



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΜΣ: ΜΕΡΙΚΗΣ ΦΟΙΤΗΣΗΣ

Κατεύθυνση: Διατροφή και Δημόσια Υγεία

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Διατροφικές συνήθειες, άσκηση και οστική
μάζα στην παιδική ηλικία»**

Μεταπτυχιακή φοιτήτρια:

Βλάσση Αγγελική



Τριμελής Επιτροπή:

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κοντογιάννη Μερόπη

Μέλη: Μανιός Ιωάννης

Τέντα Ρωξάνη

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2015

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες και την εκτίμησή μου στον Δρ. Μανιό Ιωάννη, Αναπληρωτή Καθηγητή Διατροφικής Αγωγής και Αξιολόγησης και στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Μερόπη Κοντογιάννη. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γεώργιο Μοσχώνη και τον Δρ. Σπυρίδωνα Κανελλάκη για τις εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις τους, που κρίθηκαν απαραίτητες για την αρτιότητα της μελέτης αυτής. Η καθοδήγησή τους και οι προσπάθειές τους στάθηκαν σημαντικές για την ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τους φίλους και τους συναδέλφους μου για τη συμπαράστασή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Φυσιολογία οστού.....	8
1.1.1 Ανατομία και δομή του οστού.....	8
1.1.2 Σύσταση του οστού.....	9
1.1.3 Οστική ανακατασκευή.....	9
1.1.4 Παράγοντες που επιδρούν στην οστική ανακατασκευή.....	10
1.1.5 Αλλαγές στην οστική μάζα ανάλογα με την ηλικία.....	11
1.1.6 Παράγοντες αντοχής του οστού.....	12
1.1.7 Κορυφαία οστική μάζα.....	12
1.1.8 Μέθοδοι εκτίμησης οστικής μάζας.....	13
1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σκελετική υγεία των παιδιών.....	15
1.3 Διατροφή και οστική μάζα στην παιδική ηλικία.....	22
1.3.1 Μικροθρεπτικά συστατικά.....	22
1.3.2 Μακροθρεπτικά συστατικά.....	28
1.4 Μελέτες που έχουν συσχετίσει διατροφικές συνήθειες παιδιών με σκελετική υγεία..	30
1.5 Άσκηση στην παιδική ηλικία.....	32
1.6 Μελέτες που έχουν συσχετίσει την άσκηση παιδιών με τη σκελετική υγεία.....	32
1.7 Βιβλιογραφικό κενό.....	36
1.8 Σκοπός.....	36
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	37
2.1 Πληθυσμός μελέτης.....	37
2.2 Δειγματοληψία – Τυχαιοποίηση.....	37

2.3 Ανθρωπομετρήσεις.....	40
2.3.1 Ύψος – βάρος.....	40
2.3.2 Ορισμός παχυσαρκίας και κεντρικής παχυσαρκίας.....	40
2.4 Μετρήσεις παραμέτρων οστικής υπερηχομετρίας.....	41
2.5 Στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner.....	41
2.6 Διατροφική αξιολόγηση.....	41
2.6.1 Ανάκληση 24ώρου.....	41
2.6.3 Κατηγοριοποίηση της διατροφικής πρόσληψης.....	42
2.6.4 Η βιταμίνη 25(OH)D.....	42
2.7 Αξιολόγηση των επιπέδων της φυσικής δραστηριότητας των παιδιών.....	43
2.7.1 Καθιστικές δραστηριότητες.....	43
2.7.2 Συμμετοχή σε οργανωμένες δραστηριότητες.....	43
2.7.3 Εκτίμηση γενικότερων συνηθειών φυσικής δραστηριότητας των παιδιών.....	44
2.8 Ποσοτική εκτίμηση φυσικής δραστηριότητας.....	44
2.9 Ερωτηματολόγιο γονέων.....	45
2.9.1 Ανθρωπομετρικά, δημογραφικά, κοινωνικοοικονομικά στοιχεία της οικογένειας..	45
2.10 Στατιστική ανάλυση.....	46
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	60
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η οστική μάζα των παιδιών επηρεάζεται κυρίως από γενετικούς παράγοντες, ωστόσο υπάρχουν και κάποιοι τροποποιήσιμοι ανάμεσα στους οποίους ανήκουν η διαίτα και η σωματική δραστηριότητα. **Σκοπός:** Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να συσχετιστούν οι διατροφικές συνήθειες και η φυσική δραστηριότητα παιδιών ηλικίας 10-12 ετών με την οστική τους μάζα όπως αυτή εκτιμήθηκε από οστική υπερηχομετρία.

Μεθοδολογία: Η παρούσα έρευνα που αποτελεί μέρος της μελέτης Healthy Growth, είναι μία συγχρονική επιδημιολογική μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε 1.484 παιδιά ηλικίας 10-12 ετών. Περιελάμβανε ανθρωπομετρήσεις, κλινική εξέταση, αιματολογικές εξετάσεις, αξιολόγηση της διαιτητικής πρόσληψης μέσω ανακλήσεων 24ώρου και αξιολόγηση των επιπέδων φυσικής δραστηριότητας. Για την αξιολόγηση της οστικής μάζας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της οστικής υπερηχομετρίας στην πτέρνα και υπολογίστηκαν οι δείκτες BUA (Broadband Ultrasound Attenuation) και SOS (Speed of Sound). Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το X^2 του Pearson και το T-test και πραγματοποιήθηκαν γραμμικές ή λογιστικές παλινδρομήσεις για την εξακρίβωση των παραγόντων που σχετίζονται ισχυρότερα με την κατά περίπτωση εξαρτημένη μεταβλητή. **Αποτελέσματα:** Δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ κάποιου μακρο- ή μικρο- θρεπτικού συστατικού με τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας (σε κάθε περίπτωση $p > 0,05$). Αναφορικά με την άσκηση, αναδείχθηκε θετική στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των βημάτων και του δείκτη SOS μετά από διόρθωση για διάφορους συγχυτικούς παράγοντες ($\beta = 0,067$, $p = 0,013$). **Συμπεράσματα:** Στην παρούσα μελέτη όπως και στις περισσότερες, φαίνεται η σημασία της φυσικής δραστηριότητας κατά την παιδική ηλικία για την οστική μάζα. Ωστόσο, δεν αναδείχτηκε κάποια συσχέτιση με μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά, ίσως λόγω του συγχρονικού σχεδιασμού της μελέτης. Η ενίσχυση της σωματικής δραστηριότητας συμβάλλει στην ενίσχυση της οστικής μάζας των παιδιών.

SUMMARY

INTRODUCTION: The bone mass of children is affected mainly by genetic factors, however there are some modifiable environmental factors related to bone mass and health, such as diet and physical activity. **PURPOSE:** The purpose of this study is to explore any potential associations between diet, exercise and bone mass of 10-12 year old children.

METHODOLOGY: This cross-sectional study is part of the study Healthy Growth, on 1.484 children aged 10-12 years from Greece. Anthropometry, physical examination, blood tests and assessment of dietary intake and physical activity were performed. For the evaluation of bone mass low heel ultrasound parameters were calculated namely BUA (Broadband Ultrasound Attenuation) and SOS (Speed of Sound). For the statistical analysis the Pearson's X² and T-test were used and linear or logistic regression models were applied to verify the factors associated with the strongest case against the dependent variable.

RESULTS: There was no statistically significant correlation between macro and micro nutrient intake and ultrasound parameters. Regarding exercise, a positive statistically significant correlation between exercise and SOS emerged and remained significant after adjustment for various confounders ($\beta=0,067$, $p=0,013$). **CONCLUSIONS:** No association between nutrient intakes and indices of bone mass in a sample of 1.484 children were revealed. On the contrary physical activity as expressed in number of steps per day was associated with greater bone mass and should be incorporated in bone health promotion initiatives.

Πίνακας συντμήσεων

KOM	Κορυφαία Οστική Μάζα
DXA	Dual X-ray absorptiometry - Διπλής ενέργειας αποφυσιομετρία
BUA	Broadband Ultrasound Attenuation –Εξασθένηση Υπερήχων
SOS	Speed of Sound – Ταχύτητα του Ηχου
QUS	Quantitative Ultrasound - Ποσοτική Μέτρηση Υπερήχων
SI	Stiffness Index - Δείκτης Δυσκαμψίας
pQCT	Περιφερική Ποσοτική Αξονική Τομογραφία
PTH	Παραθορμόνη
ΔΜΣ	Δείκτης Μάζας Σώματος
FM	Fat Mass – Λιπώδης Ιστός
BF	Body Fat Percentage – Ποσοστό Σωματικού Λίπους
ΟΠ	Οστική Πυκνότητα
BMC	Bone Mineral Content – Οστικό Περιεχόμενο
GH	Growth hormone - Αυξητική Ορμόνη
IGF	Insuline Growth Factor – Αυξητικός μεταβολίτης
OSI	Osteo-Sono assessment Index – Δείκτης Αξιολόγησης Osteo-Sono
TSH	Thyroid Stimulating Hormone – θυρεοειδοτρόπος ορμόνη
β-ALP	bone-specific Alkaline Phosphatase
TRACP	Tartrate-Resistant ACid Phosphatase 5b
IOTF	International Obesity Task Force
METs	Metabolic Equivalents – Μεταβολικά Ισοδύναμα
EPA	Eicosapentaenoic Acid
DHA	Docosapentaenoic Acid
RDI	Recommended Daily Intake - Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη
RDA	Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη
DRI	Διατροφικές αναφορές προσλήψεων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φυσιολογία οστού

Τα οστά αποτελούν το 15% και 12% του συνολικού σωματικού βάρους στους ενήλικες άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Τα οστά κατασκευασμένα κυρίως από κολλαγόνο, αποτελούν έναν αναπτυσσόμενο ιστό. Το κολλαγόνο είναι μια πρωτεΐνη, η οποία παρέχει ένα μαλακό πλαίσιο και το φωσφορικό ασβέστιο είναι ένα στοιχείο που προσθέτει δύναμη και σκληρότητα στο κολλαγόνο. Αυτός ο συνδυασμός του κολλαγόνου και του ασβεστίου κάνει τα οστά ισχυρά και αρκετά ευέλικτα ώστε να αντέχουν την πίεση. Στα οστά και στα δόντια εντοπίζεται το 99% του συνολικού ασβεστίου του σώματος. Το υπόλοιπο 1% του ασβεστίου βρίσκεται στο αίμα. Στις βασικές λειτουργίες που επιτελούν συμπεριλαμβάνεται η μηχανική στήριξη και η κίνηση, ενώ παράλληλα περικλείουν το μυελό των οστών, λειτουργούν ως δεξαμενή απαραίτητων ιόντων και διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στη ρύθμιση της ομοιοστασίας του οργανισμού.¹

1.1.1 Ανατομία και δομή οστού

Υπάρχουν δύο είδη οστίτη ιστού: ο φλοιώδης οστίτης ιστός ή συμπαγής που αποτελεί το 80% των οστών και ο δοκιδώδης οστίτης ιστός ή σπογγώδης που αποτελεί το 20%.

Ο φλοιώδης οστίτης ιστός βρίσκεται στις διαφύσεις μακρών οστών και διατάσσεται κατά κυκλοτερή πέταλα στις υποπεριοστικές και ενδοοστικές στοιβάδες και κατά ομόκεντρα πέταλα γύρω από τα κεντρικά αγγεία σχηματίζοντας τους οστεώνες (Αβέρσειο σύστημα). Αποτελεί έναν πυκνό ιστό που συγκροτείται κυρίως από άλατα και από συστατικά του εξωκυτταρικού πλέγματος.

Ο δοκιδώδης οστίτης ιστός ή σπογγώδης ιστός επικρατεί κυρίως στις περιοχές της πίεσης και πιο συγκεκριμένα στις κεφαλές των μακρών οστών, στα σώματα των σπονδύλων και στα πλατιά οστά της πυέλου. Ο οστεώνας αποτελεί την κύρια μορφή οργάνωσης του συμπαγούς οστού. Αποτελείται από αμβέρσια κανάλια - νεύρα και λεμφοφόρα αγγεία και το οστεοειδές που σχηματίζει πέταλα γύρω του. Λειτουργεί ως πρότυπο εναπόθεσης κολλαγόνου και εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των οστεοκυττάρων.²

1.1.2 Σύσταση του οστού (κυτταρικά και μη κυτταρικά στοιχεία)

Το οστό περιλαμβάνει μη κυτταρικά συστατικά που συνθέτουν τη θεμέλια εξωκυττάρια ουσία. Το 40% αυτής είναι οργανική ουσία και αποτελείται από τύπου 1 κολλαγόνο, πρωτεογλυκάνες, οστεοκαλσίνη και αυξητικούς παράγοντες και το 60% είναι ανόργανη ουσία (κρύσταλλοι υδροξυαπατίτη). Τα κύτταρα που συνθέτουν τον οστίτη ιστό είναι οι οστεοβλάστες, οι οστεοκλάστες, τα οστεοκύτταρα και τα επενδυτικά κύτταρα.³

Όσον αφορά στους **οστεοβλάστες**, αυτοί προέρχονται από πολυδύναμα αρχέγονα μεσεγχυματικά κύτταρα του μυελού, συνθέτουν το οστεοειδές και παράγουν κολλαγόνο, που στη συνέχεια ασβεστοποιείται, σε μία οστική κοιλότητα την οποία προηγουμένως έχουν δημιουργήσει οι οστεοκλάστες. Παράγονται, δηλαδή, κυστίδια οργανικής θεμέλιας ουσίας, τα οποία μεταλλοποιούνται από τους οστεοβλάστες με ανόργανα άλατα ασβεστίου και φωσφορικών και τα οποία τελικά συνθέτουν το κρυσταλλικό σύμπλεγμα του υδροξυαπατίτη.⁴

Επίσης, οι οστεοβλάστες διαθέτουν υποδοχείς για την παραθορμόνη και τα οιστρογόνα. Τα **οστεοκύτταρα** είναι οστεοβλάστες παγιδευμένοι κατά την ασβεστοποίηση της θεμέλιας ουσίας και χαρακτηρίζονται ως πολυγωνικά κύτταρα με αποφυάδες, που επικοινωνούν μεταξύ τους. Κρατούν το οστό σε καλή κατάσταση και μπορούν να απελευθερώσουν ιόντα ασβεστίου από το παρέγχυμα του οστού όταν το απαιτήσουν οι ανάγκες. Όσον αφορά τους **οστεοκλάστες**, προέρχονται από αιμοποιητικά κύτταρα και απορροφούν το οστικό παρέγχυμα. Είναι πολυπύρρηνα κύτταρα με λυσοσώματα και περιέχουν ενζυμικά συστήματα για την οστεόλυση και την απελευθέρωση ασβεστίου και φωσφόρου.⁵

1.1.3 Οστική ανακατασκευή

Η οστική ανακατασκευή είναι μία αρμονικά συζευγμένη διαδικασία, που επιτελείται στη βασική πολυκυτταρική μονάδα, κατά την οποία διενεργείται η απορρόφηση του ώριμου οστού από τους οστεοκλάστες και η αντικατάστασή του με σχηματισμένο οστό από τους οστεοβλάστες. Οι επί μέρους φάσεις της είναι οι εξής:

1. Φάση ηρεμίας: πραγματοποιείται επίστρωση της ελεύθερης επιφάνειας από άφθονα αποπλατυσμένα επενδυτικά κύτταρα, τα οποία είναι στη φάση αυτή ανενεργά.
2. Φάση ενεργοποίησης των οστεοκλαστών: κινητοποιούνται οι προ-οστεοκλάστες από έναν διεγέρτη των οστεοκλαστών, κι έπειτα αφού συντηχθούν σε πολυπύρρηνα

γιγαντοκύτταρα σχηματίζουν τους οστεοκλάστες και ακολουθεί συγκέντρωση αυτών στην επιφάνεια της μονάδας.

3. Φάση οστικής απορρόφησης (οστεοκλάστες) η διάρκεια της φάσης αυτής είναι 3-4 εβδομάδες στο σπογγώδες και 6-10 εβδομάδες στο φλοιώδες οστό και η θεμέλια ουσία απορροφάται προοδευτικά από τους οστεοκλάστες αδειάζοντας έτσι το περιεχόμενο της μεταβολικής μονάδας. Η οστική απορρόφηση ρυθμίζεται από την αλληλεπίδραση τόσο των οστεοβλαστών όσο και των οστεοκλαστών υπό τη επίδραση τοπικών (ιντερλευκίνες 1 και 6, παράγοντας νέκρωσης όγκων κ.ά.) και συστηματικών παραγόντων (παραθορμόνη, θυρεοειδικές ορμόνες και οιστρογόνα).
4. Φάση κυτταρικής αναστροφής: οι οστεοκλάστες αποκολλώνται και απομακρύνονται και τη θέση τους καταλαμβάνουν οι οστεοβλάστες.
5. Φάση οστικής παραγωγής: η διάρκειά της είναι 2-3 μήνες στο φλοιώδες οστό και 145 περίπου ημέρες στο σπογγώδες όπου οι οστεοβλάστες εναποθέτουν προοδευτικά οστό, το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες είναι ισόποσο με εκείνο που απορροφήθηκε στην προηγούμενη φάση.^{6,7}

1.1.4 Παράγοντες που επιδρούν στην οστική ανακατασκευή

▪ Βιταμίνη D

Η βιταμίνη D στους νεφρούς μειώνει την αποβολή ασβεστίου, αυξάνει την επιμετάλλωση του οστού, ενώ παράλληλα αυξάνει την απορρόφηση ασβεστίου και φωσφόρου στο λεπτό έντερο.⁸

▪ Παραθορμόνη

Η παραθορμόνη είναι ένα πεπτίδιο που παράγεται στους παραθυρεοειδείς αδένες και η παραγωγή της εξαρτάται από τα επίπεδα ασβεστίου και της βιταμίνης D. Τα όργανα - στόχοι στα οποία δρα είναι τα οστά, στα οποία αυξάνει την οστεοκλαστική δραστηριότητα, οι νεφροί, στους οποίους αυξάνει την επαναπορρόφηση ασβεστίου και μειώνει την επαναπορρόφηση φωσφόρου, αυξάνοντας παράλληλα την παραγωγή καλσιτριόλης, και το έντερο στο οποίο προκαλεί έμμεση αύξηση της επαναπορρόφησης ασβεστίου μέσω της αύξησης της καλσιτριόλης.⁹

Οι κύριες δράσεις της είναι ότι αυξάνει το ασβέστιο και μειώνει το φώσφορο στο αίμα. Στα οστά μέσω της οστεοκλαστικής απορρόφησης οδηγεί στην απελευθέρωση ασβεστίου και φωσφόρου, ενώ στους νεφρούς αυξάνει την αποβολή φωσφόρου, την επαναπορρόφηση ασβεστίου και την υδροξυλίωση της βιταμίνης D.¹⁰

▪ Καλσιτονίνη

Η καλσιτονίνη είναι ένα πεπτίδιο με 32 αμινοξέα το οποίο παράγεται από τα παραθυλακιώδη κύτταρα του θυρεοειδούς αδένος με κυριότερο ερέθισμα την αύξηση του ασβεστίου. Τα όργανα-στόχοι στα οποία επιδρά είναι α) τα οστά στα οποία δρα αναστέλλει τη λειτουργία των οστεοκλαστών και μειώνει την οστική απορρόφηση, καθώς και β) οι νεφροί όπου διεγείρει την παραγωγή καλσιτριόλης και την εντερική απορρόφηση του ασβεστίου. Οι οστεοκλάστες είναι το κύριο όργανο στόχος και το κύριο αποτέλεσμα είναι η ταχεία πτώση του ασβεστίου στο αίμα η οποία προκαλείται από την αναστολή της απορρόφησης του οστού.

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν στην οστική ανακατασκευή είναι τα οιστρογόνα που εμποδίζουν την οστική αποδόμηση και βοηθούν την οστική παραγωγή, τα ανδρογόνα, οι αυξητικοί παράγοντες, οι κυτοκίνες, τα ιόντα ασβεστίου και φωσφόρου. Η αυξητική ορμόνη φαίνεται να αυξάνει το σχηματισμό οστού τα γλυκοκορτικοειδή να αναστέλλουν το σχηματισμό οστού, να εμποδίζουν απορρόφηση ασβεστίου από το έντερο και να αυξάνουν την οστική απορρόφηση, ενώ οι θυρεοειδικές ορμόνες να αυξάνουν την οστική απορρόφηση.¹¹

1.1.5 Αλλαγές στην οστική μάζα ανάλογα με την ηλικία

Κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, το νέο οστό προστίθεται στο σκελετό ταχύτερα από ότι απομακρύνεται το παλαιό οστό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα οστά να γίνονται μεγαλύτερα, βαρύτερα και πυκνότερα. Για τους περισσότερους ανθρώπους, ο σχηματισμός οστού συνεχίζεται με ταχύτερο ρυθμό σε σχέση με την απομάκρυνση αυτού, ώσπου να επιτευχθεί η μέγιστη οστική πυκνότητα κατά την τρίτη δεκαετία της ζωής.

Μετά την ηλικία των 20 ετών, ο σχηματισμός οστού υπερβαίνει της απομάκρυνσής του. Η οστεοπόρωση αναπτύσσεται όταν η απομάκρυνση οστού συμβαίνει πολύ γρήγορα και η εναπόθεσή του λαμβάνει χώρα πολύ αργά, ή και τα δύο. Οι πιθανότητες να αναπτύξει ένα άτομο οστεοπόρωση είναι μεγαλύτερες εάν δεν έχει επιτευχθεί η μέγιστη οστική μάζα κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων δόμησης των οστών.

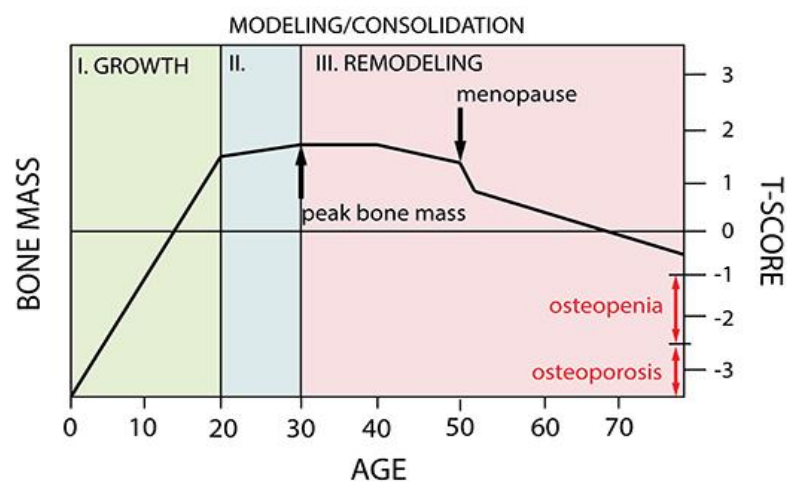
Μετά την ηλικία των 30 ετών ακολουθεί σταθεροποίηση του ρυθμού οστικής ανακατασκευής, ενώ με την περαιτέρω αύξηση της ηλικίας η απορρόφηση ξεπερνά το σχηματισμό οστού. Από την ηλικία των 50 και άνω, ιδιαίτερα στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, μειώνεται η οστική πυκνότητα, αυξάνονται οι μικροβλάβες ενώ μπορεί να παρατηρηθούν κατάγματα ευθραστότητας.²

1.1.6 Παράγοντες αντοχής οστού

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή του οστού διακρίνονται σε ποσοτικούς, συγκεκριμένα η μάζα, το μέγεθος και η πυκνότητα αυτού και σε ποιοτικούς, όπως η μικροαρχιτεκτονική, η μακροαρχιτεκτονική, ο ρυθμός ανακατασκευής του οστού, οι μικρορωγμές, οι ιδιότητες του υλικού, το μέγεθος των κρυστάλλων και η επιμετάλλωση.⁵

1.1.7 Κορυφαία Οστική Μάζα

Η κορυφαία οστική μάζα (KOM) είναι η μέγιστη οστική πυκνότητα που αποκτά ένα άτομο στη διάρκεια της ζωής του και επιτυγχάνεται περίπου στην ηλικία των 30-35 ετών.



