



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ
Κατεύθυνση: Διατροφή και Άσκηση

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΣΧΕΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D,
ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ
ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ 10-12 ΕΤΩΝ**

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΚΟΥΜΠΙΤΣΚΙ *Α.Μ: 4291002*



ΑΘΗΝΑ 2011



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Κατεύθυνση: Διατροφή και Άσκηση

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΣΧΕΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D,
ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ
ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ 10-12 ΕΤΩΝ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΚΟΥΜΠΙΤΣΚΙ *A.M: 4291002*

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΑΝΙΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΜΑΝΙΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΝΟΜΙΚΟΣ ΤΖΩΡΤΖΗΣ

ΤΕΝΤΑ ΡΩΞΑΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2011

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον κ. Γιάννη Μανιό για την εξαιρετική συνεργασία, την συνολική υποστήριξη και καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Παράλληλα, ευχαριστώ βαθύτατα τον κ. Γιώργο Μοσχώνη για το συνεχές ενδιαφέρον του και την επιστημονική βοήθεια που μου προσέφερε σε κάθε προκύπτουσα ανάγκη. Χωρίς την συμβολή του, θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την αδερφή μου Άννα, που με την συμπαράσταση της, την υπομονή της και την αδελφική συμβουλή της σε όλους τους τομείς με βοήθησε να ανταπεξέλθω σε κάθε δυσκολία.

Σαν ελάχιστο δείγμα ευγνωμοσύνης, αφιερώνω την εργασία αυτή στους γονείς μου η συμβολή των οποίων, σε κάθε βήμα μου, είναι ανεκτίμητη. Τους ευχαριστώ για την αμέριστη στήριξη, αγάπη και εμπιστοσύνη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, δεν μπορώ να παραλείψω από τις ευχαριστίες μου την Όλγα και τον Γιάννη για την στήριξη και την συμπαράσταση τους σε προσωπικό επίπεδο. Ευχαριστώ όλους τους φίλους μου που ομόρφυναν αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Α.Κ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Βιταμίνη D.....	10
1.1.1 Βιταμίνη D και UV ακτινοβολία.....	10
1.1.2 Βιταμίνη D και διατροφή.....	12
1.2 Απορρόφηση και Μεταβολισμός βιταμίνης D	14
1.2.1 Απορρόφηση	14
1.2.2 Μεταβολισμός.....	14
1.3 Δράσεις βιταμίνης D	18
1.4 Επίπεδα βιταμίνης D – Αξιολόγηση επιπέδων - Έλλειψη Βιταμίνης D	22
1.5 Επιπολασμός Υποβιταμίνωσης D	25
1.6 Αίτια Υποβιταμίνωσης D	28
1.7 Συνέπειες Υποβιταμίνωσης D	30
1.8 Σύσταση σώματος.....	33
1.8.1 Σύσταση σώματος και βιταμίνη D.....	35
1.9 Φυσική δραστηριότητα	38
1.9.1 Φυσική δραστηριότητα και βιταμίνη D.....	39
2. ΣΚΟΠΟΣ.....	41
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	42
3.1 Πληθυσμός μελέτης	42
3.2 Δειγματοληψία-Τυχαιοποίηση.....	42
3.2.1 Δείγμα Παρούσας Μελέτης.....	43
3.3 Στάδια μελέτης.....	44
3.3.1 Πιλοτικό στάδιο.....	44
3.3.2 Κύριο στάδιο	44
3.4 Ανθρωπομετρήσεις	44
3.4.1 Ύψος-Βάρος.....	45
3.4.2 Περίμετρος Μέσης.....	45
3.4.3 Δερματικές Πτυχές	45
3.4.4 Ορισμός παχυσαρκίας και κεντρικής παχυσαρκίας	46
3.5 Σύσταση σώματος.....	46
3.5.1 Μετρήσεις συνολικού κοιλιακού και σπλαχνικού λίπους	47

3.6 Στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner (ή στάδιο κατά Tanner).....	48
3.7 Αξιολόγηση των επιπέδων φυσικής δραστηριότητας των παιδιών	48
3.7.1 Ποιοτική εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας	48
3.7.2 Ποσοτική Εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας	50
3.8 Αιματολογικές Εξετάσεις.....	50
3.9 Ορισμός Υποβιταμίνωσης D	51
3.10 Προτεινόμενη στατιστική ανάλυση	52
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	53
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	64
Χαρακτηριστικά Σύστασης Σώματος και Φυσικής Δραστηριότητας.....	64
Μέσα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D ανά Εποχή και Φύλο	65
Επιπολασμός Υποβιταμίνωσης D ανά Φύλο και Εποχή.....	66
Υποβιταμίνωση D και σωματικό βάρος.....	68
Συσχέτιση επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, παραμέτρων Σύστασης Σώματος και Φυσικής Δραστηριότητας ανά Φύλο και Εποχή.....	70
Κατηγορίες φυσικής δραστηριότητας και ποσοστά υποβιταμίνωσης D	75
Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα και επίπεδα βιταμίνης D ανά εποχή	75
Ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης.....	77
Συμπεράσματα.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D στους ενήλικες μπορεί να συμβάλλουν στην ανάπτυξη χρόνιων ασθενειών όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, υπέρταση, σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2, φλεγμονώδεις και αυτοάνοσες ασθένειες όπως διαβήτης τύπου I και σκλήρυνση κατά πλάκας, ψυχιατρικές ασθένειες, καθώς και διάφορες μορφές καρκίνου. Ο ολοένα αυξανόμενος επιπολασμός της υποβιταμίνωσης D παρουσιάζει την σημαντικότητα του προβλήματος σε όλες τις ηλικιακές ομάδες ακόμα και στην παιδική ηλικία. Βιβλιογραφικά δεδομένα στους ενήλικες και στα παιδιά, μαρτυρούν την συσχέτιση της υποβιταμίνωσης D με την σύσταση σώματος και την φυσική δραστηριότητα.

