

35.

Είδα τηλεόραση	<input type="checkbox"/>
Είδα video	<input type="checkbox"/>
Άκουσα μουσική	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα χαρτιά ή επιτραπέζια παιχνίδια	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα με παιχνίδια	<input type="checkbox"/>
Ζωγράφισα	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα μουσική	<input type="checkbox"/>
Χρησιμοποίησα Η/Υ/ Έπαιξα ηλεκτρονικά παιχνίδια	<input type="checkbox"/>
Διάβασα για το σχολείο	<input type="checkbox"/>
Διάβασα για ευχαρίστηση	<input type="checkbox"/>

36.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ			
	Ωρες	Λεπτά		
Φρόντισα τα ζώα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έκανα ελαφριές οικιακές μικροδουλειές	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Πήγα μία βόλτα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έχω μία part time δουλειά	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Πήγα στο φροντιστήριο	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Πήγα στην καφετέρια	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

37.

	Ωρες	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΑ			"Λαχάνιασα&Φούσκωσα"	
		Λεπτά			Ναι	Όχι
Καθάρισα/ σκούπισα ή μετακίνησα έπιπλα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έφτιαξα τον κήπο	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Περπάτησα γρήγορα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έγραψα κάτι γρήγορα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ποδηλάτησα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Κολύμησα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έπαιξα τένις	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έκανα γυμναστική	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έπαιξα Βόλεϋ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έπαιξα Μπάσκετ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Έτρεξα	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Έκανα Στίβο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έπαιξα ποδόσφαιρο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Χόρεψα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Ρυθμική	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έκανα Ελεύθερη	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

38. Κάποια άλλη δραστηριότητα
 Αν ναι, ποια

.....

39. Τι ώρα πήγες το Σάββατο για ύπνο

μ.μ.

40. Αυτό το Σάββατο ήταν για σένα το τυπικό σου Σάββατο

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Αν όχι, γιατί

.....