Σχήμα 1. Η οστική εξέλιξη κατά την πάροδο του χρόνου. Η μαύρη γραμμή αντιπροσωπεύει την οστική μάζα κατά τις τρεις φάσεις της εξέλιξης του οστού: της ανάπτυξης, της σταθεροποίησης και της αναδιαμόρφωσης.¹²

Η επίτευξη χαμηλής KOM θεωρείται ένας από τους βασικούς μηχανισμούς που οδηγεί αργότερα στην εμφάνιση οστεοπόρωσης. Η KOM που θα αποκτήσει κάθε άνθρωπος

καθορίζεται κατά βάση από τα γονίδιά του, αν και υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επιδρούν και μπορεί να την τροποποιήσουν κατά την παιδική και εφηβική ηλικία. Αυτοί είναι περιβαλλοντικοί, και περιλαμβάνουν την πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D, άλλες διατροφικές συνήθειες (αλάτι, αναψυκτικά, καφές, αλκοόλ), την άσκηση, το κάπνισμα, αλλά και ορμονικές διαταραχές και τα διάφορα νοσήματα.

Η BMD εξαρτάται από την κορυφαία οστική μάζα και την επερχόμενη οστική απώλεια, δεν εξηγεί όμως πλήρως τον κίνδυνο κατάγματος. Η χαμηλή BMD που σημαίνει μεγαλύτερο κίνδυνο κατάγματος, είναι αποτέλεσμα ανεπαρκούς αύξησης ή οστικής απώλειας ή αμφοτέρων ¹³ (Σχήμα 1)

1.1.8 Μέθοδοι εκτίμησης οστικής μάζας

Μέτρηση οστικής πυκνότητας

Η μέθοδος DXA (διπλής ενέργειας αποφυσιομετρία) αποτελεί μια μέθοδο για τη διαγνωστική εκτίμηση της οστικής πυκνότητας και για την ταξινόμηση των ατόμων σε κατηγορίες οστεοπορωτικού κινδύνου.

Η περιφερική υπερηχογραφία, έχει γίνει πολύ δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, προσφέροντας μια εναλλακτική λύση και ένα αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση της σκελετικής κατάστασης. Είναι χρήσιμη στην κλινική πρακτική για διάκριση κινδύνου κατάγματος, πρόβλεψη αντοχής των οστών ή /και πρόβλεψη για τη διάγνωση οστεοπόρωσης, καθώς και παρακολούθηση των σκελετικών αλλαγών κατάστασης. Πρόσθετα οφέλη των υπερήχων είναι το χαμηλό κόστος, η απλότητα της χρήσης, η δυνατότητα μεταφοράς και η απουσία έκθεσης σε ακτινοβολία.

Παρ' όλα αυτά, η αξιολόγηση της κατάστασης των οστών με τη χρήση υπερήχων της φτέρνας των δύο ποδιών δεν δίνει ασφαλή συμπεράσματα για τον κίνδυνο κατάγματος.¹⁴

Μία δοκιμασία μέτρησης της οστικής πυκνότητας (BMD) μπορεί να εντοπίσει την οστεοπόρωση, καθορίζοντας τον κίνδυνο για κατάγματα και να μετρήσει την ανταπόκριση του ατόμου στη χορηγούμενη θεραπεία της οστεοπόρωσης. Η μέθοδος αναφοράς για τον προσδιορισμό της οστικής πυκνότητας είναι η απορροφησιομετρία ακτινών X διπλής ενέργειας (Dual X-ray absorptiometry- DXA). Είναι ανώδυνη και μπορεί να μετρήσει την οστική πυκνότητα στο ισχίο και στη σπονδυλική στήλη.

Για την αξιολόγηση νοσημάτων του μεταβολισμού των οστών συχνά πραγματοποιούνται και βιοχημικές εξετάσεις σε αίμα και ούρα όπως μέτρηση ασβεστίου, φωσφόρου, κρεατινίνης και ουρίας, αλκαλικής φωσφατάσης, οστεοκαλσίνης, PTH, βιταμίνης D, TSH, καθώς επίσης και εκτίμηση οστικών δεικτών οστικής παραγωγής, όπως η αλκαλική φωσφατάση και η οστεοκαλσίνη, αλλά και απορρόφησης, όπως το ασβέστιο ούρων 24 ώρου, η υδροξυπρολίνη ούρων και τα τελοπεπτίδια.¹

Στα παιδιά δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος DXA. Η κατάταξη γίνεται βάση του Z-score και το αποτέλεσμα των μετρήσεων θεωρείται «μέσα στο αναμενόμενο για την ηλικία» αν οι τιμές Z-score είναι > -2 και «κατώτερο του αναμενόμενου» αν οι τιμές είναι < -2 .¹⁵

Στη μελέτη των Xu Y και συν.¹⁶, συγκρίθηκε η σχέση μεταξύ του δείκτη δυσκαμψίας πτέρνας (SI) που υπολογίζεται με ποσοτική μέτρηση υπερήχων (QUS) και μέτρηση οστικής πυκνότητας (BMD) και αξιολογούνται με διπλής ενέργειας απορροφησιμετρία ακτίνων X (DXA), χρησιμοποιώντας την ταχύτητα του ήχου (SOS) και την εξασθένηση υπερήχων (BUA), σε 392 υγιείς κινέζους μαθητές και εφήβους ηλικίας 5-19 ετών. Παρατηρήθηκαν σημαντικές θετικές συσχετίσεις μεταξύ του δείκτη SI και της ηλικίας, του βάρους, του ύψους, του BMI, του συνολικού BMD και BMC, της συνολικής μυϊκής μάζας και της συνολικής μάζας σωματικού λίπους. Εν κατακλείδι, η μέτρηση της οστικής πυκνότητας QUS είναι μια χρήσιμη μέθοδος μέτρησης που δείχνει τη φυσιολογική ανάπτυξη των οστών κατά την παιδική ηλικία και την εφηβεία.

Σε άλλη μελέτη των Alwis G και συν., αξιολογήθηκε η ποσοτική μέτρηση υπερήχων (QUS) στην πτέρνα και συγκρίθηκε με την οστική περιεκτικότητα (BMC) και την οστική πυκνότητα (BMD) και υπολογίσθηκαν με τη μέθοδο διπλής απορρόφησης ακτίνων X (DXA) σε 558 κορίτσια και αγόρια από τη Σουηδία ηλικίας 6-19 ετών. Στις μετρήσεις υπερήχων QUS περιλαμβάνονται η ταχύτητα του ήχου (SOS), η εξασθένηση υπερήχων (BUA), και ο δείκτης δυσκαμψίας (SI) στην πτέρνα. Η ηλικία, το ύψος και το βάρος συσχετίστηκαν σε σημαντικό βαθμό με τους δείκτες SOS, BUA, και SI. Ο δείκτης BUA φαίνεται να είναι η παράμετρος του QUS που μοιάζει καλύτερα με τις αλλαγές στην οστική περιεκτικότητα κατά την διάρκεια της ανάπτυξης.¹⁷

Στη μελέτη των Tobias JH και συν, εξετάσθηκε η επίδραση της συνήθους φυσικής δραστηριότητας στην οστική μάζα κατά την παιδική ηλικία με τη μέθοδο DXA σε 4.457 παιδιά ηλικίας 11 ετών. Η σωματική δραστηριότητα σχετίζεται θετικά τόσο με την οστική μάζα όσο και με το μέγεθος των οστών.¹⁸

Η βελτιστοποίηση της οστικής πυκνότητας από νωρίς στη ζωή μπορεί να προλάβει τα κατάγματα της παιδικής ηλικίας και ενδεχομένως να καθυστερήσει την ανάπτυξη της οστεοπόρωσης αργότερα. Επαρκής διατροφή και σωματική δραστηριότητα είναι περιβαλλοντικοί παράγοντες σημαντικοί για να καθοριστεί ή όχι το κατά πόσο τα παιδιά θα αποκτήσουν την κατάλληλη ποσότητα του οστού για το μέγεθος του σώματός τους. Παιδικές ασθένειες ή θεραπευτικές παρεμβάσεις που χρησιμοποιούνται στη θεραπεία τους, μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη ενός υγιούς οστού. Μολονότι υπάρχουν συγκεκριμένες μέθοδοι διαθέσιμες για την αξιολόγηση των παιδικών οστών, ωστόσο δεν υπάρχει τρόπος ικανός να αξιολογήσει την υγεία των οστών επαρκώς και να προσδιορίσει τα ειδικά ελλείμματα των οστών που μπορεί να υπάρξουν.¹

Στη μελέτη των Binkley TL και συν, περιγράφονται οι αλλαγές που υφίστανται τα οστά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και επανεξετάζονται οι τρεις κύριες μέθοδοι για την αξιολόγηση οστικών παραμέτρων σε παιδιατρικούς πληθυσμούς. Αυτές είναι η διπλής ενέργειας απορροφησιομετρία ακτίνων X (DXA), η ποσοτική υπερήχων (QUS) και η περιφερική ποσοτική αξονική τομογραφία (pQCT). Παράλληλα εξετάζεται η σχέση μεταξύ οστικών παραμέτρων και κινδύνου κατάγματος που παρουσιάζονται για κάθε μια από τις μεθόδους.¹⁹

Σε άλλη μελέτη των Van den Bussche K και συν, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ σωματικού βάρους γέννησης και ακαμψίας οστών σε 827 υγιή, προεφηβικά παιδιά του Βελγίου. Έγιναν μετρήσεις ποσοτικής υπερήχων (QUS) για να προσδιοριστεί η εξασθένηση υπερήχων (BUA), η ταχύτητα του ήχου (SOS), και ο δείκτης δυσκαμψίας (SI). Τα ευρήματά μας υποδηλώνουν ότι το βάρος γέννησης, ως ένας πρόχειρος αντιπροσωπευτικός δείκτης για γενετικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις κατά τη διάρκεια της ενδομήτριας ζωής, συνδέεται με BUA και SOS σε προεφηβικά παιδιά και επομένως μπορεί να επηρεάσει τον κίνδυνο εμφάνισης οστεοπόρωσης αργότερα στη ζωή.²⁰

1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σκελετική υγεία των παιδιών

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σκελετική υγεία κατά την παιδική ηλικία διακρίνονται σε μη τροποποιήσιμους και τροποποιήσιμους:

Μη τροποποιήσιμοι είναι εκείνοι οι οποίοι δεν επιδέχονται παρέμβασης όπως 1) το φύλο, 2) η ηλικία, 3) οι γενετικοί παράγοντες, 4) η φυλή.

Στους τροποποιήσιμους παράγοντες ανήκουν και αυτοί που αφορούν συμπεριφορές του ατόμου και άρα μπορούν να αλλάξουν με την κατάλληλη συμπεριφορική παρέμβαση. Τέτοιοι παράγοντες είναι η διατροφή, η έκθεση στον ήλιο, το σωματικό βάρος, οι ορμόνες, το παθητικό κάπνισμα, το αλκοόλ και η φυσική δραστηριότητα.²¹

- **Φύλο**

Οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να παρουσιάσουν χαμηλή τιμή «κορυφαίας οστικής πυκνότητας» από τους άνδρες. Σύμφωνα με τη μελέτη των Schlecht SH και συν. 2015, ο κίνδυνος για κατάγματα μεταξύ των μαύρων και λευκών γυναικών είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερος σε σύγκριση με τους άντρες στις Ηνωμένες Πολιτείες. Κατά μέσο όρο, οι άνδρες και των δύο φυλών έχουν ευρύτερα οστά μεγαλύτερης φλοιώδους μάζας σε σχέση με τα στενότερα οστά χαμηλότερης φλοιώδους μάζας μεταξύ των γυναικών. Τα μακρά οστά των γυναικών δεν είναι μόνο πιο λεπτά από εκείνα των ανδρών, αλλά έχουν και μειωμένη φλοιώδη περιοχή που είναι 6% έως 25% μεγαλύτερη από την αναμενόμενη για το μέγεθος του σώματος τους και το μέγεθος του οστού, το οποίο εξηγεί εν μέρει την μειωμένη δύναμη των οστών τους σε σύγκριση με τα πιο ισχυρά οστά των ανδρών.²²

- **Ηλικία**

Τα παιδιά και οι έφηβοι σχηματίζουν νέο οστό γρηγορότερα από την αποδόμηση του «παλιού». Στους ηλικιωμένους συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Η οστεοπόρωση εκδηλώνεται όταν υπάρχει μεγάλη απώλεια οστικής μάζας ή όταν δε δημιουργείται η απαραίτητη ποσότητα οστού για αναπλήρωση.²

Στη μελέτη των Allen MD και συν. 2011, η γεωμετρία των οστών είναι ένα σημαντικό μέτρο της οστικής αντοχής η οποία είναι γνωστό ότι επηρεάζεται από το βάρος που φέρουν και από τη γήρανση των ενηλίκων. Η συμμετοχή σε ασκήσεις με βάρη μειώνεται με την ηλικία, έτσι σε αυτή τη μελέτη παρατηρούνται αλλαγές γεωμετρίας των οστών των ποδιών σε τρεις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες των γυναικών. 20-27 ετών, 61-69 ετών και 71-80 ετών γυναίκες. Ο όγκος του φλοιώδους οστού της κνήμης ήταν σημαντικά μικρότερος στην τρίτη ομάδα κατά 17% και κατά 24% μικρότερος στη δεύτερη ομάδα έναντι της πρώτης. Ο όγκος του φλοιώδους οστού της περόνης μειώθηκε επίσης σημαντικά στις μεγαλύτερες ομάδες (7 και 12%).²³

- **Κληρονομικότητα**

Η κληρονομικότητα είναι καθοριστικός παράγοντας χαμηλής τιμής κορυφαίας οστικής μάζας και της εμφάνισης της οστεοπόρωσης. Στη μελέτη των Cnijetic S. και συν. 2014, αναλύεται η επίδραση της διατροφής και του τρόπου ζωής στην οστική μάζα παιδιών από θετούς ή βιολογικούς γονείς.²⁴

- **Φυλή**

Οι Καυκάσιες και Ασιατικής καταγωγής γυναίκες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να έχουν χαμηλή τιμή «κορυφαίας οστικής πυκνότητας» από γυναίκες της μαύρης φυλής.

Οι Micklesfield LK και συν., μελέτησαν τις εθνοτικές διαφορές στην οστική μάζα μεταξύ προεφηβικών μαύρων και άσπρων παιδιών ηλικίας 13 ετών με τη μέθοδο DXA. Η ακτινική πυκνότητα δοκιδώδους φλοιού ήταν μεγαλύτερη κατά 4% στα μαύρα κορίτσια από ότι στα λευκά. Οι τιμές του συνολικού εμβαδού της κνήμης, η ενδοστική διάμετρος, η κνημιαία διάμετρος, η περιοστική περιφέρεια και ο δείκτης δύναμης-παραμόρφωσης ήταν 4-22% μεγαλύτερες στα μαύρα παιδιά από ότι στα λευκά. Επίσης, η πυκνότητα του φλοιού ήταν μεγαλύτερη στα μαύρα παιδιά. Συμπερασματικά λοιπόν, υπάρχουν διαφορές στις παραμέτρους των οστών μεταξύ της εθνικής προέλευσης και του φύλου κατά τη διάρκεια της εφηβείας, οι οποίες δεν εξηγούνται από τις διαφορές του μεγέθους του σώματος ή της σκελετικής ωριμότητας.²⁵

- **Διατροφή**

Σε επόμενη ενότητα περιγράφεται αναλυτικά η επίδραση της διατροφής στη σκελετική υγεία των παιδιών.

- **Έκθεση στον ήλιο**

Θετικά επηρεάζει τη σκελετική υγεία των παιδιών η έκθεση στον ήλιο.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η βιταμίνη D είναι απαραίτητο συστατικό για την υγεία των οστών. Το δέρμα παράγει βιταμίνη D όταν εκτίθεται στην υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου (UVB). Η στέρηση από ηλιακό φως οδηγεί σε ανεπάρκεια της βιταμίνης D, αλλά τα επίπεδα στον ορό βιταμίνης D μπορεί να διατηρηθούν πάνω από 50 nmol / L όταν συμπληρώνεται με 50.000 IU τουλάχιστον κάθε μήνα.²⁶

Τα επίπεδα του ορού 25 (OH) D μειώνονται χωρίς έκθεση στο ηλιακό φως, όπως φαίνεται στη μελέτη Iuliano-Burns S και συν.²⁷, που πραγματοποιήθηκε σε 120 εκδρομείς στην Ανταρκτική για τον προσδιορισμό των σκελετικών και ορμονικών αντιδράσεων από τη στέρηση ηλιακού φωτός. Με την ανεπάρκεια βιταμίνης D, το ασβέστιο του ορού μειώθηκε και παρατηρήθηκε οστική απώλεια στο εγγύς μηριαίο λόγω αύξησης PTH. Ο ορός 25 (OH) D > 100 nmol / L εμπόδιζε ανεπάρκεια βιταμίνης D.

- **Σωματικό βάρος**

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη σκελετική υγεία των παιδιών είναι το αυξημένο ή το μειωμένο σωματικό βάρος. Τα επίπεδα της οστικής μάζας επηρεάζονται από τη σύσταση του σώματος σε παιδιά και εφήβους.²⁸

Παχυσαρκία

Η λεπτίνη είναι η ορμόνη που ρυθμίζει το σωματικό βάρος και διαχειρίζεται τις καύσεις του λίπους, δηλαδή αν οι ποσότητες λίπους θα αποθηκευθούν ή θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, ενώ παράλληλα ρυθμίζει και το αίσθημα της πείνας. Η λεπτίνη παίζει ρόλο στις μεταβολές της μικροαρχιτεκτονικής του οστού σε παχύσαρκα παιδιά.

Σύμφωνα με τη μελέτη των Dimitri P. και συν. 2015, η οστική μάζα σε παχύσαρκα παιδιά είναι χαμηλή και ο κίνδυνος κατάγματος υψηλότερος.

Η διάμετρος του φλοιώδους οστού και το πάχος της κνήμης ήταν χαμηλότερα στα παχύσαρκα παιδιά, ενώ του δοκιδώδους ήταν υψηλότερος. Το ποσοστό του λίπους συσχετίζεται αρνητικά με την πορώδη κατάσταση του φλοιού, τη διάμετρο των πόρων και το πάχος των δοκίδων της κνήμης. Η λεπτίνη ήταν υψηλότερη στα παχύσαρκα παιδιά και αντιστρόφως ανάλογη με την πορώδη κατάσταση του φλοιού, τη διάμετρο του πόρου του φλοιού και το πάχος των δοκίδων της κνήμης.

Η παιδική παχυσαρκία μεταβάλλει τη μικροαρχιτεκτονική του κνημιαίου και η λεπτίνη μπορεί να κατευθύνει αυτές τις αλλαγές. Παρά το γεγονός αυτό, οι μηχανικές ιδιότητες της κνήμης σε παχύσαρκα παιδιά δεν προσαρμόζονται επαρκώς να αντέξουν την αυξημένη δυνατότητα φόρτωσης από μια πτώση. Αυτό μπορεί να εξηγήσει την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης καταγμάτων σε παχύσαρκα παιδιά.²⁹

Στη μελέτη Mosca LN και συν. 2014, που πραγματοποιήθηκε σε 377 παιδιά ηλικίας 10-19 ετών, έδειξε ότι η μέση ηλικία των οστών ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη χρονολογική ηλικία. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια αρνητική επίδραση του σωματικού λίπους στην οστική μάζα των αγοριών και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όσο υψηλότερο είναι το σωματικό λίπος μεταξύ των υπέρβαρων εφήβων, τόσο μειώνονται οι τιμές της οστικής πυκνότητας και του οστικού περιεχομένου (BMC).³⁰

Χαμηλό σωματικό βάρος

Το χαμηλό σωματικό βάρος είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για χαμηλή οστική μάζα. Συνδέεται με χαμηλότερη ανάπτυξη της οστικής μάζας, καθώς δεν προσλαμβάνονται επαρκείς ποσότητες θρεπτικών ουσιών όπως ασβέστιο, βιταμίνη D και πρωτεΐνες, τα οποία είναι απαραίτητα για τη διατήρηση των οστών και της μυϊκής δύναμης. Επίσης, συνδέεται με αυξημένη απώλεια οστικής μάζας και κίνδυνο καταγμάτων.³¹

- **Ψυχογενής ανορεξία**

Η ψυχογενής ανορεξία είναι μια ψυχοσωματική διαταραχή, που συνήθως συμβαίνει σε έφηβες και χαρακτηρίζεται από μια επίμονη απροθυμία για το φαγητό, άρνηση για διατήρηση ενός υγιούς φυσιολογικού βάρους και έναν μανιώδη φόβο για την απόκτηση βάρους σε συνδυασμό με μια διαστρεβλωμένη εικόνα για τον εαυτό τους που μπορεί να διατηρηθεί από διάφορες προκαταλήψεις σχετικά με το σώμα τους, το φαγητό και τη διατροφή τους.³²

Στη μελέτη ασθενών-μαρτύρων των Ecklund K και συν., εξετάστηκαν 20 κορίτσια με νευρική ανορεξία και 20 υγιή, ηλικίας 14-18 ετών. Πραγματοποιήθηκε μαγνητική τομογραφία δεξιού γόνατος στην περιοχή του μηρού, της κνήμης, της επίφυσης και της μετάφυσης και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι 73% είχαν περάσει ένα κάταγμα, 20% εκφύλιση του μυελού των οστών, 39% υποπλαστικό μυελό, 10% σπάσιμο στο λίπος του μυελού. Και από τις τέσσερις περιοχές μέτρησης, οι τιμές ήταν χαμηλότερες στις έφηβες με νευρική ανορεξία. Τα σκελετικά προβλήματα που φαίνονταν σχετίζονταν με ανωμαλίες στους οστεοβλάστες και οστεοκλάστες εντός του μυελού των οστών. Κατέληξαν λοιπόν στο συμπέρασμα ότι οι έφηβες με νευρική ανορεξία είναι σε κίνδυνο για μη αναστρέψιμη απώλεια οστού, πρόωπη εμφάνιση οστεοπόρωσης και αυξημένο κίνδυνο κατάγματος σε σύγκριση με υγιείς εφήβους.³³

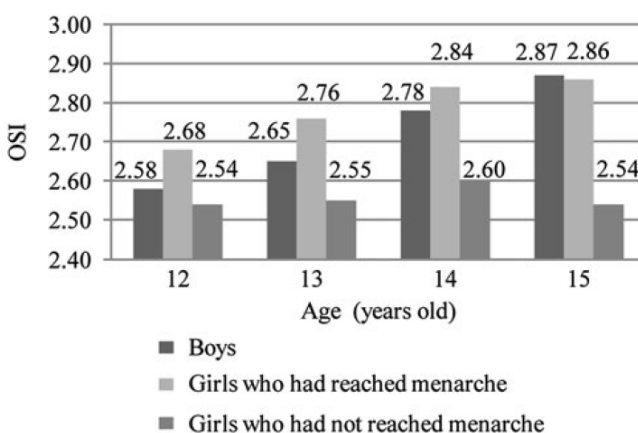
- **Ορμόνες**

Οι ορμόνες που επηρεάζουν την κορυφαία οστική μάζα περιλαμβάνουν τις ασβεστιοτρόπες (κυρίως παραθορμόνη και βιταμίνη D), τις ορμόνες του φύλου, τις θυρεοειδικές, το σύστημα αυξητικής-IGF-1, την κορτιζόλη και την ινσουλίνη.³⁴

Κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, η αυξητική ορμόνη (GH) είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη του τελικού ύψους. Τα επίπεδα GH και του ομοιάζοντα στην ινσουλίνη αυξητικού παράγοντα 1 (IGF-1) αυξάνονται κατά τη διάρκεια της εφηβείας, προσ αυξημένα κατά τα επίσης αυξανόμενα επίπεδα των στεροειδών του φύλου. Η δράση της GH στα οστά διαμεσολαβείται κυρίως μέσω της IGF-1, η οποία επηρεάζει θετικά το μεταβολισμό των οστών διεγείροντας τον πολλαπλασιασμό των οστεοβλαστών. Η προεφηβική αύξηση των επινεφριδίων ανδρογόνων, συγκεκριμένα η δεϋδροεπιανδροστερόνη, έχει επίσης ευεργετικά αποτελέσματα στην αύξηση της αντοχής του οστού. Κατά τη διάρκεια της εφηβείας, η οιστραδιόλη έχει σημαντικές επιπτώσεις, όχι μόνο από την αύξηση της πυκνότητας των οστών, αλλά επίσης και από την καταστολή του οστικού μεταβολισμού σε ενδοφλοιώδη επιφάνεια οδηγώντας σε αύξηση της λέπτυνσης του φλοιού.²

- **Διαταραχές έμμηνου ρύσης /Χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων.**

Τα οιστρογόνα είναι ορμόνες που δρουν προστατευτικά στην οστική μάζα. Κορίτσια και νεαρές γυναίκες που έχουν διαταραχές του «κύκλου», μπορεί να σημαίνει ότι δεν έχουν τα απαραίτητα επίπεδα οιστρογόνων στον οργανισμό τους. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους μπορεί να συμβαίνει αυτό, όπως η πολλή άσκηση ή η κακή διατροφή που οδηγεί σε απίσχναση, ή και ιατρικές καταστάσεις όπως η νευρογενής ανορεξία. Αυτό συμβαίνει συχνά σε αθλητές δρόμου, μπαλαρίνες και γυμνάστριες. Κορίτσια και νεαρές γυναίκες που ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες, μπορεί συχνά να έχουν χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων και χαμηλή τιμή «κορυφαίας οστικής πυκνότητας».¹²



Σχήμα 2 Διακυμάνσεις του δείκτη OSI ανάλογα με την ηλικία και το φύλο

Στη μελέτη των Yuka Tamura και συν., διερευνήθηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν το δείκτη αξιολόγησης osteo-sono (OSI) σε 9743 μαθητές γυμνασίου και λυκείου (α. σε αγόρια, β. σε κορίτσια που είχαν εμμηναρχή και γ. σε κορίτσια που δεν είχαν εμμηναρχή). Υπήρχαν διαφορές μεταξύ των παραγόντων που σχετίζονται με τον δείκτη OSI μεταξύ αγοριών, κοριτσιών που είχαν εμμηναρχή, και κοριτσιών που δεν είχαν. Συγκρίνοντας αγόρια και κορίτσια που είχαν εμμηναρχή, και τα κορίτσια που δεν είχαν εμμηναρχή, παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις τιμές OSI μεταξύ των τριών ομάδων. Οι τιμές OSI των κοριτσιών που είχαν εμμηναρχή ήταν σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές OSI των κοριτσιών που δεν είχαν καθώς και των αγοριών ηλικίας 12-14 ετών.

Στα αγόρια ηλικίας 10-13 ετών, το ποσοστό της αύξησης δύναμης στα οστά είναι υψηλότερο στο σημείο όπου τα χαρακτηριστικά του φύλου αρχίζουν να αναπτύσσονται. Ωστόσο, για τα κορίτσια ηλικίας 9-11 χρόνια, ο ρυθμός αύξησης είναι υψηλότερος, λίγο πριν τα χαρακτηριστικά του φύλου αρχίζουν να αναπτύσσονται. Επειδή για τα κορίτσια η περίοδος της αύξησης της οστικής μάζας είναι νωρίτερα από ό, τι στα αγόρια, προκύπτει ότι οι τιμές του OSI για κορίτσια από 12 μέχρι 14 ετών, τα οποία είχαν φτάσει εμμηναρχή ήταν υψηλότερες από ό, τι οι τιμές OSI για τα αγόρια της ίδιας ηλικίας. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια του γυμνασίου, αρχίζει η σεξουαλική ανάπτυξη, με αποτέλεσμα την έκκριση ενός αυξημένου επιπέδου ορμονών (οιστρογόνα, τεστοστερόνη, κ.λ.π.). Η επίδραση των οιστρογόνων και της τεστοστερόνης στην οστική μάζα είναι να αναστέλλουν το σχηματισμό οστεοκλαστών, με αποτέλεσμα την μειωμένη απορρόφηση των οστών.³⁵

- **Παθητικό κάπνισμα**

Δεν έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες έκθεσης παιδιών σε παθητικό κάπνισμα, οι οποίες να καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το παθητικό κάπνισμα επηρεάζει τη σκελετική τους υγεία, έχουν πραγματοποιηθεί όμως σε ποντίκια. Σε μία μελέτη, 48 θηλυκοί αρουραίοι χωρίστηκαν σε έξι ομάδες: δύο, τριών και τεσσάρων μηνών έκθεσης στο παθητικό κάπνισμα και στις αντίστοιχες ομάδες ελέγχου. Εκθέτονταν σε καπνό τσιγάρου για 10 λεπτά και μετά το κλουβί τους αερίζονταν για 10 λεπτά. Η διαδικασία επαναλαμβανόταν ώστε η ποσότητα καπνού τσιγάρων να ισούται με 30 τσιγάρα που καπνίζουν οι βαριά καπνιστές ημερησίως. Βρέθηκε ότι στους αρουραίους που εκτέθηκαν τέσσερις μήνες η οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του μηριαίου οστού και τα επίπεδα β-ALP ήταν χαμηλότερα, ενώ τα επίπεδα TRACP 5b ήταν υψηλότερα από της

ομάδας ελέγχου. Συνεπώς, η έκθεση στον καπνό αναστέλλει το σχηματισμό οστών και αυξάνει την οστική απορρόφηση.³⁶

- **Φάρμακα**

Κορίτσια και νεαρές γυναίκες που λαμβάνουν ορισμένα φάρμακα βρίσκονται σε υψηλότερο επίπεδο κινδύνου για χαμηλή τιμή «κορυφαίας οστικής πυκνότητας». Ένα κλασικό παράδειγμα είναι τα κορτικοστεροειδή που χορηγούνται για την αντιμετώπιση και θεραπεία του άσθματος.

Την πλέον επιβαρυντική επίδραση στο σκελετό έχουν τα γλυκοκορτικοειδή, ενώ επιβλαβή θεωρούνται επίσης η υπερδοσολογία θυροξίνης, τα ανοσοκατασταλτικά, τα χημειοθεραπευτικά, η ηπαρίνη, τα διουρητικά, κ.α.³⁴

- **Άσκηση / Φυσική δραστηριότητα**

Σε επόμενη ενότητα περιγράφεται αναλυτικά η επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στη σκελετική υγεία των παιδιών.

1.3 Διατροφή και οστική μάζα στην παιδική ηλικία

Η διατροφή είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την ανάπτυξη ενός παιδιού καθώς, πέρα από ενέργεια, εφοδιάζει τον οργανισμό του και με απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, τα οποία εμπλέκονται στη σωστή λειτουργία και την ανάπτυξη όλων των συστημάτων του οργανισμού (π.χ. μυοσκελετικό, νευρικό, κ.α.).

Τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται τα παιδιά της σχολικής ηλικίας για να εξασφαλίσουν σωστή σκελετική υγεία χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα μικροθρεπτικά συστατικά (ασβέστιο, φώσφορος, νάτριο, μαγνήσιο, βιταμίνες, μέταλλα και ιχνοστοιχεία) και στα μακροθρεπτικά συστατικά (πρωτεΐνες, λιπίδια, υδατάνθρακες, φυτικές ίνες).³²

1.3.1 Μικροθρεπτικά συστατικά

✓ Ασβέστιο

Η επαρκής πρόσληψη ασβεστίου αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη μεγιστοποίηση της κορυφαίας οστικής μάζας και την ελαχιστοποίηση της οστικής απώλειας. Έλλειψη ασβεστίου κατά την περίοδο σχηματισμού των οστών συνεπάγεται χαμηλότερη κορυφαία οστική μάζα και σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καταγμάτων, τόσο στη νεαρή, όσο και στην ενήλικη ζωή, ενώ γενικά τα άτομα αυτά δεν αποκτούν τη γενετικώς προκαθορισμένη κορυφαία μάζα.

Οι ανάγκες σε ασβέστιο είναι μεγαλύτερες κατά την εφηβεία από ότι στην παιδική ή πρώιμη ενήλικη ζωή και αυτό υποστηρίζεται από τη μεγαλύτερη κατακράτηση ασβεστίου στο σώμα. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μεγάλης ταχύτητας ανάπτυξης κατά την κορύφωση της εφηβείας, καθώς και της σταθεροποίησης του σκελετού στην όψιμη εφηβεία. Συνεπώς, η διατροφή παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στο διπλασιασμό της οστικής μάζας κατά την εφηβεία. Σε βρέφη και παιδιά που οι ανάγκες είναι αυξημένες, λόγω της ανάπτυξης του σκελετού, η απορρόφηση του προσλαμβανόμενου ασβεστίου είναι περίπου 75%.³⁷

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο και σε άλλα θρεπτικά συστατικά, σημαντικά για την υγεία των οστών, όπως βιταμίνη D, κάλιο, μαγνήσιο, φωσφόρο, ψευδάργυρο. Καλές πηγές ασβεστίου αποτελούν και αρκετά τρόφιμα φυτικής προέλευσης, όπως το μπρόκολο, το κουνουπίδι, το λάχανο, τα λαχανάκια Βρυξελλών, τα γογγύλια, στα οποία το ασβέστιο απορροφάται σε ποσοστό $\geq 50\%$. Επίσης, τρόφιμα πλούσια σε φυτικό οξύ, όπως τα ξερά φασόλια, οι σπόροι σησαμιού και τα αμύγδαλα έχουν ποσοστό απορρόφησης ασβεστίου περίπου 20%.

Τα φυσικά μεταλλικά νερά θεωρούνται ως καλές πηγές ασβεστίου. Η συστηματική κατανάλωση μεταλλικών νερών πλούσιων σε ασβέστιο, έχει αναφερθεί ότι σχετίζεται με υψηλότερη οστική πυκνότητα στη σπονδυλική στήλη και με μειωμένη οστική απώλεια κατά την εμμηνόπαυση, ενώ αντίθετα νερά πτωχά σε ασβέστιο αυξάνουν τη συγκέντρωση οξαλικών στα ούρα.³⁷

Τα συμπληρώματα του ασβεστίου είναι απαραίτητα όταν αποκλείονται τα γαλακτοκομικά από τη διατροφή είτε λόγω δυσανεξίας είτε λόγω διαιτητικής αποστροφής. Η απορρόφηση του ασβεστίου από το γάλα και από διάφορα συμπληρώματα θεωρείται παρόμοια.

Το 2006, δημοσιεύτηκαν τα πορίσματα μιας Επιτροπής της Αμερικάνικης Ακαδημίας Παιδιατρικής σχετικά με τη διατροφή και τη σκελετική υγεία βρεφών, παιδιών και εφήβων. Υποστήριξε ότι η διατήρηση επαρκούς πρόσληψης ασβεστίου, (συνιστώμενες προσλήψεις) σύμφωνα με τις συστάσεις κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, μέσω μιας ισορροπημένης διατροφής, που περιλαμβάνει γαλακτοκομικά χαμηλά σε λιπαρά, φρούτα και λαχανικά, παράλληλα με σωματική δραστηριότητα, είναι η σημαντικότερη συνιστώσα για την καλή σκελετική υγεία και τη μείωση του κινδύνου καταγμάτων και οστεοπόρωσης στη μετέπειτα ενήλικη ζωή.³⁷

Σε μια τυχαιοποιημένη μελέτη των Ma XM και συν.³⁸, πραγματοποιήθηκε παρέμβαση για να καθορίσει τα κατάλληλα επίπεδα πρόσληψης ασβεστίου από τη διερεύνηση της επίδρασης των συμπληρωμάτων Ca στην οστική ανάπτυξη σε 220 Κινέζους εφήβους ηλικίας 12-14 ετών. Τα κορίτσια με υψηλή πρόσληψη ασβεστίου παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση στον αυχένα του μηριαίου BMC σε σύγκριση με εκείνα χαμηλής πρόσληψης Ca κατά τη διάρκεια της περιόδου παρέμβασης ενός έτους. Το ίδιο ίσχυσε και για τα αγόρια με υψηλή και μέτρια πρόσληψη Ca, σε σύγκριση με την ομάδα χαμηλής πρόσληψης Ca. Η αύξηση των επιπέδων πρόσληψης Ca με συμπληρώματα ασβεστίου ενισχύει μηριαίο οστό στους κινέζους εφήβους. Επιπλέον, τα υψηλά επίπεδα σωματικής δραστηριότητας φαίνεται να συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της μέγιστης οστικής μάζας.

Το γάλα και τα παράγωγά του προτείνονται ως χρήσιμα τρόφιμα για όλες τις περιόδους της ζωής, ιδίως κατά την παιδική ηλικία και εφηβεία, καθώς αποτελούνται από ασβέστιο, πρωτεΐνες, φώσφορο και άλλα μικροθρεπτικά συστατικά που μπορούν να βοηθήσουν την ανάπτυξη του σκελετού, των μυών και των νεύρων.³⁹

Η παγίωση διαιτητικών πρακτικών κατά την παιδική ηλικία που προάγουν την επαρκή πρόσληψη ασβεστίου κατά τη διάρκεια της ζωής, παραμένει ιδιαίτερα σημαντική. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη μελέτη των Greer FR και συν., η καθιέρωση ενός διαιτολογίου με γαλακτοκομικά χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά, φρούτα, λαχανικά και κατάλληλη φυσική δραστηριότητα είναι σημαντική για την επίτευξη της καλής υγείας των οστών.⁴⁰

Η τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη των Winzenberg T και συν., που εξέταζε την επίδραση των γαλακτοκομικών προϊόντων και του ολικού ασβεστίου της δίαιτας στην οστική ακεραιότητα παιδιών και νεαρών ενηλίκων, καθώς και την αποτελεσματικότητα της

συμπληρωματικής χορήγησης ασβεστίου στη βελτίωση της οστικής πυκνότητας σε υγιή παιδιά, δεν κατάφερε να αναδείξει κάποιο όφελος των παραπάνω στη σκελετική υγεία.⁴¹

✓ **Φώσφορος**

Ο φώσφορος συνδεδεμένος με το ασβέστιο δημιουργεί κρυστάλλους υδροξυαπατίτη που συνιστούν το κύριο οργανικό μέρος των οστών και των δοντιών.

Καλές φυσικές πηγές φωσφόρου είναι τα γαλακτοκομικά, το κρέας, το ψάρι και τα πουλερικά. Τα προψημένα φαγητά, τα γεύματα σε ταχυφαγεία και τα αναψυκτικά τύπου cola περιέχουν επίσης φώσφορο σε μεγάλες ποσότητες. Το φωσφορικό οξύ και τα ορθοφωσφορικά που περιέχονται σε επεξεργασμένα τρόφιμα απορροφώνται ταχύτατα και σε ικανοποιητικό βαθμό. Αντίθετα, ο φώσφορος που βρίσκεται συνδεδεμένος σε πρωτεΐνες και καζεϊνικά φωσφοπεπτίδια (γαλακτοκομικά) απορροφάται σε μικρότερο βαθμό, αφού πρώτα αποδεσμευτεί από την πρωτεΐνη.³⁷

Στόχος της μελέτης των Lee AW και συν., ήταν να εκτιμήσει τις ανεξάρτητες συσχετίσεις μεταξύ της πρόσληψης του φωσφόρου (P) και τις παραμέτρους της υγείας των οστών, όπως η οστική περιεκτικότητα (BMC) και την οστική πυκνότητα (BMD), από αγόρια και κορίτσια ηλικίας 13ετών και άνω που συμμετείχαν στην Εθνική Έρευνα Εξέταση 2005-2010 Υγείας και Διατροφής (NHANES). Η ανάλυση έδειξε ότι η υψηλότερη πρόσληψη P συσχετίστηκε με υψηλότερη πρόσληψη Ca. Επίσης, η υψηλή πρόσληψη του P δεν έχει καμία δυσμενή επίδραση στο μεταβολισμό των οστών σε πληθυσμούς με επαρκή πρόσληψη Ca, και επίσης συνδέεται επίσης με θετικές παραμέτρους των οστών σε ορισμένες ομάδες ηλικίας / φύλου.⁴²

✓ **Νάτριο**

Συμβάλλει στη ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας και στη νευρομυϊκή λειτουργία και επηρεάζει το μεταβολισμό του ασβεστίου με αυξημένες απώλειες στα ούρα όταν η πρόσληψη νατρίου είναι υπερβολική. Τρόφιμα πλούσια σε νάτριο είναι το επιτραπέζιο αλάτι, αλατισμένα τρόφιμα, αλλαντικά και παστά, κονσερβοποιημένα/ συσκευασμένα τρόφιμα, αεριούχα ροφήματα.³⁷

✓ **Μαγνήσιο**

Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη νευρομυϊκή μετάδοση επηρεάζοντας έτσι και τη λειτουργία του καρδιακού μυός. Έχουν προταθεί διάφοροι παθοφυσιολογικοί μηχανισμοί για τη δράση του μαγνησίου στην οστική πυκνότητα. Η ανεπάρκεια μαγνησίου μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του οστικού σχηματισμού, σε μη φυσιολογική παραγωγή παραθορμόνης και μειωμένη συγκέντρωση 1,25 (OH)₂ βιταμίνης D ορού.

Υπάρχουν μελέτες οι οποίες συσχετίζουν τη διαιτητική πρόσληψη του μαγνησίου με την οστική πυκνότητα, τα αποτελέσματα όμως των οποίων είναι αντικρουόμενα. Ο προσδιορισμός του επιπέδου μαγνησίου του σώματος δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με απλές μεθόδους. Πολύ καλές πηγές είναι τα δημητριακά ολικής αλέσεως, οι ξηροί καρποί, τα όσπρια και τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά.³⁷

Βιταμίνες

Οι ανάγκες των παιδιών σε βιταμίνες και ιχνοστοιχεία αυξάνονται με το πέρας της ηλικίας. Μια ισορροπημένη διαίτα μπορεί εύκολα να καλύψει αυτές τις ανάγκες.⁴³

✓ **Βιταμίνη D**

Διεγείρει την ενεργό εντερική απορρόφηση του ασβεστίου, προκαλώντας τη σύνθεση μιας πρωτεΐνης που δεσμεύει το ασβέστιο στα κύτταρα του εντερικού βλεννογόνου. Η ανεπάρκεια βιταμίνης οδηγεί σε μειωμένη απορρόφηση του διαιτητικού ασβεστίου, σε μεταβολές στο σχηματισμό της αναπτυξιακής πλάκας και σε ελαττωματική επιμετάλλωση του σκελετού, οδηγώντας σε ραχίτιδα. Μπορεί να οδηγήσει σε δευτεροπαθή υπερπαραθυρεοειδισμό, σε χαμηλότερες τιμές ασβεστίου και αυξημένο κίνδυνο οστικών ανωμαλιών.

Πηγές βιταμίνης D είναι τα λιπαρά ψάρια (σολομός, σαρδέλες), το βούτυρο, ο κρόκος του αυγού και τρόφιμα όπως το γάλα, η μαργαρίνη, οι χυμοί και τα δημητριακά πρωινού στα οποία τα τελευταία χρόνια η βιομηχανία τροφίμων έχει εμπλουτίσει με βιταμίνη D.³⁷

Τα επίπεδα της βιταμίνης D σχετίζονται με την οστική πυκνότητα και περιεκτικότητα σε παιδιά προσχολικής ηλικίας.⁴⁴ Μια άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη Φιλανδία σε 195 παιδιά ηλικίας 7-19 ετών καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα επίπεδα της βιταμίνης D είναι η κύρια συνιστώσα της μέγιστης οστικής μάζας και πυκνότητας για την ανάπτυξη των παιδιών, ακόμη και πιο ισχυρή από την σωματική δραστηριότητα ανεξάρτητα αν η διατροφική πρόσληψη καλύπτει τις συστάσεις.⁴⁵

Στη μελέτη των Winzenberg T και συν., φάνηκε πως τα συμπληρώματα βιταμίνης D δεν είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στη συνολική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα των οστών του σώματος ή στην οστική πυκνότητα στο ισχίο ή το αντιβράχιο. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα συμπληρώματα βιταμίνης D είναι ευεργετικά σε παιδιά και εφήβους με φυσιολογικά επίπεδα βιταμίνης D.⁴⁶

Η βιταμίνη D προσλαμβάνεται με την τροφή (D2-εργοκαλσιφερόλη) ή παράγεται στο δέρμα με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (D3-χοληκαλσιφερόλη). Μέχρι πρόσφατα η διαιτητική πρόσληψη της βιταμίνης D θεωρούνταν σημαντική για ομάδες που δεν είχαν επαρκή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία (βρέφη, ηλικιωμένοι). Δεν υπάρχει όμως ακόμα μια ευρέως αποδεκτή συμφωνία σχετικά με τα φυσιολογικά επίπεδα 25(OH)D, εντούτοις υπάρχουν ενδείξεις χαμηλών συγκεντρώσεων βιταμίνης D σε πληθυσμούς με αυξημένη ηλιοφάνεια, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας.⁴⁷

Στη μελέτη των Hilger J και συν., λαμβάνοντας δεδομένα 195 μελετών από 44 χώρες παρουσιάζονται τα επίπεδα πρόσληψης βιταμίνης D στις διάφορες ηλικιακές ομάδες. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα που αφορούν τα παιδιά και τους εφήβους, κυμαίνονται από 24,4 nmol/ l στη Δανία έως 116 nmol/ l στο Ιραν, διαφορά η οποία είναι κατανοητή λόγω στέρσης του ήλιου στη μία περίπτωση και αυξημένης ηλιοφάνειας στην άλλη.⁴⁸

✓ Βιταμίνη K

Συμβάλλει στη ρύθμιση γονιδίων που μετέχουν στην οστική ανακατασκευή και στην παραγωγή κολλαγόνου. Στη μελέτη Study Osteoporotic Fractures καταδείχτηκε ότι οι γυναίκες με χαμηλή πρόσληψη βιταμίνης K παρουσίασαν τάση αυξημένου κινδύνου κατάγματος του ισχίου.

Πηγές: τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά, το σογιέλαιο και ελαιόλαδο, υδρογονωμένα έλαια, προϊόντα ζύμωσης.³⁷

Στη διαχρονική μελέτη των van Summeren MJ και συν, σε 307 υγιή παιδιά (μέση ηλικία 11,2 χρόνια), η βιταμίνη K συμβάλλει στην υγεία των οστών πιθανώς μέσω του ρόλου της ως συν-παράγοντας για την καρβοξυλίωση της οστεοκαλσίνης. Καθορίστηκε εάν οι βιοχημικοί δείκτες της βιταμίνης K σχετίζονται με την οστική περιεκτικότητα (BMC), τους δείκτες οστικού μεταβολισμού, την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και του

αυχένα του μηριαίου. Καλύτερα επίπεδα βιταμίνης K σχετίζονται με μεγαλύτερη αύξηση στην οστική μάζα σε υγιή παιδιά.⁴⁹

✓ Βιταμίνη A

Είναι αναγκαία για την όραση, τη σωματική ανάπτυξη, την εμβρυική αύξηση, τη διαφοροποίηση των κυττάρων, τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και την αναπαραγωγή. Βρίσκεται στα πλήρη γαλακτοκομικά προϊόντα, στο βούτυρο, στο τυρί, στον κρόκο αυγού, σε λιπαρά ψάρια, στα ιχθυέλαια και στο συκώτι. Τα καροτενοειδή της βιταμίνης A βρίσκονται στα πράσινα και στα κίτρινα λαχανικά και φρούτα, όπως το σπανάκι, η κολοκύθα, η γλυκοπατάτα, τα καρότα, τα βερίκοκα, τα ροδάκινα.³⁷

✓ Ανόργανα στοιχεία

Όπως ο σίδηρος, ο οποίος είναι αναγκαίος για τη σύνθεση του κολλαγόνου του συνδετικού ιστού, ο ψευδάργυρος, ο οποίος μειώνει την οστική απορρόφηση και διεγείρει τον οστικό σχηματισμό, ο χαλκός και το μαγγάνιο η ανεπάρκεια των οποίων οδηγεί σε διάφορες σκελετικές ανωμαλίες, αποτελούν μέταλλα και ιχνοστοιχεία που επηρεάζουν τη σκελετική υγεία.³⁷

Ακολουθεί πίνακας με τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη μικροθρεπτικών συστατικών:

Συστατικό	Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	Συστατικό	Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη
Βιταμίνη A	600 µg	Βιταμίνη B6	2 mg
Βιταμίνη C	60 mg	Βιταμίνη B12	6µg
Ασβέστιο	1000 mg	Βιταμίνη K	80 µg
Σίδηρος	8 mg	Φώσφορος	1000 mg
Βιταμίνη D	0-12 µg	Μαγνήσιο	240 mg

Πίνακας 1.1 Συνιστώμενες Ημερήσιες Προσλήψεις για παιδιά 9-13 ετών^{37,50}

1.3.2 Μακροθρεπτικά συστατικά

✓ Πρωτεΐνες

Η οστική πυκνότητα σε άτομα με υψηλότερη πρόσληψη πρωτεϊνών είναι υψηλότερη σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και στα δύο φύλα. Προκειμένου να υπάρξουν τα μέγιστα οφέλη από την πρόσληψη πρωτεΐνης απαιτείται ικανοποιητική πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D για να αντισταθμιστεί η μικρή ασβεστιουρία.³⁷

Η πρωτεΐνη συμμετέχει στη διατήρηση των ιστών, στις αλλαγές στη σύσταση σώματος και στη σύνθεση νέων ιστών. Οι ημερήσιες ανάγκες του οργανισμού σε πρωτεΐνες είναι περίπου 15-20% των συνολικών ημερήσιων προσλαμβανόμενων θερμίδων. Άτομα με υψηλότερη πρωτεϊνική πρόσληψη παρουσιάζουν υψηλότερη οστική πυκνότητα σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και στα δύο φύλα.³²

✓ Λιπίδια

Η αυξημένη πρόσληψη ω-3 λιπαρών οξέων συμβάλλει στην αύξηση της απορρόφησης ασβεστίου, μειώνει την απομάκρυνση ασβεστίου από τα οστά και αυξάνει την επιμετάλλωση των οστών. Συνιστάται παράλληλη αύξηση της πρόσληψης τροφίμων πλούσιων σε ω-3 λιπαρά οξέα και μείωση της πρόσληψης τροφίμων πλούσιων σε ω-6 λιπαρά οξέα. Η πρόσληψη λίπους δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 30-35% των συνολικών προσλαμβανόμενων θερμίδων ημερησίως.³⁷

✓ Οξαλικά οξέα

Λαχανικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξαλικά (μπρόκολο, κουνουπίδι, γογγύλια), παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό απορρόφησης του περιεχόμενου ασβεστίου ($\geq 50\%$). Το οξαλικό που βρίσκεται στο κακάο, τη σόγια, το σπανάκι, εμποδίζει την εντερική απορρόφηση του ασβεστίου, επειδή σχηματίζει με αυτό οξαλικό ασβέστιο.³⁷

✓ Διαιτητικές ίνες

Υπερβολική ποσότητα διαιτητικών ινών στο ημερήσιο διαιτολόγιο (40-50g) ασκεί μια μέτρια αρνητική επίδραση στην εντερική απορρόφηση του ασβεστίου.³⁷

✓ Καφεΐνη

Η σχέση ανάμεσα στην πρόσληψη καφεΐνης και την απώλεια οστού οφείλεται σε μείωση της απορρόφησης ασβεστίου που προκαλείται στις περιπτώσεις αυτές, καθώς και από το γεγονός ότι άτομα που καταναλώνουν αυξημένες ποσότητες καφεΐνης, σημειώνουν παράλληλα μειωμένη πρόσληψη γάλακτος. Τα καφεϊνούχα ροφήματα περιέχουν συνήθως και άλλα συστατικά που ενδεχομένως επηρεάζουν τον οστικό μεταβολισμό, όπως το κάλιο που έχει υποασβεστιουρητική δράση και η ζάχαρη. Τα αντιοξειδωτικά που περιέχονται στον καφέ και το τσάι, έχουν ευεργετική δράση στα οστά.

Τα αναψυκτικά τύπου cola περιέχουν καφεΐνη και φωσφορικό οξύ, το οποίο μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς το οστόν. Στη Framingham Osteoporosis Study, 1.413 γυναικών και 1.125 ανδρών, η πρόσληψη αναψυκτικών τύπου cola σχετιζόταν σημαντικά με χαμηλότερη οστική πυκνότητα στο ισχίο (μόνο στις γυναίκες). Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα για την cola διαίτης και λιγότερο σημαντικά για την ντεκαφεϊνέ cola, ενώ καμία σημαντική συσχέτιση δεν παρατηρήθηκε ανάμεσα στην οστική πυκνότητα και την κατανάλωση των υπολοίπων ανθρακούχων αναψυκτικών.³⁷

1.4 Μελέτες που διερευνούν τη σχέση της διατροφής με την οστική υγεία στα παιδιά

Στο άρθρο των Prentice A. και συν., φαίνεται ο ρόλος της διατροφής να έχει μεγάλη σπουδαιότητα στην ανάπτυξη του οστού προκειμένου να αποφευχθούν ανεπάρκειες από ελλείψεις βασικών θρεπτικών συστατικών, να βελτιωθεί η οστική μάζα και να μειωθεί ο κίνδυνος οστεοπόρωσης. Κλασσικές διατροφικές ελλείψεις σχετίζονται με το νανισμό (από έλλειψη ενέργειας, πρωτεΐνης, ψευδαργύρου), με το ραχιτισμό και την οστεομαλακία (από έλλειψη βιταμίνης D) και με άλλες σκελετικές ανωμαλίες ή κατάγματα (από έλλειψη βιταμίνης C). Οι διατροφικές ανεπάρκειες σχετίζονται με κακή διατροφή, χρόνιο υποσιτισμό και φτωχή απορρόφηση ασβεστίου κάτι που οδηγεί σε καθυστέρηση ανάπτυξης.

Ο νανισμός, αντιπροσωπεύει χρόνια καθυστέρηση της ανάπτυξης. Ο ραχιτισμός οφείλεται σε ανωμαλίες του σκελετού των παιδιών, όπου το κολλαγόνο στα οστά είναι χαμηλό. Η οστεομαλακία, είναι η αποτυχία μεταλλοποίησης στον δοκιδώδη ιστό και τη φλοιώδη επιφάνεια και μπορεί να συμβεί και στα παιδιά. Αναφορικά με τα κατάγματα, στα παιδιά είναι συχνά στον άνω πήχη.⁵¹ Στις Δυτικές χώρες είναι συχνά τα κατάγματα σε παιδιά κατά την ήβη, ίσως γιατί τα συστατικά του οστού έχουν περισσότερη πυκνότητα σε μέταλλα.⁵²

Σύμφωνα με το άρθρο, για την ανάπτυξη του ανθρώπινου σκελετού απαιτείται επαρκής παροχή θρεπτικών συστατικών που προέρχονται από τις πρωτεΐνες, τους υδατάνθρακες και τα λίπη. Επίσης, η δύναμη του οστού καθορίζεται από την οστική μάζα, την οστική πυκνότητα, το μέγεθος, τη γεωμετρία και την κατανομή του οστού. Το 99% του ασβεστίου του σώματος βρίσκεται στο σκελετό. Σχετικά με το Ca, τα συστατικά που α) ενισχύουν την απορρόφηση, είναι η βιταμίνη D, το Ca, τα σάκχαρα, β) μειώνουν την απέκκριση η βιταμίνη B και τα τρόφιμα περιέχουν αλκάλια, γ) εμποδίζουν την απορρόφηση είναι τα λίπη, τα άλατα φυτικού οξέως και τα οξαλοξικά και δ) προωθούν την απομάκρυνση είναι το νάτριο, η καφεΐνη, η ζωική πρωτεΐνη και όσα παράγουν οξέα.

Στις Αφρικανικές και Ασιατικές χώρες, παρά την αρκετή ηλιοφάνεια, παρατηρείται ανεπάρκεια βιταμίνης D, κάτι που συνδέεται με την ποιότητα ζωής και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στην Αγγλία, την Ιρλανδία και τη Δυτική Ευρώπη υπάρχουν αυξημένα ποσοστά ραχίτιδας στις μειονότητες, λόγω κακής διατροφής.⁵²

Στη μελέτη Kohri T. και συν.⁵³, συσχετίζονται η πρόσληψη βιταμινών με την οστική μάζα σε κορίτσια πριν την εμμηναρχή και αγόρια ίδιας ηλικίας της Ιαπωνίας. Η επίδραση όλων των βιταμινών σχετίζεται θετικά με την ανάπτυξη των οστών. Επίσης, αναφέρεται πως η επίδραση της βιταμίνης A στα οστά ποικίλει ανάλογα με την ηλικία και το φύλο.

Η επίδραση της βιταμίνης B₁ λειτουργεί ως συμπληρωματικός παράγοντας για το μεταβολισμό των υδατανθράκων, μετατρέποντας τη ζάχαρη και το άμυλο στην ενέργεια που χρειάζεται ο οργανισμός. Η ενέργεια αυτή που προσλαμβάνεται έχει θετική σχέση με την οστική μάζα.

Η επίδραση της βιταμίνης C από τη διατροφή συμπεριλαμβανομένων και των συμπληρωμάτων, επίσης δρα θετικά στην ανάπτυξη των οστών. Σχετικά με τη βιταμίνη D, η ανεπάρκειά της αποτελεί παράγοντα που οδηγεί σε κατάγματα. Στο σημείο αυτό αναφέρεται πως η έκθεση στον ήλιο είναι ακόμα πιο σημαντική από την πρόσληψη μόνο βιταμίνης.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, εκτός από τις βιταμίνες, σχετίζονται θετικά με την ανάπτυξη των οστών των αγοριών το ασβέστιο και το μαγνήσιο.

Στη μελέτη Hirota T. και συν., οι αλλαγές στη διαίτα συνδέονται με αλλαγές στη σύνθεση των οστών. Η αρχική κατάσταση των οστών, η οποία ρυθμίζεται από το ύψος και το βάρος 10χρονων και 11χρονων Ιαπώνων παιδιών, συνδέεται θετικά με την πρόσληψη

μικρών ψαριών, γαλακτοκομικών προϊόντων, προϊόντων σόγιας, φρούτων και λαχανικών, αλλά αρνητικά με την κατανάλωση κρέατος.

Τα κόκαλα των μικρών ψαριών, το δέρμα και η κοιλιά τους, είναι πλούσια σε ασβέστιο, βιταμίνη D, πρωτεΐνη, ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και άλλες θρεπτικές και ευεργετικές βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Ετήσιες αυξήσεις στην κατάσταση των οστών σε παιδιά 10 και 11 ετών, σχετίζονται με αύξηση στην πρόσληψη ψαριών, μικρών ψαριών, φρούτων και λαχανικών.

Διάφορες επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα συμπληρώματα ασβεστίου αυξάνουν την οστική πυκνότητα παιδιών και εφήβων. Έτσι, η διαιτητική πρόσληψη ασβεστίου που συστήνεται στις δυτικές χώρες, έχει αυξηθεί για τα παιδιά και τους εφήβους προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η μέγιστη οστική μάζα. Αρκετές προοπτικές μελέτες έχουν επισημάνει τη σημαντική επίδραση των συμπληρωμάτων ασβεστίου στη συσσώρευση των οστών στην αρχή της εφηβείας. Αναδρομικές μελέτες αποδεικνύουν τη σημαντική σχέση μεταξύ πρόσληψης γάλακτος και κορυφαίας οστικής μάζας σε ενήλικες.⁵²

Ο Magkos F. και συν., στη μελέτη τους για τις διαφορές ποσοτικών δεδομένων με μετρήσεις υπερήχων στη φτέρνα στην κλινική πράξη και σε άλλη μελέτη τους στον ελληνικό πληθυσμό, κατέληξαν στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Η μέθοδος DXA αποτελεί μια μέθοδο για τη διαγνωστική εκτίμηση της οστικής πυκνότητας και για την ταξινόμηση των ατόμων σε κατηγορίες οστεοπορωτικού κινδύνου.

Η περιφερική υπερηχογραφία, έχει γίνει πολύ δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, προσφέροντας μια εναλλακτική λύση και αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση της σκελετικής κατάστασης. Είναι χρήσιμη στην κλινική πρακτική για διάκριση κινδύνου κατάγματος, πρόβλεψη αντοχής των οστών ή /και πρόβλεψη για τη διάγνωση οστεοπόρωσης, καθώς και παρακολούθηση των σκελετικών αλλαγών κατάστασης. Πρόσθετα οφέλη των υπερήχων είναι το χαμηλό κόστος, η απλότητα της χρήσης, η δυνατότητα μεταφοράς και η απουσία έκθεσης σε ακτινοβολία.

Παρ'όλα αυτά, η αξιολόγηση της κατάστασης των οστών με τη χρήση υπερήχων της φτέρνας των δύο ποδιών δεν δίνει ασφαλή συμπεράσματα για τον κίνδυνο κατάγματος.⁵⁵

1.5 Άσκηση στην παιδική ηλικία

Η φυσική δραστηριότητα ρυθμίζει τη δραστηριότητα των οστικών κυττάρων, ενισχύοντας έτσι το σχηματισμό των οστών. Οι ακόλουθοι τύποι άσκησης συνιστώνται για πρόληψη της οστεοπόρωσης: ασκήσεις δύναμης και ασκήσεις με βάρη, που διεγείρουν τα οστικά κύτταρα (π.χ., περπάτημα, τρέξιμο, άλματα, άρση βαρών, χορός), ενώ λιγότερο δυναμικές ασκήσεις αποκαθιστούν την ισορροπία της μυϊκής έντασης, αυξάνουν τη δύναμη των μυών και βελτιώνουν την ισορροπία (π.χ., ισομετρικές ασκήσεις, ποδηλασία, κολύμβηση).⁵⁶

1.6 Μελέτες που έχουν συσχετίσει άσκηση με σκελετική υγεία

Πλήθος μελετών έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να εξετάσουν το ρόλο που διαδραματίζει η φυσική δραστηριότητα στην οστική υγεία των παιδιών. Στη μελέτη Kohri T. και συν (2012), η μέτριας έντασης σωματική δραστηριότητα την ημέρα φαίνεται να αποτελεί ένα θετικό παράγοντα για την ανάπτυξη των οστών για τα αγόρια προεφηβικά, κατά την εφηβεία και για όλα τα κορίτσια ιδιαίτερα εκείνα πριν την έμμηνου ρήση.⁵

Σε άλλη μελέτη των Jackowski SA και συν, εξετάστηκε, σε παιδιά 4-12 ετών, η σχέση μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας με την οστική ανάπτυξη και την ανάπτυξη της αντοχής των οστών σε ακτίνα και κνήμη, και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρέχει σκελετικά οφέλη και μάλιστα μπορεί να είναι επωφελής για την ανάπτυξη οστού στον καρπό.⁵⁷

Σε μελέτη των Määtä M και συν., η οποία προσπάθησε να αιτιολογήσει την εμφάνιση καταγμάτων στο αντιβράχιο, φάνηκε ότι στα κορίτσια η απουσία της δύναμης των οστών μπορεί να οδηγήσει σε κατάγματα, ενώ στα αγόρια ένας συνδυασμός κακής ισορροπίας, το υπερβολικό σωματικό λίπος και η χαμηλή φυσική δραστηριότητα μπορούν να οδηγήσουν επίσης στο ίδιο αποτέλεσμα.⁵⁸

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι η συμμετοχή σε αθλήματα με μπάλα πολλών κατευθύνσεων και η επαφή τους με το έδαφος μπορεί να οδηγήσει σε πιο σκληρά και άθραυστα οστά, παράλληλα με μια ισορροπημένη διατροφή, και στις νέες αθλήτριες να εξασφαλίσει καλή έμμηνου ρύση.⁵⁹

Στη μελέτη Nogueira RC, φάνηκε ότι δέκα λεπτά υψηλής έντασης άσκηση (capoeira και άλμα) τρεις φορές την εβδομάδα στον χώρο του σχολείου ενισχύει το μυοσκελετικό σύστημα στα κορίτσια πρώιμης εφηβείας και μάλιστα τα κορίτσια που ασκούσαν

βελτίωσαν το BUA περισσότερο σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (+4.5% vs. +1.4%, $p=0.019$).⁶⁰

Στη μελέτη των Xu H και συν, που συμπεριέλαβε 11.898 βρέφη και παιδιά βρέθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της οσφυϊκής οστικής πυκνότητας των υγιών παιδιών με την ηλικία του παιδιού και του τρέχοντος βάρους, με την αύξηση του σωματικού βάρους της μητέρας κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, το βάρος γέννησης, και τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας των παιδιών.⁶¹

Σε μελέτη που συμπεριέλαβε κορίτσια ηλικίας 10-13 ετών, φάνηκε ότι η συνήθης φυσική δραστηριότητα επηρεάζει τη γεωμετρία τόσο του φλοιού και όσο και της δοκιδώδους περιοχής ενός μακρού οστού με ένα δόσοεξαρτώμενο τρόπο. Συγκεκριμένα, η φυσική δραστηριότητα αυξάνει τόσο την πυκνότητα και το μέγεθος του φλοιώδους οστού, όσο την πυκνότητα του δοκιδώδους οστού κατά την προεφηβεία. Δεδομένης της σημασίας της μέγιστης οστικής μάζας για τον μελλοντικό κίνδυνο κατάγματος, τα υψηλά επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας μπορεί να αποτελούν σημαντικό στόχο για τις παρεμβάσεις δημόσιας υγείας που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της υγείας των οστών σε παιδιά προεφηβικής ηλικίας.⁶²

Τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση με βάρη παράλληλα με υψηλή πρόσληψη ασβεστίου αποτελεί μια πρακτική μέθοδος για να βελτιώσει σημαντικά την οστική πυκνότητα σε παιδιά προεφηβικής ηλικίας, δικαιολογώντας την εφαρμογή αυτής της μορφής άσκησης ως μέθοδος πρόληψης της οστεοπόρωσης.⁶³

Σε μελέτη με 248 υγιή κορίτσια 9-12 ετών, τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι η κακή ποιότητα των μυών μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα κορίτσια για τη μη ομαλή ανάπτυξη των οστών. Η σωματική δραστηριότητα με βάρη σχετίζεται με τα βέλτιστα κέρδη για την οστική πυκνότητα και αντοχή στα κορίτσια, αλλά έχει μικρότερο όφελος σε ό,τι αφορά αλλαγές στην ποιότητα των μυών.⁶⁴

Η μεγαλύτερη επίδραση παρατηρήθηκε σε παιδιά της πρώιμης εφηβείας. Μία προοπτική μελέτη στη Σουηδία, έδειξε ότι ένα πρόγραμμα γυμναστικής στο σχολείο, μέτριας έντασης, διάρκειας 4 χρόνων αύξησε την οστική μάζα και το μέγεθος των οστών στα παιδιά ηλικίας 7- 9 ετών, χωρίς όμως να αυξήσει τον κίνδυνο κατάγματος.⁶⁵ Το ίδιο φαίνεται και στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε παιδιά ηλικίας 7- 9 ετών διάρκειας 3 χρόνων.⁶⁶

Είναι γνωστή η σχέση μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας (PA) και της υγείας των οστών, αν και ο ρόλος του ποσοστού σωματικού λίπους (% BF) και της φυσικής κατάστασης ως συγχυτικούς παράγοντες σε αυτή τη σχέση παραμένει αβέβαιη.⁶⁷ Στη μελέτη των Torres-Costoso A και συν. σε 132 παιδιά 8-11 ετών βρέθηκε ότι η φυσική κατάσταση και το ποσοστό σωματικού λίπους, έχει μεσολαβητικό ρόλο στη σχέση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και οστικής μάζας.⁶⁸

Στη μελέτη των Jackowski SA και συν. στην οποία συμμετείχαν 127 παιδιά 4-12 ετών, παρατηρήθηκε ότι τα παιδιά που εκτίθονταν σε ψυχαγωγική γυμναστική είχαν σημαντικά μεγαλύτερη συνολική περιεκτικότητα των οστών. Είχαν σημαντικά μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια ($18,0 \pm 7,5 \text{ mm}^2$), καθώς και συνολική περιεκτικότητα των οστών ($6,0 \pm 3,0 \text{ mg / mm}$) ($p < 0,05$). Αυτό αντιπροσωπεύει ένα όφελος 8-21% στη συνολική επιφάνεια και 8-15% όφελος στη συνολική περιεκτικότητα των οστών. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η έκθεση σε πρόωμη ηλικία σε γυμναστική αναψυχής παρέχει σκελετικά οφέλη.⁵⁷

Η μελέτη των Tan VP και συν. αποτελεί συστηματική ανασκόπηση σε 14 μελέτες παρέμβασης και 23 μελέτες παρατήρησης υποστηρίζοντας την αποτελεσματικότητα των ασκήσεων με βάρη στην οστική μάζα, ειδικά κατά την περίοδο της ανάπτυξης. Η προεφηβεία και η εφηβεία φαίνεται να είναι η πιο κατάλληλη στιγμή για τα αγόρια και τα κορίτσια για την ενίσχυση της αντοχής των οστών μέσω της φυσικής δραστηριότητας.⁶⁹

Η μελέτη των Wen LM και συν πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία σε 1.362 παιδιά ηλικίας 10-13 ετών με σκοπό να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ του τρόπου μετακίνησης στο σχολείο και της παιδικής παχυσαρκίας, καθώς επίσης και η σχέση μεταξύ τηλεόρασης και παιδικής παχυσαρκίας. Σε σύγκριση με τα παιδιά που πήγαιναν στο σχολείο καθημερινά με αυτοκίνητο, τα παιδιά που περπατούσαν στο σχολείο ημερησίως είχαν σημαντικά λιγότερες πιθανότητες να είναι παχύσαρκα. Επίσης, τα παιδιά που έβλεπαν τηλεόραση περισσότερο από δύο ώρες την ημέρα είχαν επίσης περισσότερες πιθανότητες να είναι παχύσαρκα, σε σχέση με όσα έβλεπαν λιγότερο από μία ώρα την ημέρα.⁷⁰

Στη μελέτη των Herrmann D και συν, η σωματική δραστηριότητα (PA) και μικροθρεπτικά συστατικά, όπως το ασβέστιο (Ca), η βιταμίνη D (25OHD) και ο φώσφορος (PO) είναι σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη του σκελετού. Στη μελέτη ασθενών-μαρτύρων των Herrmann D και συν. εξετάστηκε η σύνδεση των εν λόγω διατροφικών βιοδεικτών με διαφορετικές συμπεριφορές φυσικής άσκησης, όπως η συνήθης άσκηση, ασκήσεις με βάρη (WBE) και η καθιστική ζωή (SED) σε 1.089 παιδιά ηλικίας 2-9

ετών. Αν και οι θρεπτικοί βιοδείκτες φαίνεται να παίζουν ένα δευτερεύοντα ρόλο σε σχέση με την οστεογόνο δράση της φυσικής δραστηριότητας και της άσκησης με βάρη, είναι αξιοσημείωτο ότι ο μεγαλύτερος κίνδυνος για κακή SI παρατηρήθηκε με το χαμηλότερο Ca ορού ($<2,5 \text{ mmol / l}$) ή κατώτερο 25OHD ($<43.0 \text{ nmol / l}$) και τη μη συμμετοχή σε αθλήματα.⁷¹

Στη μελέτη των De Smet S και συν, αξιολογείται με μετρήσεις υπερήχων πώς επηρεάζονται τα οστά των παιδιών (306 παιδιά ηλικίας 6-12 ετών) από την κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων και μετρημένης φυσικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν η ταχύτητα του ήχου (SOS), η ευρυζωνική εξασθένηση υπερήχων (BUA) και η ακαμψία Index (SI). Η συνολική κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων συσχετίστηκε θετικά με SOS και SI, αλλά όχι με BUA. Επίσης, η καθιστική ζωή συσχετιζόταν αρνητικά με τους δείκτες BUA και SI. Εν κατακλείδι, ακόμη και σε νεαρή ηλικία, η φυσική δραστηριότητα και η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων να επηρεάσουν θετικά την οστική μάζα και αποτελεί έναν σημαντικό προστατευτικό παράγοντα κατά της οστεοπόρωσης στη μετέπειτα ζωή.⁷²

Η μελέτη της Babaroutsi E και συν, πραγματοποιήθηκε σε υγιείς Έλληνες άντρες διαφόρων ηλικιών, συμπεριλαμβανομένων 192 παιδιών, 106 ενηλίκων και 86 ηλικιωμένων για την αξιολόγηση της σκελετικής τους κατάστασης, με τη μέθοδο ποσοτικής υπερήχων (QUS). Ο δείκτης BUA συσχετίστηκε θετικά με το ύψος, το βάρος, και τον ΔΜΣ. Οι υπέρβαροι και παχύσαρκοι άνδρες είχαν σημαντικά υψηλότερο BUA από τα άτομα με φυσιολογικό βάρος. Τα αγόρια που συμμετείχαν σε οργανωμένες φυσικές δραστηριότητες είχαν σημαντικά υψηλότερα SOS, QUI.⁷³

1.7 Βιβλιογραφικό κενό

Είναι γεγονός ότι η οστική μάζα στα παιδιά επηρεάζεται τόσο από διατροφικούς παράγοντες όσο και από τη φυσική δραστηριότητα. Πλήθος μελετών εκτός ελλαδικού χώρου φαίνεται να υποστηρίζουν την παραπάνω παραδοχή και πιο συγκεκριμένα ότι η διατροφή που είναι επαρκής σε γαλακτοκομικά, ψάρια, φρούτα και λαχανικά, εξασφαλίζει επαρκείς ποσότητες ασβεστίου, φωσφόρου και βιταμίνης D που είναι συστατικά απαραίτητα για την οστική σύνθεση.⁵⁰⁻⁵⁵ Επιπρόσθετα, συχνή φυσική δραστηριότητα η οποία προωθείται από τα ομαδικά αθλήματα, φαίνεται να επιδρά ακόμα πιο ισχυρά σε αύξηση της οστικής μάζας κατά την παιδική ηλικία.⁵⁹

Από τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη να διερευνηθεί η πιθανότητα συσχέτισης των συνηθειών διατροφής ή/και άσκησης με την οστική μάζα παιδιών σε δείγμα από τον ελλαδικό χώρο.

1.8 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η σχέση ανάμεσα στις διατροφικές συνήθειες και τη σωματική δραστηριότητα παιδιών ηλικίας 10-12 ετών με την οστική τους μάζα όπως αυτή εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της οστικής υπερηχομετρίας.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Πληθυσμός μελέτης

Η μελέτη Healthy Growth αποτελεί μία συγχρονική (cross-sectional) επιδημιολογική μελέτη που επιπλέον συνδυάζει την αναδρομική συλλογή πληροφοριών από παιδιά σχολικής-προεφηβικής ηλικίας (10 έως 12 ετών) και τους γονείς τους. Η μελέτη ξεκίνησε με την εφαρμογή ενός πρώτου πιλοτικού σταδίου το οποίο είχε ως στόχο τον ποιοτικό έλεγχο των παρατηρήσεων και του τρόπου συλλογής τους. Μετά την ολοκλήρωση του πιλοτικού σταδίου ακολούθησε το δεύτερο κυρίως στάδιο της μελέτης συλλογής των δεδομένων. Η επιλογή των υπό-μελέτη σχολείων πραγματοποιήθηκε μετά από τη λήψη σχετικής έγκρισης από το Τμήμα Αγωγής Υγείας και Περιβαλλοντικής Αγωγής του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και μετά την γνωμοδότηση του Τμήματος Ερευνών Τεκμηρίωσης και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Επιπλέον, έγκριση για τη διεξαγωγή της μελέτης πάρθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Στη μελέτη κλήθηκε να συμμετάσχει ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός τυχαία επιλεγμένων δημοτικών σχολείων από πέντε (5) νομούς της ελληνικής επικράτειας (Αθήνας, Πειραιά, Αιτωλοακαρνανίας, Ηρακλείου Κρήτης και Θεσσαλονίκης). Μετά τη θετική ανταπόκριση των σχολείων που επιλέχθηκαν για να συμμετάσχουν στη μελέτη, όλοι οι γονείς ή κηδεμόνες των παιδιών που φοιτούν στις Ε΄ και ΣΤ΄ τάξεις των σχολείων αυτών έλαβαν ένα εκτενές ενημερωτικό γράμμα που περιέγραφε αναλυτικά τους σκοπούς, τα στάδια και τις μετρήσεις που θα λάμβαναν χώρα στα πλαίσια της μελέτης. Όσοι γονείς ή κηδεμόνες συναίνεσαν για τη συμμετοχή του παιδιού τους στην μελέτη θα έπρεπε να υπογράψουν και να επιστρέψουν στην ερευνητική ομάδα του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου

το σχετικό συμφωνητικό εθελοντικής συμμετοχής που θα υπήρχε στο τέλος του ενημερωτικού γράμματος.

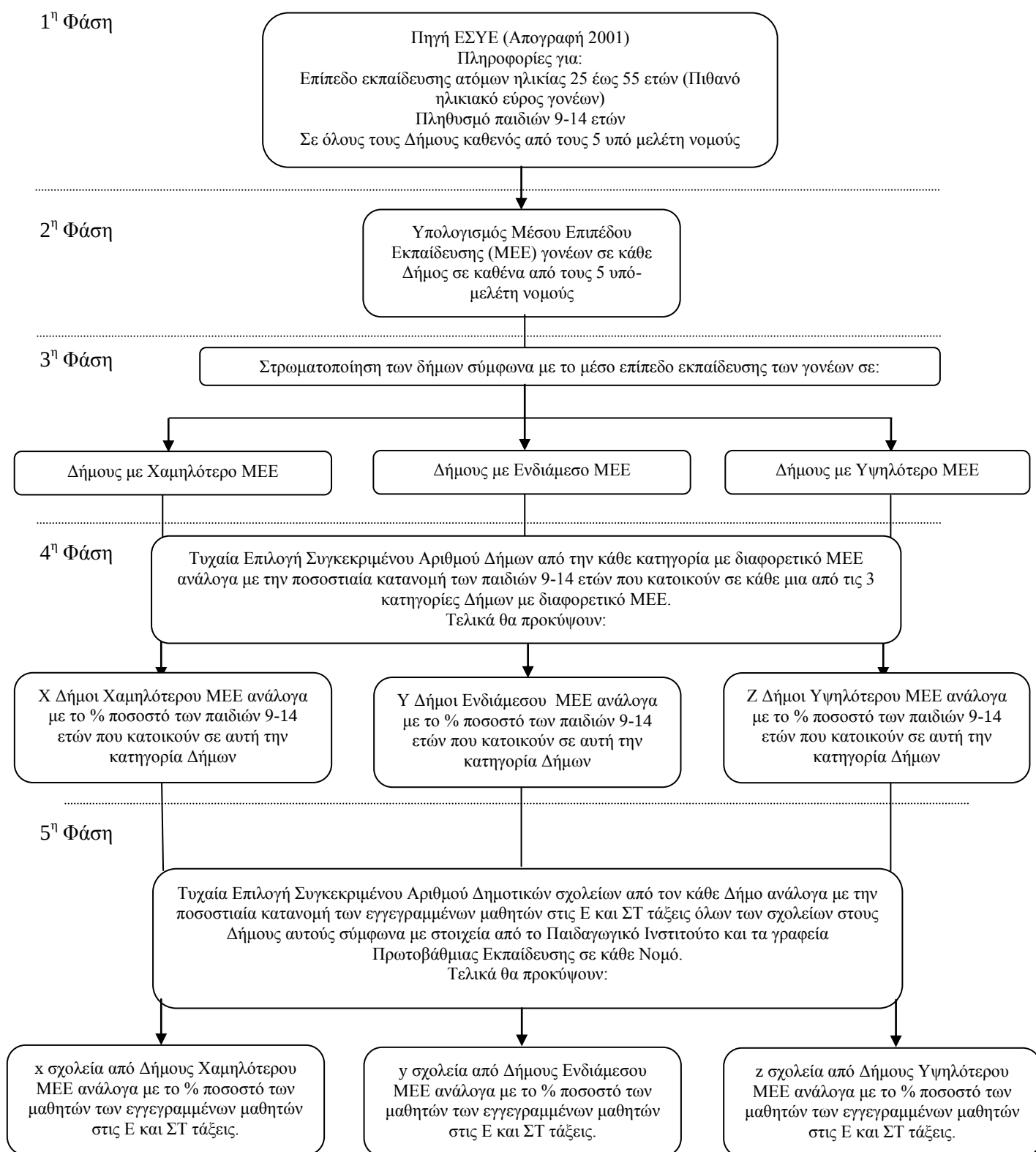
2.2 Δειγματοληψία-Τυχαιοποίηση

Η δειγματοληψία των σχολείων ήταν τυχαία, πολυκλαδική (multi-stage sampling) και στρωματοποιημένη (stratified) με βάση το μέσο επίπεδο εκπαίδευσης (χρόνια εκπαίδευσης) του ενήλικου πληθυσμού ηλικίας 30-64 ετών, καθώς και του αριθμού του μαθητικού πληθυσμού ηλικίας 10 έως 12 ετών στους αντίστοιχους Δήμους των υπό-μελέτη νομών. Συγκεκριμένα για τη δειγματοληψία του υπό-μελέτη πληθυσμού πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα βήματα:

- Εύρεση και καταγραφή από τα πιο πρόσφατα αρχεία απογραφής του ελληνικού πληθυσμού της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ, Απογραφή 2001) πληροφοριών σχετικά με το εκπαιδευτικό επίπεδο ατόμων ηλικίας 25 έως 55 ετών και με το μέγεθος του προεφηβικού πληθυσμού ηλικίας 9 έως 14 ετών ανά αστική/ ημι-αστική/ αγροτική περιοχή σε κάθε ένα από τους 5 υπό-μελέτη νομούς,
- Υπολογισμός για κάθε Δήμο στους πέντε (5) Νομούς του μέσου επιπέδου εκπαίδευσης του πληθυσμού ενηλίκων ηλικίας 25 έως 55 ετών, ηλικιακό εύρος στο οποίο εντάσσονται οι γονείς των παιδιών 9 έως 14 ετών που απαρτίζουν τον μαθητικό πληθυσμό του δείγματός της παρούσας μελέτης.
- Σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν για το μέσο επίπεδο εκπαίδευσης του πληθυσμού των ενηλίκων δημοτών ηλικίας 25 έως 55 ετών σε κάθε δήμο, οι Δήμοι σε κάθε νομό κατανεμήθηκαν σε 3 κατηγορίες-στρώματα (strata) διαφορετικού επιπέδου εκπαίδευσης, και συγκεκριμένα σε δήμους Χαμηλότερου, Μέσου και Υψηλότερου εκπαιδευτικού επιπέδου γονέων.
- Στη συνέχεια ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός Δήμων επιλέχθηκε τυχαία από την κάθε κατηγορία-στρώμα Δήμων με διαφορετικό εκπαιδευτικό επίπεδο γονέων, αναλογικά με την ποσοστιαία κατανομή του προεφηβικού μαθητικού πληθυσμού ηλικίας 9 έως 14 ετών που κατοικούν στους εν λόγω Δήμους σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ.
- Εν συνεχεία ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός σχολείων επιλέχθηκε τυχαία από τον κάθε Δήμο, αναλογικά με την ποσόστωση του μαθητικού πληθυσμού (10-12 ετών/ Ε και ΣΤ τάξεων) που ήταν εγγεγραμμένος στα σχολεία των επιλεγμένων Δήμων με διαφορετικό εκπαιδευτικό επίπεδο γονέων σύμφωνα με τα στοιχεία από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο καθώς και από τα κατά τόπους γραφεία Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

- Στην περίπτωση που ένα τυχαία επιλεγμένο σχολείο αρνούταν τη συμμετοχή του στη μελέτη ή είχε απορριφτεί λόγω χαμηλής συμμετοχής (<70%), υπήρχαν εναλλακτικές επιλογές σχολείων, τέτοιες ώστε να διατηρηθεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος.

Σχήμα 3 Διαγραμματική απεικόνιση της δειγματοληψίας-τυχαιοποίησης του υπό μελέτη προεφηβικού πληθυσμού.



2.3 Ανθρωπομετρήσεις

Σε όλες τις περιοχές που διεξήχθη η μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια εξεταστικά όργανα και η ίδια μεθοδολογία μετρήσεων.⁷⁴ Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ακριβή αλλά και φορητά, ούτως ώστε να μπορούν να μεταφερθούν εύκολα στα σχολεία όπου διεξήχθησαν οι μετρήσεις. Η πραγματοποίηση των μετρήσεων και η καταγραφή των τιμών πραγματοποιήθηκε από δύο καλά εκπαιδευμένα μέλη της ερευνητικής ομάδας καθένα από τα οποία κατείχε το ρόλο του κύριου και του βοηθού ερευνητή, αντίστοιχα. Ο ρόλος του βοηθού ερευνητή ήταν να συνδράμει στη σωστή τοποθέτηση των υποκειμένων στα όργανα μέτρησης, ενώ ο κύριος ερευνητής να καταγράφει τις μετρήσεις. Οι ανθρωπομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

2.3.1 Ύψος-Βάρος

Το σωματικό βάρος των παιδιών μετρήθηκε με μία ψηφιακή ζυγαριά (Seca Alpha, Model 770, Hamburg, Germany) με ακρίβεια ± 100 gr. Τα υποκείμενα της μελέτης ζυγίστηκαν χωρίς να φορούν υποδήματα και με την ελαχίστη δυνατή ένδυση. Για τον ακριβή υπολογισμό του σωματικού βάρους πραγματοποιήθηκε διόρθωση για το βάρος του ρουχισμού των υποκειμένων στο τέλος της μέτρησης. Το ύψος μετρήθηκε με τα υποκείμενα σε όρθια στάση, χωρίς να φορούν υποδήματα και κρατώντας τους ώμους σε χαλαρή θέση, με τα χέρια να κρέμονται ελεύθερα από τους ώμους και με το κεφάλι προσανατολισμένο σε οριζόντιο επίπεδο (Frankfurt plane). Η μέτρηση του ύψους έγινε με την χρήση ενός αναστημόμετρου (Leicester Height Measure, Invicta Plastics Ltd, Oadby, UK), με ακρίβεια $\pm 0,5$ cm. Από τις παραπάνω ανθρωπομετρήσεις ύψους και βάρους προσδιορίστηκε τελικά ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) των εξεταζομένων διαιρώντας το βάρος (kg) με το τετράγωνο του ύψους τους (m^2).

2.3.2 Ορισμός παχυσαρκίας και κεντρικής παχυσαρκίας

Τα παιδιά που συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη κατηγοριοποιήθηκαν ως ελλειποβαρή, υπέρβαρα ή παχύσαρκα, σύμφωνα με τις “κατωφλικές” τιμές του ΔΜΣ, τις σχετικές με την ηλικία και το φύλο των παιδιών, που ορίστηκαν από την Διεθνή οργάνισμό International Obesity Task Force (IOTF).^{75,76} Επίσης τα κριτήρια του International Diabetes Foundation, προσαρμοσμένα για παιδιά και εφήβους, χρησιμοποιήθηκαν για τον ορισμό της κεντρικής παχυσαρκίας. Συγκεκριμένα, ως κεντρική παχυσαρκία ορίστηκε η περιφέρεια μέσης $\geq 90^o$ ποσοστημόριο.⁷⁷

2.4 Μετρήσεις Παραμέτρων Οστικής Υπερηχομετρίας

Οι μετρήσεις των παραμέτρων οστικής υπερηχομετρίας πραγματοποιήθηκαν στην πτέρνα του κάθε ποδιού των υποκειμένων της μελέτης με τη χρήση της συσκευής οστικής υπερηχομετρίας Sahara.⁷⁸ Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν υπερηχητικά σήματα σε συχνότητες της τάξης των 200-600 KHz. Με τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου προσδιορίστηκαν η εξασθένιση των υπερήχων ευρέος φάσματος (Broadband Ultrasound Attenuation: BUA) και η ταχύτητα των υπερήχων (Speed Of Sound: SOS) καθώς διέρχονταν διαμέσου της Αχίλλειου πτέρνας. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων του δεξιού και αριστερού ποδιού για καθεμία από τις δύο παραπάνω παραμέτρους QUS (δηλαδή BUS και SOS). Όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των δεικτών BUA και SOS, τόσο καλύτερη είναι η οστική κατάσταση.

2.5 Στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner (ή στάδιο κατά Tanner)

Το στάδιο της βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner είναι πολύ πιο ενδεικτικό της ωρίμανσης του παιδιού σε σύγκριση από την ημερολογιακή του ηλικία. Καθώς το στάδιο της βιολογικής ωρίμανσης ενός παιδιού καθορίζει τις απαιτήσεις του σε θρεπτικά συστατικά και επηρεάζει σημαντικά ορμονικές και μεταβολικές πορείες, η αξιολόγηση του κρίνεται πολύ σημαντική ιδιαίτερα σε μια μεταβατική ηλικία, όπως η προεφηβική. Η αξιολόγηση του σταδίου κατά Tanner έγινε σε πέντε στάδια (Tanner Stage 1 έως 5) σύμφωνα με τη σχετική μεθοδολογία.⁷⁹ Πιο συγκεκριμένα, στα κορίτσια το στάδιο κατά Tanner εκτιμήθηκε ανάλογα με το βαθμό της ανάπτυξης του μαστού και από την τριχοφυΐα του εφηβαίου, ενώ στα αγόρια ανάλογα με το βαθμό της ανάπτυξης του πέους, των όρχεων καθώς και της σχετικής τριχοφυΐας. Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε οπτικά από εξειδικευμένο και καλά εκπαιδευμένο παιδίατρο.

2.6 Διατροφική Αξιολόγηση

2.6.1 Ανακλήσεις 24ώρου

Η αξιολόγηση των διατροφικών συνηθειών των εξεταζομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της τεχνικής της ανάκλησης 24-ώρου. Συγκεκριμένα σε κάθε εξεταζόμενο πραγματοποιήθηκαν 3 ανακλήσεις 24-ώρου, και πιο συγκεκριμένα δύο ανακλήσεις καθημερινής και μία Σαββατοκύριακου και ειδικότερα Κυριακής. Όλα τα μέλη της ερευνητικής ομάδας που διεξήγαγαν τις συνεντεύξεις-ανακλήσεις ήταν κατάλληλα

εκπαιδευμένα για να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα καταγραφής της διαιτητικής πρόσληψης. Κατά τη διάρκεια των ανακλήσεων 24-ώρου ζητήθηκε από τα υποκείμενα της μελέτης να ανακαλέσουν τον τύπο και την ποσότητα των τροφίμων και ροφημάτων που κατανάλωσαν την προηγούμενη ημέρα με χρονική διαδοχή, δηλαδή από τη στιγμή που ξύπνησαν το πρωί έως την ίδια χρονική στιγμή την επόμενη ημέρα. Για να βελτιωθεί η ακρίβεια κατά τη περιγραφή των καταναλισκόμενων τροφίμων, αλλά και κατά την εκτίμηση της προσλαμβανόμενης ποσότητας χρησιμοποιήθηκαν προπλάσματα τροφίμων (Dairy Food Council, ΗΠΑ), καθώς και μεζούρες οικιακής χρήσης (κούπες, κουταλάκια του γλυκού και κουτάλια της σούπας κτλ).

Η ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν από τις ανακλήσεις 24-ώρου έγινε με τη χρήση του λογισμικού διατροφικής ανάλυσης Nutritionist V (First Databank, San Bruno, CA), η βάση του οποίου εμπλουτίστηκε εκτενώς ώστε να περιλαμβάνει την ακριβή συγκέντρωση σε μακρο- και μικρο-θρεπτικά συστατικά για μία ευρεία γκάμα σύνθετων επεξεργασμένων τροφίμων που είναι διαθέσιμα στην ελληνική αγορά, καθώς και ελληνικών συνταγών,^{80,81} πληροφορίες οι οποίες στην πλειοψηφία τους έχουν προκύψει από χημικές αναλύσεις των εν λόγω τροφίμων και συνταγών.

2.6.2 Κατηγοριοποίηση της διατροφικής πρόσληψης

Η κατηγοριοποίηση της συνήθους διατροφικής πρόσληψης των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση συστάσεων που προτείνονται από το Institute of Medicine.⁸² Η πρόσληψη των μακροθρεπτικών συστατικών εκφράσθηκε με τη χρήση της Μέσης Εκτιμώμενης Απαιτήσης (Estimated Average Requirement, EAR). Οι τιμές των EAR χρησιμοποιήθηκαν ως τιμές αναφοράς, για την εκτίμηση της αναλογίας του πληθυσμού με συνήθη πρόσληψη μικρότερη του EAR αλλά και μεγαλύτερη. Παράλληλα, στην κατηγοριοποίηση χρησιμοποιήθηκαν τιμές ανώτατης πρόσληψης (tolerable upper intake levels, ULs) για συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά για τα οποία υπήρχαν διαθέσιμες τιμές UL.

2.6.3 Η βιταμίνη 25(OH)D

Στα πλαίσια μιας διεθνούς προσπάθειας τυποποίησης των μεθόδων μέτρησης των τιμών 25(OH)D₃ (Vit D Standardization protocol), χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση: **Standardized 25(OH)D** = 1,6027 + 0,6615 * Original 25(OH)D levels, με σκοπό την διόρθωση των τιμών

της 25(OH)D όπως αυτές προέκυψαν με τη μέθοδο της ανοσοχημειοφωταύγειας, με βάση την πρότυπη μέθοδο αναφοράς LC-MS (Liquid Chromatography- Mass Spectrometry).

Πιο συγκεκριμένα, ένα υπόδειγμα 100 δειγμάτων ορού αίματος της μελέτης, στάλθηκε στο Πανεπιστήμιο του Cork στην Ιρλανδία, και πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της 25(OH)D με βάση την πρότυπη μέθοδο LC-MS. Από τις τιμές των επιπέδων της βιταμίνης D που προέκυψαν, αλλά και από τις τιμές των επιπέδων 25(OH)D που είχαν αρχικά προσδιοριστεί με την μέθοδο της ανοσοχημειοφωταύγειας, δημιουργήθηκε η παραπάνω εξίσωση διόρθωσης, ειδικά για τον πληθυσμό της μελέτης Healthy Study.

2.7 Αξιολόγηση των επιπέδων φυσικής δραστηριότητας των παιδιών

2.7.1 Καθιστικές δραστηριότητες

Χρησιμοποιώντας δύο σταθμισμένες ερωτήσεις εκτιμήθηκαν οι καθιστικές συνήθειες των παιδιών εκτιμήθηκαν με δύο ερωτήσεις, προκειμένου να υπολογιστεί για παράδειγμα ο χρόνος που αφιερώνουν στην παρακολούθηση τηλεόρασης/βίντεο ή στην ενασχόληση με ηλεκτρονικά παιχνίδια (π.χ Play Station, Nintendo κτλ) ή με το διαδίκτυο (Internet), τόσο τις καθημερινές (ώρες κατά μέσο όρο ανά ημέρα), όσο και το Σαββατοκύριακο (συνολικός χρόνος και τις δύο ημέρες).

2.7.3 Συμμετοχή σε οργανωμένες δραστηριότητες

Από τα παιδιά ζητήθηκε να δηλώσουν στους ερευνητές τις δραστηριότητες που έκαναν σε οργανωμένες ομάδες με την επίβλεψη γυμναστή ή προπονητή (π.χ. αθλητικός σύλλογος, μπαλέτο, ωδείο, σχολή χορού, φροντιστήριο κλπ.). Για κάθε μία από τις οργανωμένες δραστηριότητες που δήλωσαν καταγράφηκε και ο χρόνος που διέθεσαν οι εξεταζόμενοι ολόκληρη την εβδομάδα (πόσες φορές x πόσα λεπτά κάθε φορά), καθώς και τη κατηγορία έντασης στην οποία ανήκει, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του ακόλουθου πίνακα.

<i>Δραστηριότητες</i>	<i>Κατηγορίες έντασης</i>	<i>Χρόνος απασχόλησης (φορές x λεπτά)</i>	<i>Συνολικός χρόνος συμμετοχής στη συγκεκριμένη δραστηριότητα</i>
Π.χ. μπάσκετ	Γ2	2 φορές x 120΄	9 μήνες

Πίνακας 2.1 Παράδειγμα καταχώρησης δεδομένων για οργανωμένες δραστηριότητες

2.7.4 Εκτίμηση γενικότερων συνηθειών φυσικής δραστηριότητας των παιδιών

Η αξιολόγηση του επιπέδου της φυσικής δραστηριότητας των εξεταζομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός σύντομου ερωτηματολογίου που περιελάμβανε την ανάκληση από τους εθελοντές των δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια τριών ημερών της ίδιας εβδομάδας, δύο καθημερινών και μίας Κυριακής. Συγκεκριμένα από τα υποκείμενα της μελέτης ζητήθηκε να ανακαλέσουν με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια τον τύπο και την ένταση των δραστηριοτήτων που πραγματοποίησαν κατά τη διάρκεια της προηγούμενης ημέρας με χρονική διαδοχή, από τη στιγμή δηλαδή που ξύπνησαν το πρωί έως την ίδια χρονική στιγμή μέχρι την επόμενη ημέρα. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη κατηγοριοποιεί όλες τις δραστηριότητες που έλαβαν μέρος τα παιδιά κατά τη διάρκεια της ημέρας σε 4 επίπεδα έντασης, ανάλογα με το βαθμό της επίδρασης της κάθε φυσικής δραστηριότητας στο καρδιαγγειακό σύστημα με τη χρήση των Μεταβολικών Ισοδυνάμων (Metabolic Equivalents: METs) στις παρακάτω τέσσερις (4) κατηγορίες:

- Δραστηριότητες ελαφριάς έντασης: 0 έως 4 METs
- Δραστηριότητες μέτριας έντασης: 4 έως 7 METs
- Δραστηριότητες υψηλής έντασης: 7 έως 10 METs
- Δραστηριότητες πολύ υψηλής έντασης: > 10 METs

Πιο συγκεκριμένα οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου είχαν σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί η διάρκεια (λεπτά) και η ένταση (ελαφριά έως πολύ υψηλή) κάθε μιας από τις ανακαλούμενες δραστηριότητες. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα υπολογίστηκε ο συνολικός χρόνος που αφιερώνεται σε οργανωμένες (περιλαμβάνει όλες εκείνες τις δραστηριότητες που γίνονται υπό την καθοδήγηση γυμναστή σε τακτική εβδομαδιαία βάση, συνήθως εντός γυμναστηρίου) και σε μη-οργανωμένες δραστηριότητες.⁸³ Ο συνολικός εβδομαδιαίος χρόνος που βρέθηκε να αναλογεί σε τέτοιου είδους δραστηριότητες ορίστηκε ως Φυσική Δραστηριότητα Μέσης και Υψηλής Έντασης.

2.8 Ποσοτική Εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας

Η ποσοτική εκτίμηση των επιπέδων φυσικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων στη μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός ψηφιακού βηματομετρητή (Yamax SW-200 Digiwalker, Yamax Corporation, Tokyo, Japan). Πριν τη χορήγηση του βηματομετρητή στα παιδιά τα μέλη της ερευνητικής ομάδας έδωσαν ακριβείς και αναλυτικές οδηγίες για την ορθή τοποθέτηση και λειτουργία του βηματομετρητή σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης του

κατασκευαστή. Συγκεκριμένα δόθηκαν οδηγίες για την τοποθέτηση του βηματομετρητή στην πλάγια περιοχή της μέσης ακριβώς πάνω από τον δεξιό γοφό, σε ευθεία κάθετη γραμμή με την δεξιά επιγονατίδα. Η λειτουργία του βηματομετρητή βασίζεται σε ένα αιωρούμενο υπομόχλιο, το οποίο μετακινείται πάνω και κάτω ακολουθώντας τις κατακόρυφες μετακινήσεις του ισχίου κατά τον βηματισμό. Η κίνηση του υπομοχλίου ενεργοποιεί και απενεργοποιεί ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, το οποίο κάθε φορά που ανοίγει καταγράφεται ένα βήμα από τον βηματομετρητή. Ο βηματομετρητής χορηγήθηκε στα υποκείμενα της μελέτης για μία εβδομάδα, στο διάστημα της οποίας έπρεπε να τον φορούν από τη στιγμή που ξυπνούσαν το πρωί και καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας μέχρι το βράδυ πριν τον ύπνο. Πριν την τοποθέτησή του το πρωί ο βηματομετρητής έπρεπε να μηδενίζεται, ούτως ώστε η καταγραφή των βημάτων να ξεκινάει από εκείνη ακριβώς την πρωινή ώρα που τα παιδιά θα ήταν φυσικά δραστήρια. Παράλληλα, στα παιδιά χορηγήθηκε και ένα ημερολόγιο στο οποίο τους είχε ζητηθεί να καταγράφουν το συνολικό αριθμό των βημάτων που ο βηματομετρητής είχε καταγράψει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και μέχρι την ώρα του ύπνου. Στο τέλος της εβδομάδας τα παιδιά επέστρεψαν στα μέλη της ερευνητικής ομάδας τόσο τον βηματομετρητή όσο και το ημερολόγιο καταγραφής των βημάτων συμπληρωμένο.

2.9 Ερωτηματολόγιο γονέων

Σημαντικές πληροφορίες δόθηκαν και από τους γονείς-κηδεμόνες των παιδιών κατά τη διάρκεια προγραμματισμένης συνέντευξης στο σχολείο με τη χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου ερωτηματολογίου. Κατά την συνάντηση ο κάθε γονέας ή κηδεμόνας, που κατά προτεραιότητα έπρεπε να είναι η μητέρα του παιδιού, είχε ειδοποιηθεί πριν τη συνάντηση ώστε να φέρει μαζί το βιβλιário γέννησης του παιδιού του. Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν η καταγραφή ανθρωπομετρικών, δημογραφικών, κοινωνικο-οικονομικών στοιχείων της οικογένειας.

2.9.1 Ανθρωπομετρικά, δημογραφικά, κοινωνικό-οικονομικά στοιχεία της οικογένειας

Μεταξύ των στοιχείων που συλλέχθηκαν από τους γονείς ήταν τα χρόνια εκπαίδευσης της μητέρας.

2.10 Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση ισχύος (power calculation) που πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εξακρίβωση της επάρκειας του δείγματος για τη διερεύνηση των ερευνητικών υποθέσεων της προτεινόμενης έρευνας (G-Power 3.0.3, Free Software, http://download.cnet.com/G-Power/3000-2054_4-10647045.html), έδειξε ότι με το προβλεπόμενο δείγμα των 2500 συμμετεχόντων εξασφαλίζεται ισχύς μεγαλύτερη από 0,90 σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ για την εκτίμηση αμφίπλευρων τυποποιημένων διαφορών μεγαλύτερες από 0,5.

Για τη διερεύνηση των ερευνητικών υποθέσεων της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες στατιστικές δοκιμασίες:

- Έλεγχος κανονικότητας για τη διερεύνηση της κατανομής των συνεχών μεταβλητών.
- Πραγματοποίηση ελέγχου X^2 ή Fisher's exact test (όπου ενδείκνυται) για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ ποιοτικών μεταβλητών (πίνακες 4,7) και ανάλυση των διακυμάνσεων (ANOVA).
- Πραγματοποίηση ελέγχων Student's T-test για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ κανονικά κατανεμημένων συνεχών μεταβλητών και ποιοτικών μεταβλητών. (πίνακες 1β, 3, 4, 5, 6)
- Πραγματοποίηση μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Whitney για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ μη-κανονικά κατανεμημένων συνεχών μεταβλητών και ποιοτικών μεταβλητών. (πίνακας 4)
- Πραγματοποίηση μονοπαραγοντικών (univariate) και πολυπαραγοντικών (multivariate) αναλύσεων γραμμικής (linear) (πίνακας 8) ή λογιστικής παλινδρόμησης (logistic regression analysis) (πίνακας 9) για την εξακρίβωση των παραγόντων που συσχετίζονται ισχυρότερα με την κατά περίπτωση εξαρτημένη μεταβλητή.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 3.1: Φύλο των παιδιών που συμμετείχαν στη μελέτη

Σύνολο N= 1484		
	Συχνότητα (ν)	%
Φύλο		
Αγόρια	742	50%
Κορίτσια	742	50%

Στον πίνακα 3.1 φαίνεται η κατανομή του φύλου των παιδιών που συμμετείχαν στη μελέτη. Συνολικά, συμμετείχαν 1.484 παιδιά. Τόσο τα αγόρια όσο και τα κορίτσια ήταν 742, δηλαδή παρατηρήθηκε ίση κατανομή των δύο φύλων στο δείγμα.

Πίνακας 3.2: Ηλικία των παιδιών που συμμετείχαν στη μελέτη

	Σύνολο N=	Αγόρια N=	Κορίτσια N=	p- value†
	Μέσος όρος ± ΤΑ	Μέσος όρος ± ΤΑ	Μέσος όρος ± ΤΑ	
Ηλικία (έτη)	11,2 ± 0,7	11,2±0,7	11,2±0,7	0,16

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

ΤΑ: Τυπική απόκλιση.

Στον πίνακα 3.2 φαίνεται ο μέσος όρος της ηλικίας ($\pm$ τυπική απόκλιση) των παιδιών που συμμετείχαν στη μελέτη στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο. Στο σύνολο του δείγματος ο μέσος όρος της ηλικίας των παιδιών ήταν $11,2 \pm 0,7$ έτη, ενώ μεταξύ των δύο φύλων δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0,16$).

Πίνακας 3.3: Περιγραφικά κοινωνικό- δημογραφικά χαρακτηριστικά για το σύνολο του δείγματος και ανά φύλο

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p-value†
	Συχνότητα (ν) (%)	Συχνότητα (ν) (%)	Συχνότητα (ν) (%)	
Τόπος διαμονής				
Αστικός	1237 (83,4%)	620 (83,6%)	617 (83,2%)	0,631
Ημιαστικός	94 (6,3%)	50 (6,7%)	44 (5,9%)	
Αγροτικός	153 (10,3%)	72 (9,7%)	81 (10,9%)	
Πόλη διαμονής				
Αθήνα	1237 (83,4%)	620 (83,6%)	617 (83,2%)	0,834
Αγρίνιο	247 (16,6%)	122 (16,4%)	125 (16,8%)	
Μορφωτικό επίπεδο μητέρας				
<9 έτη	293 (19,7%)	133 (17,9%)	160 (21,6%)*	0,207
9-14 έτη	604 (40,7%)	307 (41,4%)*	297 (40%)	
>14 έτη	587 (39,6%)	302 (40,7%)	285 (38,4%)	
Μορφωτικό επίπεδο πατέρα				
<9 έτη	180 (12,1%)	95 (12,8%)	85 (11,5%)	0,435
9-14 έτη	852 (57,4%)	414 (55,8%)	438 (59%)	
>14 έτη	452 (30,5%)	233 (31,4%)	219 (29,5%)	
Ηλικία μητέρας				
<38 έτη	525 (38,2%)	255 (37,6%)	270 (38,8%)	0,887
38-42 έτη	469 (34,2%)	233 (34,4%)	236 (34%)	
>42 έτη	379 (27,6%)	190 (28%)	189 (27,2%)	

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p-value†
	Συχνότητα (v) (%)	Συχνότητα (v) (%)	Συχνότητα (v) (%)	
Ηλικία πατέρα				
<42 έτη	514 (37,4%)	256 (37,8%)	258 (37,1%)	0,939
42-46 έτη	455 (33,1%)	225 (33,2%)	230 (33%)	
>46 έτη	405 (27,3%)	197 (29,1%)	208 (29,9%)	
Φυλή				
Καυκάσια	1447 (97,5%)	721 (97,2%)	726 (97,8%)	0,405
Μη- Καυκάσια	37 (2,5%)	21 (2,8%)	16 (2,2%)	
Εθνικότητα				
Ελληνική	1200 (80,9%)	616 (83%)*	584 (78,7%)	0,035
Μη- Ελληνική	284 (19,1%)	126 (17%)	158 (21,3%)*	

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο χ^2 Pearson.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

*Η υψηλότερη τιμή στα ζεύγη των ποσοστών των αγοριών και των κοριτσιών που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Για τη σύγκριση των ποσοστών μεταξύ των δύο φύλων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο 2-sample z- test for proportions.

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα περιγραφικά κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά για το σύνολο του δείγματος και ανά φύλο. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ο τόπος και η πόλη διαμονής των παιδιών, το μορφωτικό επίπεδο της μητέρας και του πατέρα, η ηλικία του πατέρα και της μητέρας, καθώς και η φυλή και η εθνικότητα των παιδιών.

Πίνακας 3.4: Διατροφική πρόσληψη ενέργειας, μακρο- και μικρο- θρεπτικών συστατικών στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p-value†
	Μέσος όρος ± TA	Μέσος όρος ± TA	Μέσος όρος ± TA	
Ενέργεια (kcal/ ημέρα)	1.809,1 ± 554,0	1.900,0 ± 582,1	1.717,7 ± 508,5	<0,001
Μακροθρεπτικά συστατικά				
Υδατάνθρακες (% kcal)	46,3 ± 8,3	46,4 ± 8,3	46,3 ± 8,3	0,766
Λίπος (% kcal)	39,9 ± 7,1	39,8 ± 7,1	40,1 ± 7,0	0,453
Πρωτεΐνη (% kcal)	15,7 ± 3,4	15,8 ± 3,3	15,7 ± 3,5	0,356
Φυτικές ίνες (g/ ημέρα)	14,0 ± 7,7	14,9 ± 7,9	13,1 ± 7,4	<0,001
Μικροθρεπτικά συστατικά				
Βιταμίνη D (IU/ ημέρα)	65,5 ± 51,7	68,6 ± 53,9	62,4 ± 49,3	0,020
Ασβέστιο (mg/d)	1.052,5 ± 400,6	1.093,6 ± 406,9	1011,49 ± 390,2	<0,001
Φώσφορος (mg/d)	1.360,7 ± 499,4	1.434,3 ± 539,6	1.287,1 ± 444,0	<0,001
Μαγνήσιο (mg/d)	227,9 ± 83,2	238,3 ± 89,4	217,5 ± 75,2	<0,001

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

TA: Τυπική απόκλιση.

Στον πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η διατροφική πρόσληψη ενέργειας, μακρο- και μικρο- θρεπτικών συστατικών τόσο για αγόρια και κορίτσια όσο και για το σύνολο του δείγματος. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο μέσος όρος ($\pm$ τυπική απόκλιση) της ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης υδατανθράκων, λίπους, πρωτεϊνών και φυτικών ινών ως ποσοστό της συνολικής ημερήσιας πρόσληψης, καθώς και της ημερήσιας διατροφικής πρόσληψης βιταμίνης D, ασβεστίου, φωσφόρου και μαγνησίου.

Ο μέσος όρος της ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης ήταν $1809,1 \pm 554$ kcal. Στα αγόρια ήταν υψηλότερος ($1900 \pm 582,1$ kcal/ ημέρα) σε σχέση με αυτό των κοριτσιών ($1717,7 \pm 508,5$ kcal/ημέρα) και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0,001$).

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην πρόσληψη υδατανθράκων, λίπους και πρωτεϊνών ως ποσοστό της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης ($p=0,766$, $p=0,453$ και $p=0,356$, αντίστοιχα), μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Όσον αφορά στις φυτικές ίνες, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,001$) μεταξύ των δύο φύλων, με υψηλότερο μέσο όρο κατανάλωσης φυτικών ινών στα αγόρια ($14,9 \pm 7,9$ g/ ημέρα) σε σχέση με τα κορίτσια ($13,1 \pm 7,4$ g/ ημέρα).

Σχετικά με την ημερήσια διατροφική πρόσληψη των μικροθρεπτικών συστατικών, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη διατροφική πρόσληψη βιταμίνης D, ασβεστίου, φωσφόρου, μαγνησίου ($p=0,02$, $p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$ αντίστοιχα) μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Ο μέσος όρος της διατροφικής πρόσληψης της βιταμίνης D, του ασβεστίου, του φωσφόρου και του μαγνησίου ήταν υψηλότερος στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια.

Πίνακας 3.5: Επίπεδα δεικτών φυσικής δραστηριότητας και καθιστικών δραστηριοτήτων στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p-value
	Μέσος όρος $\pm$ TA	Μέσος όρος $\pm$ TA	Μέσος όρος $\pm$ TA	
Φυσική δραστηριότητα				
Μέτριας έως υψηλής έντασης (min/ ημέρα)	77,3 $\pm$ 62,9	87,9 $\pm$ 64,3	66,7 $\pm$ 59,6	<0,001*
Οργανωμένη μέτριας έως υψηλής έντασης (min/ ημέρα)	26,8 $\pm$ 44,6	33,2 $\pm$ 55,5	20,5 $\pm$ 28,7	<0,001*
Αριθμός βημάτων/ ημέρα	13.292,5 $\pm$ 5.123,2	14.802 $\pm$ 5.463,4	11.785,1 $\pm$ 4258,2	<0,001†
Καθιστικές δραστηριότητες				
Παρακολούθηση τηλεόρασης/ videogames(ώρες/ ημέρα)	3,0 $\pm$ 1,8	3,0 $\pm$ 1,8	3,0 $\pm$ 1,8	0,701†

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

*Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο Mann-Whitney.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p<0,05$.

Στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα επίπεδα δεικτών φυσικής και καθιστικής δραστηριότητας. Όσον αφορά στον ημερήσιο χρόνο της μέτριας έως υψηλής έντασης φυσικής δραστηριότητας, ο μέσος όρος βρέθηκε υψηλότερος στα αγόρια ($77,3 \pm 62,9$ λεπτά / ημέρα) σε σχέση με τα κορίτσια ($66,7 \pm 59,6$ λεπτά / ημέρα) και το αποτέλεσμα ήταν στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

Σχετικά με τον ημερήσιο χρόνο της οργανωμένης μέτριας έως υψηλής έντασης φυσικής δραστηριότητας, ο μέσος όρος βρέθηκε υψηλότερος στα αγόρια ($33,2 \pm 55,5$ λεπτά / ημέρα) σε σχέση με τα κορίτσια ($20,5 \pm 28,7$ λεπτά / ημέρα) και το αποτέλεσμα ήταν στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

Αναφορικά με τον αριθμό βημάτων ανά ημέρα, ο μέσος όρος βρέθηκε υψηλότερος στα αγόρια ($14.802 \pm 5.463,4$ βήματα / ημέρα) σε σχέση με τα κορίτσια ($11.785,1 \pm 4258,2$ βήματα / ημέρα) και το αποτέλεσμα ήταν στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

Όσον αφορά στον ημερήσιο χρόνο παρακολούθησης τηλεόρασης και video games, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0,701$) μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Πίνακας 3.6: Περιγραφικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p- value†
	Μέσος όρος $\pm$ TA	Μέσος όρος $\pm$ TA	Μέσος όρος $\pm$ TA	
Βάρος (kg)	$45,1 \pm 10,8$	$45,4 \pm 11,0$	$44,9 \pm 10,7$	0,366
Ύψος (cm)	$148,8 \pm 7,7$	$148,3 \pm 7,4$	$149,4 \pm 8,0$	0,007
ΔΜΣ (Kg/m^2)	$20,2 \pm 3,7$	$20,4 \pm 3,8$	$19,9 \pm 3,6$	0,006

† Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

TA: Τυπική απόκλιση.

Στον πίνακα 3.6 παρουσιάζονται τα περιγραφικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο μέσος όρος βάρους, ύψους και Δείκτη Μάζας Σώματος.

Αναφορικά με το βάρος, δεν φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ($p=0,366$). Σχετικά όμως με το μέσο όρο του ύψους βρέθηκε να είναι υψηλότερος στα κορίτσια $149,4 \pm 8,0$ cm σε σχέση με τα αγόρια $148,3 \pm 7,4$ cm, ενώ ο Δείκτης Μάζας Σώματος βρέθηκε υψηλότερος στα αγόρια ($20,4 \pm 3,8$ kg/m²) και χαμηλότερος στα κορίτσια ($19,9 \pm 3,6$ kg/m²) και τα αποτελέσματα ήταν στατιστικά σημαντικά ($p=0,007$ και $p=0,006$ αντίστοιχα).

Πίνακας 3.7: Στάδια Tanner στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο.

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p- value†
Στάδια Tanner	ν (%)	ν (%)	ν (%)	
Στάδιο 1	431 (29,0%)	321 (43,3%)	110 (14,8%)*	<0,001[‡]
Στάδιο 2	653 (44%)	352 (47,4%)	301 (40,6%)*	
Στάδιο 3	281 (18,9%)	60 (8,1%)	221 (29,8%)*	
Στάδιο 4	100 (6,7%)	9 (1,2%)	91 (12,3%)*	
Στάδιο 5	19 (1,3%)	0 (0,0)	9 (2,6%)*	

Στον πίνακα 3.7 εμφανίζονται η κατανομή του δείγματος στα στάδια κατά Tanner, όπου παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κάθε επιμέρους στάδιο ($p<0,001$) Μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Πιο συγκεκριμένα το ποσοστό των αγοριών που ανήκε στο στάδιο 1 και 2 ήταν υψηλότερο (43,3% και 47,4% αντίστοιχα) σε σχέση με το αντίστοιχο των κοριτσιών (14,8% και 40,6% αντίστοιχα). Αντίθετα, το ποσοστό των κοριτσιών που ανήκαν στο στάδιο 3, 4 και 5 ήταν υψηλότερο (29,8%, 12,3% και 2,6% αντίστοιχα) συγκριτικά με το αντίστοιχο των αγοριών (8,1%, 1,2% και 0% αντίστοιχα).

Πίνακας 3.8: Επίπεδα δεικτών οστικής μάζας (BUA- Broadband Ultrasound Attenuation, SOS - Speed of Sound) στο σύνολο του δείγματος και ανά φύλο.

	Σύνολο N=1484	Αγόρια N=742	Κορίτσια N=742	p- value†
	Μέσος όρος± TA	Μέσος όρος± TA	Μέσος όρος± TA	
BUA (Broadband Ultrasound Attenuation) db/MHz	67,5±13,9	68,3±13,5	66,6±14,1	0,019
SOS (Speed of Sound) m/s	1560,1±22,1	1558,6±21,7	1561,7±22,5	0,006

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

TA: Τυπική απόκλιση

‡Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο χ^2 Pearson.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

*Η υψηλότερη τιμή στα ζεύγη των ποσοστών των αγοριών και των κοριτσιών που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Για τη σύγκριση των ποσοστών μεταξύ των δύο φύλων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο 2-sample z- test for proportions.

Στον πίνακα 3.8 εμφανίζονται ο μέσος όρος ($\pm$ τυπική απόκλιση) των δεικτών οστικής υπερηχομετρίας: BUA- Broadband Ultrasound Attenuation (εξασθένιση ευρείας δέσμης υπερήχων), και SOS - Speed of Sound (μεταβολή της ταχύτητας διάδοσης του υπερήχου κατά την διέλευση του από το οστό), τόσο στο σύνολο του δείγματος όσο και σε αγόρια και κορίτσια ξεχωριστά.

Στο συνολικό δείγμα παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο και των δύο δεικτών οστικής υπερηχομετρίας ($p = 0,019$ και $p = 0,006$ αντίστοιχα) μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Συγκεκριμένα, ο δείκτης BUA βρέθηκε υψηλότερος στα αγόρια ($68,3 \pm 13,5$ db/MHz) σε σχέση με τα κορίτσια ($66,6 \pm 14,1$ db/MHz), ενώ ο δείκτης SOS βρέθηκε υψηλότερος στα κορίτσια ($1561,7 \pm 22,5$ m/s) σε σχέση με τα αγόρια ($1558,6 \pm 21,7$ m/s).

Πίνακας 3.9: Διαφορές στα επίπεδα δεικτών οστικής υπερηχομετρίας μεταξύ κατηγοριών σωματικού βάρους στα δύο φύλλα.

	Αγόρια N=742				Κορίτσια N=742			
	Μέσος όρος± TA				Μέσος όρος± TA			
	Φυσιολογικό ΣΒ N=411	Υπέρβαρα N=231	Παχύσαρκα N=98	p-value†	Φυσιολογικό ΣΒ N=473	Υπέρβαρα N=202	Παχύσαρκα N=64	p-value†
BUA (Broadband Ultrasound Attenuation) db/MHz	67,5±13,5	69,3±13,3	70,2±14,3	0,101	64,9±13,1	68,2±14,59	75,1±17,3	<0,001
SOS (Speed of Sound) m/s	1563,4±21,0	1554,3±21,6	1549,4±19,6	<0,001	1563,5±21,3	1558,1±23,6	1559,9±25,9	0,012

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

TA: Τυπική απόκλιση

‡Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο χ^2 Pearson.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

*Η υψηλότερη τιμή στα ζεύγη των ποσοστών των αγοριών και των κοριτσιών που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Για τη σύγκριση των ποσοστών μεταξύ των δύο φύλων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο 2-sample z- test for proportions.

Στον πίνακα 3.9 φαίνεται ότι ο δείκτης BUA είναι μεγαλύτερος στα αγόρια φυσιολογικού βάρους και υπέρβαρων (67,5±13,5 db/MHz και 69,3±13,3 db/MHz αντίστοιχα) σε σχέση με τα κορίτσια (64,9±13,1 db/MHz και 68,2±14,59 db/MHz). Αντίθετα, με τα παχύσαρκα αγόρια έχουν μικρότερο δείκτη BUA από τα κορίτσια (70,2±14,3 db/MHz έναντι 75,1±17,3 db/MHz). Όσον αφορά στον δείκτη SOS είναι μεγαλύτερος σε όλα τα κορίτσια ανεξαρτήτου σωματικού βάρους συγκριτικά με τα αγόρια και τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά (1563,5±21,3 m/s, 1558,1±23 m/s, 1559,9±25,9 m/s στα κορίτσια έναντι 1563,4±21,0 m/s, 1554,3±21,6 m/s, 1549,4±19,6 m/s στα αγόρια).

Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ δεικτών οστικής υπερηχομετρίας με διατροφή και φυσική δραστηριότητα

Πίνακας 3.10: Απλές γραμμικές παλινδρομήσεις για τη διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των επιπέδων της 25-OH βιταμίνης D, πρόσληψης θρεπτικών συστατικών και επιπέδων φυσικής δραστηριότητας (ανεξάρτητες μεταβλητές), με τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας (εξαρτημένες μεταβλητές)

	BUA (db/MHz)		SOS (m/s)	
	β	p-value	β	P-value
Διαιτητική πρόσληψη:				
Βιταμίνης D (μg/ ημέρα)	0,001	0,993	- 0,015	0,571
Ασβεστίου (mg/ ημέρα)	0,006	0,818	0,019	0,465
Φωσφόρου (mg/ ημέρα)	0,012	0,649	-0,001	0,983
Μαγνησίου (mg/ ημέρα)	-0,033	0,201	-0,020	0,441
Βιταμίνης K (μg/ ημέρα)	0,004	0,879	0,011	0,660
EPA (g/ ημέρα)	-0,005	0,854	0,001	0,955
DHA (g/ ημέρα)	-0,005	0,839	0,000	0,998
Αριθμός βημάτων / ημέρα	- 0,028	0,283	0,072	0,006
Επίπεδα 25-OH βιταμίνης D (nmol/L)	- 0,065	0,012	- 0,012	0,657
Στάδια κατά Tanner	0,068	0,008	0,058	0,025
ΔΜΣ (kg/m²)	0,169	<0,001	-0,201	<0,001
Φύλο (1: κορίτσια, 0: αγόρια)	-0,061	0,019	0,071	0,006

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

‡Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο χ^2 Pearson.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0,05$.

Στον πίνακα 3.10 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ διάφορων παραμέτρων και των δεικτών οστικής υπερηχομετρίας (BUA και SOS mean) στο σύνολο του δείγματος. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορίστηκαν η διαιτητική βιταμίνη D (μg/ ημέρα), η ημερήσια κατανάλωση πρωτεΐνης (εκφρασμένη τόσο σε g/ημέρα όσο και σε % kcal), η ημερήσια πρόσληψη ασβεστίου (mg/ημέρα), φωσφόρου (mg/ημέρα), μαγνησίου (mg/ημέρα), βιταμίνης K (μg/ημέρα), καθώς και πολυακόρεστων απαραίτητων λιπαρών οξέων (EPA & DHA g/ ημέρα), τα επίπεδα της 25-OH βιταμίνης D (nmol/L), τα στάδια κατά Tanner και το

φύλο. Ως εξαρτημένες μεταβλητές ορίστηκαν οι δείκτες οστικής υπερηχομετρίας. Καμία από τις παραμέτρους της διαιτητικής πρόσληψης δε συσχετίστηκε σημαντικά με τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας BUA και SOS, ενώ ο αριθμός των ημερήσιων βημάτων συσχετίστηκε θετικά με τον δείκτη SOS ($p=0.006$)

Σχετικά με τα επίπεδα της 25-OH βιταμίνης D (ως ανεξάρτητη μεταβλητή) και τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας (ως εξαρτημένη μεταβλητή), προέκυψε θετική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων της 25-OH βιταμίνης D και του BUA ($\beta = -0,065$) και μάλιστα στατιστικά σημαντική ($p=0,012$) ενώ προέκυψε μη στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη SOS ($p=0,657$).

Τα στάδια κατά Tanner φάνηκε να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους δείκτες BUA και SOS ($p=0,008$ και $p=0,025$ αντίστοιχα), όπως επίσης και ο Δείκτης Μάζας Σώματος ($p<0,001$ και $p<0,001$ αντίστοιχα),

Όταν μετρήθηκε η μεταβλητή του φύλου, προέκυψε αρνητική συσχέτιση μεταξύ των κοριτσιών και του BUA ($\beta = -0,061$) στατιστικά σημαντική ($p=0,019$) ενώ προέκυψε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με τον δείκτη SOS ($p=0,006$).

Πίνακας 3.11: Πολυπαραγοντικές γραμμικές παλινδρομήσεις για τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ δεικτών οστικής υπερηχομετρίας (BUA και SOS) και παραγόντων που βρέθηκαν να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά μαζί τους σε επίπεδο απλών γραμμικών παλινδρομήσεων στο σύνολο του δείγματος.

	BUA (db/MHz)		SOS (m/s)	
	β	p-value	β	P-value
Αριθμός βημάτων / ημέρα	-0,029	0,293	0,067	0,013
Επίπεδα 25-OH βιταμίνης D (nmol/L)	-0,057	0,028	-0,013	0,657
Φύλο (1: κορίτσια, 0: αγόρια)	-0,091	0,002	0,039	0,192
Στάδια κατά Tanner	0,073	0,013	0,086	0,003
ΔΜΣ (kg/m²)	0,145	0,001	-0,206	0,001

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.
Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p<0,05$.

Στον πίνακα 3.11 φαίνεται πως ο αριθμός των βημάτων / ημέρα σχετίζεται θετικά με τον δείκτη SOS και ανεξάρτητα από μεταβλητές όπως τα επίπεδα βιταμίνης D, το φύλο, τα στάδια ωρίμανσης κατά Tanner και τον ΔΜΣ.

Πίνακας 3.12: Πολυπαραγοντικές γραμμικές παλινδρομήσεις για τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ δεικτών οστικής υπερηχομετρίας (BUA και SOS) και παραγόντων που βρέθηκαν να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά μαζί τους σε επίπεδο απλών γραμμικών παλινδρομήσεων ανά φύλο.

	Αγόρια N=742				Κορίτσια N=742			
	BUA (db/MHz)		SOS (m/s)		BUA (db/MHz)		SOS (m/s)	
	β	P-value	β	P-value	β	P-value	β	P-value
Αριθμός βημάτων / ημέρα	-0,066	0,035	0,110	0,001	-0,027	0,230	0,087	0,007
ΔΜΣ (kg/m²)	0,097	0,004	-0,266	0,001	0,245	0,001	-0,130	0,001
Επίπεδα 25-OH βιταμίνης D (nmol/L)	0,008	0,417	0,007	0,426	0,124	0,001	-0,029	0,217
Στάδια κατά Tanner	-0,032	0,196	-0,036	0,165	0,202	0,001	0,092	0,004
Ασβέστιο (mg/ ημέρα)	-0,041	0,135	-0,008	0,413	0,040	0,139	0,067	0,028

†Το p-value έχει προκύψει από το στατιστικό κριτήριο T-test.
Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε p<0,05.

Στον πίνακα 3.12 φαίνεται ότι όταν η πολυπαραγοντική ανάλυση επαναλήφθηκε σε κάθε φύλο ξεχωριστά, ο αριθμός των βημάτων συσχετίστηκε στα αγόρια αρνητικά με τον δείκτη BUA και θετικά με τον δείκτη SOS, μετά από διόρθωση για τον ΔΜΣ, την πρόσληψη ασβεστίου τα επίπεδα βιταμίνης D στο αίμα και το στάδιο κατά Tanner, ενώ στα κορίτσια ο αριθμός των βημάτων συσχετίστηκε θετικά με τον δείκτη SOS μετά από διόρθωση για τους προαναφερθέντες παράγοντες.

Πίνακας 3.13: Αδρόι και διορθωμένοι σχετικοί λόγοι για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ επιπέδων φυσικής δραστηριότητας και του δείκτη οστικής υπερηχομετρίας (SOS – Speed of Sound)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΗΜΑΤΩΝ	Εξαρτημένη : 3ο τριτημόριο SOS	
	Αδρός ΣΛ (95% ΔΕ)	Διορθωμένος ΣΛ (95% ΔΕ)
<12.000 για τα κορίτσια		
< 13.000 για τα αγόρια	1,00	1,00
>ή= 12.000 για τα κορίτσια		
>ή= 13.000 για τα αγόρια	1,26 (1,01 – 1,56)	1,14 (0,90 – 1,43)

Αδρός ΣΛ: αδρός σχετικός λόγος

ΔΕ: διάστημα εμπιστοσύνης

SOS : Speed of Sound- μεταβολή της ταχύτητας διάδοσης του υπερήχου κατά την διέλευση από το οστό

*Πραγματοποιήθηκε διόρθωση για φύλο, ηλικία, παραθορμόνη, Tanner Stage, τόπο διαμονής, επίπεδο μόρφωσης μητέρας, ΔΜΣ, διαιτητική πρόσληψη βιταμίνης D, μέτρια έως υψηλής έντασης φυσική δραστηριότητα (min/ ημέρα)

Στον πίνακα 3.13 παρουσιάζεται στην πρώτη στήλη (Αδρός ΣΛ) η σχέση μεταξύ 3^{ου} τριτημορίου ημερήσιου αριθμού βημάτων και του 3^{ου} τριτημορίου του δείκτη οστικής υπερηχομετρίας, SOS- Speed of Sound στο σύνολο του δείγματος. Φαίνεται ότι τα παιδιά που πραγματοποιούν αριθμό βημάτων $\geq$ από 12.000 (για τα κορίτσια) και $\geq$ από 13.000 (για τα αγόρια) έχουν 1,26 φορές υψηλότερη πιθανότητα (αδρός ΣΛ = 1,26) να βρίσκονται στο 3ο τριτημόριο SOS, σε σχέση με τα παιδιά που πραγματοποιούν < 12.000 βήματα (για τα κορίτσια) και < από 13.000 βήματα (για τα αγόρια). Ωστόσο όταν στο μοντέλο ελήφθησαν υπόψη και άλλοι συγκυτικοί παράγοντες όπως το φύλο, η ηλικία, η παραθορμόνη ορού, το στάδιο κατά Tanner, ο τόπος διαμονής, το επίπεδο μόρφωσης της μητέρας, ο ΔΜΣ, η διαιτητική πρόσληψη βιταμίνης D και η μέτρια έως υψηλής έντασης φυσική δραστηριότητα (min/ ημέρα) η στατιστική σημαντικότητα χάθηκε.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα συγχρονική μελέτη σε δείγμα 1.484 παιδιών ηλικίας 10-12 ετών από την Ελλάδα, διερευνήθηκε η σχέση ανάμεσα στις διατροφικές συνήθειες, τη σωματική δραστηριότητα και την οστική μάζα όπως αυτή εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της οστικής υπερηχομετρίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα καμία συσχέτιση δεν αναδείχθηκε ανάμεσα σε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά της διαίτας και τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας που εκτιμήθηκαν στη μελέτη. Αντίθετα, η σωματική δραστηριότητα όπως εκτιμήθηκε με τον αριθμό των βημάτων ανά ημέρα συσχετίστηκε θετικά με την οστική μάζα τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια.

Πλήθος μελετών έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να εξετάσουν το ρόλο που διαδραματίζει η φυσική δραστηριότητα στην οστική υγεία των παιδιών. Όλα τα είδη άσκησης έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην οστική μάζα. Η μέτριας έντασης σωματική δραστηριότητα φαίνεται να αποτελεί ένα θετικό παράγοντα για την ανάπτυξη των οστών,^{51,66} η υψηλής έντασης άσκηση (capoeira και άλμα) ενισχύει το μυοσκελετικό σύστημα,⁶⁰ η συμμετοχή σε αθλήματα με μπάλα και η επαφή τους με το έδαφος μπορεί να οδηγήσει σε πιο σκληρά και άθραυστα οστά,⁵⁹ η άσκηση με βάρη,^{65,69,71} η ψυχαγωγική γυμναστική παρέχει σκελετικά οφέλη,⁵⁹ ακόμα και το περπάτημα για τη μετακίνηση στο σχολείο.⁷⁰

Η φυσική δραστηριότητα αυξάνει τόσο την πυκνότητα και το μέγεθος του φλοιώδους οστού, όσο την πυκνότητα του δοκιδώδους οστού κατά την προεφηβεία. Δεδομένης της σημασίας της μέγιστης οστικής μάζας για τον μελλοντικό κίνδυνο κατάγματος, τα υψηλά επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας μπορεί να αποτελούν σημαντικό στόχο για τις παρεμβάσεις δημόσιας υγείας που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της υγείας των οστών σε παιδιά προεφηβικής ηλικίας.⁶² Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι τα αυξημένα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους, όπου επιδρά η ηλιακή ακτινοβολία, συνεπάγονται αυξημένη ενδογενή σύνθεση της βιταμίνης D.⁴⁰ Επίσης, τα αυξημένα επίπεδα δραστηριότητας μειώνουν τον κίνδυνο παχυσαρκίας και υπερβάλλοντος σωματικού βάρους και λίπους, το οποίο συσχετίζεται με μειωμένα επίπεδα βιταμίνης D, λόγω παγίδευσης της στον λιπώδη ιστό.²⁸

Όσον αφορά τη σχέση ανάμεσα στους διαιτητικούς παράγοντες και την οστική μάζα, η παρούσα μελέτη δεν κατάφερε να αναδείξει κάποια συσχέτιση. Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η μελέτη που αξιολόγησε τη σχέση ανάμεσα στη διατροφική πρόσληψη και δεικτών

οστικής υπερηχομετρίας στις φάλαγγες των δακτύλων, η οποία δεν έδειξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ πρόσληψη βιταμίνης D και ασβεστίου με τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας σε κανένα φύλο.⁸⁴

Ωστόσο υπάρχουν μελέτες που έχουν αναδείξει κάποια συσχέτιση, μεταξύ της διατροφής και των δεικτών οστικής υπερηχομετρίας (BUA και SOS). Στις μελέτες αυτές φαίνεται ο ρόλος της διατροφής να έχει μεγάλη σπουδαιότητα στην ανάπτυξη του οστού προκειμένου να αποφευχθούν ανεπάρκειες από ελλείψεις βασικών θρεπτικών συστατικών, να βελτιωθεί η οστική μάζα και να μειωθεί ο κίνδυνος οστεοπόρωσης. Στη μελέτη των Prentice A. και συν., φάνηκε ότι στις Δυτικές χώρες, τόσο η έλλειψη της βιταμίνης D, η οποία σημειώνεται παρά την επαρκή ηλιοφάνεια, όσο και η διατροφή πλούσια σε λιπαρά, καφεΐνη και αλάτι, συστατικά που ανταγωνίζονται την απορρόφηση ασβεστίου, εμποδίζουν την επιμετάλλωση του οστού και οδηγούν σε μειωμένη οστική μάζα.⁵² Στη μελέτη των Hirota T. και συν., φάνηκε ότι η κατανάλωση γαλακτοκομικών, ψαριών, φρούτων και λαχανικών σχετίζονται θετικά με την οστεοσύνθεση, με το ασβέστιο, τα ω-3 λιπαρά οξέα, τη βιταμίνη D και C να συνηγορούν ως θετικοί παράγοντες στην ανάπτυξη του οστού, σε αντίθεση με την κατανάλωση κρέατος.⁵⁴ Στην παρούσα μελέτη, ο συγχρονικός σχεδιασμός ίσως συνέβαλλε στην αποτυχία ανάδειξης κάποιων σημαντικών συσχετίσεων ανάμεσα στη διαιτητική πρόσληψη και την οστική μάζα.

Όταν έγινε συσχέτιση του δείκτη SOS με το σωματικό βάρος των παιδιών βρέθηκε ότι είναι υψηλότερος σε όλα τα κορίτσια ανεξαρτήτου σωματικού βάρους. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω της βιολογικής ωρίμανσης των κοριτσιών έναντι των αγοριών, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.7 με τα στάδια κατά Tanner, όπου στα μεγαλύτερα στάδια 3, 4, 5, είναι περισσότερα τα κορίτσια. Επίσης, τα στάδια κατά Tanner φάνηκε να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους δείκτες BUA και SOS ($p = 0,008$ και $p = 0,025$ αντίστοιχα), καθώς η βιολογική ανάπτυξη συνεπάγεται και οστική ανάπτυξη.

Επίσης, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των επιπέδων 25(OH) D, με τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας. Παρόμοιες μελέτες δείχνουν την ύπαρξη θετικής συσχέτισής τους.⁶⁷ Η ύπαρξη χαμηλών επιπέδων βιταμίνης D οδηγεί στην έκκριση παραθορμόνης, που έχει ως αποτέλεσμα, την κινητοποίηση του ασβεστίου των οστών οδηγώντας σε μείωση της οστικής μάζας με στόχο την αύξηση των επιπέδων στο αίμα. Συνεπώς θα αναμέναμε τα επίπεδα της βιταμίνης D να συσχετίζονται θετικά με τους δείκτες οστικής υπερηχομετρίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη BUA ($-0,065\text{db/MHz}$), και μάλιστα στατιστικά σημαντική ($p=0,012$). Η συγκεκριμένη στατιστικά

σημαντική σχέση, θα μπορούσε να αποδοθεί είτε στο γεγονός ότι οι δείκτες BUA και SOS εκφράζουν περισσότερο οστική ποιότητα και πιο συγκεκριμένα τη μικροαρχιτεκτονική του οστού, είτε σε κάποιο σφάλμα λόγω της μεθόδου που χρησιμοποιείται.

Η μελέτη έχει πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς. Εξετάσθηκε ένα αρκετά μεγάλο δείγμα παιδιών στον ελληνικό πληθυσμό και αξιολογήθηκε η οστική μάζα χρησιμοποιώντας την οστική υπερηχομετρία, μέθοδος που ενδείκνυται σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής για αυτήν την ηλικιακή ομάδα. Ωστόσο, τα μέχρι σήμερα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με την οστική υπερηχομετρία είναι ελλιπή και η σύνδεση των οστικών δεικτών που προκύπτουν από αυτή με διατροφικές παραμέτρους και με την άσκηση παρουσιάζουν βιβλιογραφικό κενό. Για την εκτίμηση της διατροφικής αξιολόγησης, χρησιμοποιήθηκαν τα αυτοδηλούμενα από τα παιδιά δεδομένα που προέκυψαν στις συνεντεύξεις τους με τους ερευνητές, συνεπώς δεν αποκλείεται το σφάλμα ανάκλησης ή η υπο-/υπερ-καταγραφή της διαιτητικής πρόσληψης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, με βάση τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, ενώ η δίαιτα δε συσχετίστηκε με την οστική μάζα των παιδιών, ο αριθμός βημάτων συσχετίστηκε θετικά και σημαντικά με τον δείκτη SOS και στα 2 φύλα, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους πιθανούς συγχυτικούς παράγοντες. Ωστόσο, τα αποτελέσματα δεν επιτρέπουν τη διεξαγωγή ισχυρών συμπερασμάτων και συστάσεων σε επίπεδο πρόληψης της σκελετικής υγείας. Για το λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιηθούν κι άλλες μελέτες, ιδιαίτερα στον ελλαδικό χώρο για περαιτέρω διερεύνηση.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. NIH Osteoporosis and related bone diseases, National Resource Center, January 2012
2. Thomas E. et al Βασική παθολογία 4^η έκδοση Αθήνα 2000 ιατρικές εκδόσεις Λίτσας
3. Κάμμας Αντώνης, Εισαγωγή στην Ορθοπαιδική, Αθήνα 1999
4. Harada, S. and G.A. Rodan, Control of osteoblast function and regulation of bone mass. Nature, 2003. 423 (6937): p. 349-55
5. Vander et al Φυσιολογία του ανθρώπου 8^η έκδοση Αθήνα 2001 Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης.
6. Μανιός Γ., Διατροφική Αξιολόγηση-Διαιτολογικό & Ιατρικό Ιστορικό, Σωματομετρικοί, Κλινικοί & Βιοχημικοί Δείκτες 2007, Αθήνα, Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
7. Whitney E.N., C. B. Cataldo, et al. Understanding normal and clinical nutrition. Belmont, CA, Wadsworth Pub. Co., 1998
8. Παναγόπουλος Ανδρέας MD, PhD Λέκτορας Ορθοπαιδικής, Μεταβολικά νοσήματα οστών, Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Πατρών.
9. Κανέλλου Α. Φυσιολογία, Ρύθμιση ασβεστίου
10. Κουτσουνικόλας Δ., Οι παραθυροειδείς αδένες και η ρύθμιση του ασβεστίου, Ιατρική Σχολή Α.Π.Θ., experimental physiology.
11. Κλινική Χημεία, Βιοϊατρική, Εφαρμογή και Ερμηνεία αποτελεσμάτων, Διαταραχές του μεταβολισμού του ασβεστίου και των οστών. Davies J H. 2005
12. Oregon State University Linus Pauling Institute Micronutrient Information Center.
13. Davies J H, Evans B A J, Gregory J W. Bone mass acquisition in healthy children. Arch Dis Child 2005;90:373–378.
14. Magkos F., Manios Y., Babaroutsi E., Sidossis L. (2005). Contralateral differences in quantitative ultrasound of the heel: the importance of side in clinical practice. Osteoporos Int (2005) 16: 879–886.
15. Κατευθυντήριες γραμμές για τη διάγνωση και αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης στην Ελλάδα, Ελληνικό Ίδρυμα Οστεοπόρωσης, Αθήνα 2009.

16. Xu Y, Guo B, Gong J, Xu H, Bai Z. The correlation between calcaneus stiffness index calculated by QUS and total body BMD assessed by DXA in Chinese children and adolescents. *J Bone Miner Metab.* 2014 Mar;32(2):159-66.
17. Alwis G, Rosengren B, Nilsson JA, Stenevi-Lundgren S, Sundberg M, Sernbo I, Karlsson MK. Normative calcaneal quantitative ultrasound data as an estimation of skeletal development in Swedish children and adolescents. *Calcif Tissue Int.* 2010 Dec;87(6):493-506.
18. Tobias JH, Steer CD, Mattocks CG, Riddoch C, Ness AR. Habitual levels of physical activity influence bone mass in 11-year-old children from the United Kingdom: findings from a large population-based cohort. *J Bone Miner Res.* 2007 Jan;22(1):101-9.
19. Binkley TL, Berry R, Specker BL. Methods for measurement of pediatric bone. *Rev Endocr Metab Disord.* 2008 Jun;9(2):95-106.
20. Van den Bussche K, Michels N, Gracia-Marco L, Herrmann D, Eiben G, De Henauw S, Sioen I. Influence of birth weight on calcaneal bone stiffness in Belgian preadolescent children. *Calcif Tissue Int.* 2012 Oct;91(4):267-75.
21. Ελληνικό Ίδρυμα Ρευματολογίας, 2007
22. Schlecht SH, Bigelow EM, Jepsen KJ. How Does Bone Strength Compare Across Sex, Site, and Ethnicity? *Clin Orthop Relat Res.* 2015 Mar 5.
23. Allen MD, Johnstone J, Rice CL, Marsh GD. Differences in leg bone geometry in young, old and very old women. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Nov;111(11):2865-71.
24. Cvijetic S, Baric IC, Satalic Z, Keser I, Bobic J. Influence of nutrition and lifestyle on bone mineral density in children from adoptive and biological families. *J Epidemiol.* 2014;24(3):209-15.
25. Micklesfield LK, Norris SA, Pettifor JM. Determinants of bone size and strength in 13-year-old South African children: the influence of ethnicity, sex and pubertal maturation. *Bone.* 2011 Apr 1;48(4):777-85.
26. Iuliano-Burns S, Ayton J, Hillam S, Jones G, King K, Macleod S, Seeman E. Skeletal and hormonal responses to vitamin D supplementation during sunlight deprivation in Antarctic expeditioners. *Osteoporos Int.* 2012 Oct;23(10):2461-7.

27. Iuliano-Burns S, Wang XF, Ayton J, Jones G, Seeman E. Skeletal and hormonal responses to sunlight deprivation in Antarctic expeditioners. *Osteoporos Int.* 2009 Sep;20(9):1523-8.
28. Correa Rodríguez M, Rueda Medina B, González Jiménez E, Navarro Pérez CF, Schmidt-RioValle J. The levels of bone mineralization are influenced by body composition in children and adolescents 2014 Oct 1;30(4):763-8.
29. Dimitri P, Jacques RM, Paggiosi M, King D, Walsh J, Taylor ZA, Frangi AF, Bishop N, Eastell R. Leptin may play a role in bone microstructural alterations in obese children. 2015 Feb;100(2):594-602.
30. Mosca LN, Goldberg TB, da Silva VN, da Silva CC, Kurokawa CS, Bisi Rizzo AC, Corrente JE. Excess body fat negatively affects bone mass in adolescents. 2014 Jul-Aug;30(7-8):847-52.
31. International Osteoporosis Foundation, Osteoporosis and musculoskeletal disorders, - Osteoporosis - Prevention - Nutrition, 2015.
32. Ζαμπέλας Α., Η διατροφή στα στάδια της ζωής, Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης 2003, σελ. 183-183.
33. Ecklund K, Vajapeyam S, Feldman HA, Buzney CD, Mulkern RV, Kleinman PK, Rosen CJ, Gordon CM. Bone marrow changes in adolescent girls with anorexia nervosa. *J Bone Miner Res.* 2010 Feb;25(2):298-304.
34. Okazaki R. Fracture risk associated with drugs other than glucocorticoids, 2014 Mar;24(3):357-65.
35. Yuka Tamura, Isao Saito, Yasuhiko Asada, Taro Kishida, Masamitsu Yamaizumi, Tadahiro Kato. A cross-sectional survey of factors influencing bone mass in junior high school students. *The Japanese Society for Hygiene 2012 Environ Health Prev Med* (2013) 18:313–322.
36. Gao SG, Li KH, Xu M, Jiang W, Shen H, Luo W, Xu WS, Tian J, Lei GH. Bone turnover in passive smoking female rat: relationships to change in bone mineral density. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011 Jun 11;12:131.
37. Κοντογιάννη Μ., Τσαγκάρη Α., Διατροφή και σκελετική υγεία - Αθήνα 2009, Μονογραφίες Ελίου.

38. Ma XM, Huang ZW, Yang XG, Su YX. Calcium supplementation and bone mineral accretion in Chinese adolescents aged 12-14 years: a 12-month, dose-response, randomised intervention trial. *Br J Nutr.* 2014 Nov 14;112(9):1510-20.
39. Visioli F. and Strata A. Milk, Dairy Products, and Their Functional Effects in Humans: A Narrative Review of Recent Evidence. Laboratory of Functional Foods, Madrid Institute for Advanced Studies (IMDEA)–Food, CEI UAM+CSIC, Madrid, Spain; and Department of Clinical Nutrition, University of Parma, Parma, Italy 2014 American Society for Nutrition. *Adv. Nutr.* 5: 131–143, 2014.
40. Greer FR, Krebs NF; American Academy of Pediatrics Committee on Nutrition. Optimizing bone health and calcium intakes of infants, children, and adolescents. *Pediatrics.* 2006 Feb;117(2):578-85.
41. Winzenberg T, Shaw K, Fryer J, Jones G. Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ.* 2006 Oct 14;333(7572):775.
42. Lee AW, Cho SS. Association between phosphorus intake and bone health in the NHANES population. *Nutr J.* 2015 Mar 21;14:28.
43. Sharon Rady Rolfes et al. Life Span Nutrition (conception throughout life) Second Edition; 1998 Wodsworth Publishing.
44. Hazell TJ, Pham TT, Jean-Philippe S, Finch SL, El Hayek J, Vanstone CA, Agellon S, Rodd CJ, Weiler HA. Vitamin D status is associated with bone mineral density and bone mineral content in preschool-aged children. 2015 Jan-Mar;18(1):60-7.
45. Winzenberg T, Powell S, Shaw KA, Jones G. Effects of vitamin D supplementation on bone density in healthy children: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2011 Jan 25;342:c7254.
46. Winzenberg TM, Powell S, Shaw KA, Jones G. Vitamin D supplementation for improving bone mineral density in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010 Oct 6;(10):CD006944.
47. Kathleen Mahan, Sylvia Escott-Stump. Krause's Food Nutrition and Diet Therapy, 11th ed. Elsevier ISBN:0-7216-9784-4. USA 2004.

48. Hilger J, Friedel A, Herr R, Rausch T, Roos F, Wahl DA, Pierroz DD, Weber P, Hoffmann K. A systematic review of vitamin D status in populations worldwide. *Br J Nutr.* 2014 Jan 14;111(1):23-45.
49. van Summeren MJ, van Coeverden SC, Schurgers LJ, Braam LA, Noirt F, Uiterwaal CS, Kuis W, Vermeer C. Vitamin K status is associated with childhood bone mineral content. *Br J Nutr.* 2008 Oct;100(4):852-8.
50. Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine: Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington DC: the National Academies Press; 2001.
51. Prentice A., Schoenmakers I., Laskey M.A., Bono S., Ginty F. and Gail R. Goldberg. MRC Human Nutrition Research, Elsie Widdowson Laboratory, Cambridge CB1 9NL, UK. MRC Keneba, PO Box 273, The Gambia Symposium on 'Nutrition and health in children and adolescents' Session 1: Nutrition in growth and development: Nutrition and bone growth and development Published in final edited form as: *Proc Nutr Soc.* 2006 November; 65(4): 348–360.
52. Ferrari SL, Chevalley T, Bonjour JP, Rizzoli R. Childhood fractures are associated with decreased bone mass gain during puberty: an early marker of persistent bone fragility? *Journal of Bone and Mineral Research.* 2006; 21:501–507.
53. Kohri T., Kaba N., Murakami T., Narukawa Y., Yamamoto S., Sakai T., Sasaki S., Search for promotion factors of ultrasound bone measurement in Japanese males and pre/post-menarcheal females aged 8-14 years. *J. Nutr Sci Vitaminol*, 58, 263-271, 2012.
54. Hirota T, Kusu T, Hirota K. Improvement of nutrition stimulates bone mineral gain in Japanese school children and adolescents. *Osteoporos Int.* 2005 Sep;16(9):1057-64.
55. Magkos F., Manios Y., Babaroutsi E., Sidossis L. (2005). Quantitative ultrasound calcaneus measurements: normative data for the Greek population. *Osteoporos Int* (2005) 16: 280–288.
56. Διονυσιώτης Ι., Ελληνικό Ίδρυμα Οστεοπόρωσης, Αθήνα 2008
57. Jackowski SA, Baxter-Jones AD, Gruodyte-Raciene R, Kontulainen SA, Erlandson MC. A longitudinal study of bone area, content, density, and strength development at the

- radius and tibia in children 4-12 years of age exposed to recreational gymnastics. *Osteoporos Int.* 2015 Mar 5.
58. Määttä M, Macdonald HM, Mulpuri K, McKay HA. Deficits in distal radius bone strength, density and microstructure are associated with forearm fractures in girls: an HR-pQCT study. *Osteoporos Int.* 2015 Mar;26(3):1163-74.
 59. Tenforde AS, Sainani KL, Carter Sayres L, Milgrom C, Fredericson M. Participation in ball sports may represent a prehabilitation strategy to prevent future stress fractures and promote bone health in young athletes. *PM R.* 2015 Feb;7(2):222-5.
 60. Nogueira RC, Weeks BK, Beck BR. An in-school exercise intervention to enhance bone and reduce fat in girls: the CAPO Kids trial. *Bone.* 2014 Nov;68:92-9.
 61. Xu H, Zhao Z, Wang H, Ding M, Zhou A, Wang X, Zhang P, Duggan C, Hu FB. Bone mineral density of the spine in 11,898 Chinese infants and young children: a cross-sectional study. *PLoS One.* 2013 Dec 6;8(12):e82098.
 62. Michalopoulou M, Kambas A, Leontsini D, Chatzinikolaou A, Draganidis D, Avloniti A, Tsoukas D, Michopoulou E, Lyritis GP, Papaioannou N, Tournis S, Fatouros IG. Physical activity is associated with bone geometry of premenarcheal girls in a dose-dependent manner. *Metabolism.* 2013 Dec;62(12):1811-8.
 63. Behringer M, Gruetzner S, McCourt M, Mester J. Effects of weight-bearing activities on bone mineral content and density in children and adolescents: a meta-analysis. *J Bone Miner Res.* 2014 Feb;29(2):467-78.
 64. Farr JN, Laddu DR, Blew RM, Lee VR, Going SB. Effects of physical activity and muscle quality on bone development in girls. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Dec;45(12):2332-40.
 65. Löfgren B, D.M., Nilsson JA, Karlsson MK., A 4-year exercise program in children increases bone mass without increasing fracture risk. *Pediatrics.* 2012. 129(6).
 66. Löfgren B, Detter F, Dencker M, Stenevi-Lundgren S, Nilsson JÅ, Karlsson MK. Influence of a 3-year exercise intervention program on fracture risk, bone mass, and bone size in prepubertal children. *J Bone Miner Res.* 2011 Aug;26(8):1740-7.
 67. Pekkinen M, Viljakainen H, Saarnio E, Lamberg-Allardt C, Mäkitie O. Vitamin D is a major determinant of bone mineral density at school age. *PLoS One.* 2012;7(7):e40090.

68. Torres-Costoso A, Gracia-Marco L, Sánchez-López M, Notario-Pacheco B, Arias-Palencia N, Martínez-Vizcaíno V. Physical activity and bone health in schoolchildren: the mediating role of fitness and body fat. *PLoS One*. 2015 Apr 27;10(4):e0123797.
69. Tan VP, Macdonald HM, Kim S, Nettlefold L, Gabel L, Ashe MC, McKay HA. Influence of physical activity on bone strength in children and adolescents: a systematic review and narrative synthesis. *J Bone Miner Res*. 2014 Oct;29(10):2161-81.
70. Wen LM, Merom D, Rissel C, Simpson JM. Weight status, modes of travel to school and screen time: a cross-sectional survey of children aged 10-13 years in Sydney. *Health Promot J Austr*. 2010 Apr;21(1):57-63.
71. Herrmann D, Pohlabein H, Gianfagna F, Konstabel K, Lissner L, Mårild S, Molnar D, Moreno LA, Siani A, Sioen I, Veidebaum T, Ahrens W; I DEFICS Consortium. Association between bone stiffness and nutritional biomarkers combined with weight-bearing exercise, physical activity, and sedentary time in preadolescent children. A case-control study. *Bone*. 2015 May 4;78:142-149.
72. De Smet S, Michels N, Polfliet C, D'Haese S, Roggen I, De Henauw S, Sioen I. The influence of dairy consumption and physical activity on ultrasound bone measurements in Flemish children. *J Bone Miner Metab*. 2015 Mar;33(2):192-200.
73. Babaroutsi E, Magkos F, Manios Y, Sidossis LS. Body mass index, calcium intake, and physical activity affect calcaneal ultrasound in healthy Greek males in an age-dependent and parameter-specific manner. *J Bone Miner Metab*. 2005;23(2):157-66.
74. Lohman, T.G., A.F. Roche, and R. Martorell, *Anthropometric standardization reference manual*. Abridged ed 1991, Champaign, Ill.: Human Kinetics Books. vi, 90 p.
75. Cole, T.J., et al., Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Bmj*, 2000. 320(7244): p. 1240-3.
76. Cole, T.J., et al., Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *Bmj*, 2007. 335(7612): p. 194.
77. Fernandez, J.R., et al., Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. *J Pediatr*, 2004. 145(4): p. 439-44.

78. Hologic Inc.: Waltham MA, SAHARA Clinical Bone Sonometer. Clinical User's Guide, 1997.
79. Tanner JM. Growth at adolescence. Oxford: Blackwell Scientific, 1955.
80. University of Crete, Food Composition Tables. nutrition.med.uoc.gr/GreekTables 1991.
81. Trichopoulou, A., Composition tables of foods and Greek dishes. School of Medicine: Department of Hygiene and Epidemiology 2004, Athens, Greece.
82. Institute of Medicine (U.S.). Panel on Macronutrients. and Institute of Medicine (U.S.). Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes., Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids 2005, Washington, D.C.: National Academies Press. xxv, 1331 p.
83. Groothausen, J., et al., Influence of peak strain on lumbar bone mineral density: an analysis of 15-year physical activity in young males and females. *Pediatr Exerc Sci*, 1997. 9(2): p. 159-73.
84. Dib, L., Asma Arabi, Joyce Maalouf, Mona Nabulsi, Ghada El-Hajj Fuleihan, Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone*, 2005. 36(4): p. 736-42.