Σκοπός: Να καταγραφεί η σχέση μεταξύ επιπέδων βιταμίνης D, σύσταση σώματος και φυσικής δραστηριότητας στην παιδική ηλικία.

Υλικό: Αντιπροσωπευτικό δείγμα 397 παιδιών (10-12 ετών) στα πλαίσια της μελέτης Healthy Growth Study.

Μέθοδοι: Οι μετρήσεις περιλάμβαναν τη συλλογή δεδομένων σύστασης σώματος, ανθρωπομετρίας, φυσικής δραστηριότητας και βιοχημικών τιμών της 25-υδροξυβιταμίνης D. Η υποβιταμίνωση ορίστηκε για επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D ορού <25ng/ml.

Αποτελέσματα: Ο συνολικός επιπολασμός της υποβιταμίνωσης D ήταν 27% και ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερος το χειμώνα (41,9%). Διαφορά φάνηκε και μεταξύ των δύο φύλων, με τα κορίτσια να έχουν υψηλότερα ποσοστά (31,9%) σε σχέση με τα αγόρια (21,5%). Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) ($p=0,035$), το σύνολο των δερματοπτυχών ($p=0,036$), η λιπώδης μάζα (kg) ($p=0,011$), η άλιπη μάζα σώματος (kg) ($p=0,002$) και το κοιλιακό λίπος (%) ($p=0,002$) σχετίστηκαν στατιστικά σημαντικά αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D. Ο ΔΜΣ και η λιπώδης μάζα (kg) διατήρησαν την αρνητική συσχέτιση ακόμα και μετά από διόρθωση για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner. Τους χειμερινούς μήνες, ο ΔΜΣ και η περιφέρεια μέσης σχετίστηκαν αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D, ενώ οποιαδήποτε στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε, το καλοκαίρι εξαλείφθηκε. Όσον αφορά την φυσική δραστηριότητα σημειώθηκε θετική συσχέτιση με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D μόνο για την οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (αθλήματα) ($p=0,034$) και συγκεκριμένα τους χειμερινούς μήνες. Τα κορίτσια μπορούν να χαρακτηριστούν ως η «ευαίσθητη» ομάδα καθώς παρουσίαζαν, εκτός από υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης, συσχετίσεις βιταμίνης D με όλες τις παραμέτρους σύστασης σώματος καθώς και με την οργανωμένη φυσική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης γραμμικής

παλινδρόμησης, κατόπιν διόρθωσης για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner, έδειξαν ότι μόνο η οργανωμένη φυσική δραστηριότητα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D το χειμώνα ($\beta=0,135$, $p\text{-value}=0,049$) και να μειώσει την υποβιταμίνωση D.

Συμπεράσματα: Η υποβιταμίνωση D φάνηκε να αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα ακόμα και σε μια ηλιόλουστη χώρα όπως η Ελλάδα. Η σύσταση σώματος και παράμετροι της φυσικής δραστηριότητας συσχετίστηκαν με τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D ακόμα και στην παιδική ηλικία. Αυξημένα ποσοστά υποβιταμίνωσης D μπορεί να πηγάζουν είτε από την παχυσαρκία (ΔΜΣ) και την αυξημένη λιπώδη μάζα, είτε από χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας είτε από μικρή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είτε λόγω συνδυασμού αυτών των παραγόντων. Η άσκηση μπορεί να βελτιώσει τα επίπεδα της βιταμίνης D άμεσα, με μείωση σωματικού βάρους και λιπώδους μάζας σε δραστήρια παιδιά, αλλά και έμμεσα μέσω μεγαλύτερης έκθεσης στον ήλιο με δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους. Φανερό γίνεται η σημαντικότητα της εποχικότητας και η αξία της έκθεσης στον ήλιο για την επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D. Περαιτέρω μελέτες στην ηλικιακή αυτή ομάδα είναι απαραίτητες για σύγκριση και εξαγωγή αντιπροσωπευτικών συμπερασμάτων.

ABSTRACT

Introduction: Low levels of vitamin D in adults may contribute to chronic diseases like cardiovascular disease, hypertension, type 2 diabetes mellitus, inflammatory and autoimmune diseases such as type I diabetes and multiple sclerosis, psychiatric diseases and various cancers. The growing prevalence of hypovitaminosis D presents the significance of the problem in all age groups even in childhood. Prior studies indicate the relationship between vitamin D deficiency, body composition and physical activity in adults and children.

Aim: To examine the prevalence of hypovitaminosis D in Greece and to identify associations between vitamin D status, body composition and physical activity in childhood.

Methods: Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations were measured in 396 Greek children 10-12 years old. Anthropometric indices, fat tissues and physical activity were also measured. Hypovitaminosis D was defined for levels of serum 25-hydroxyvitamin D <25ng/ml.

Results: The overall prevalence of vitamin D deficiency was 27% and was significantly higher in winter (41.9%). Girls versus boys had significantly higher prevalence of hypovitaminosis D (overall 31,9% vs 21,5%; summer 16,7% vs 7,3%). There were significant inverse correlations between 25-hydroxyvitamin D levels and adiposity measurements, including Body mass index (BMI) ($p=0,035$), total skinfolds ($p=0,036$), fat mass (kg) ($p=0,011$), lean body mass (kg) ($p=0,002$) and abdominal fat (%) ($p=0,002$). BMI and fat mass (kg) retained their inverse correlation, even after adjustment for gender and Tanner stage. During winter, BMI and waist circumference were inversely correlated with levels of 25-hydroxyvitamin D, and any significant association was observed overall or during winter was disappeared in summer. Regarding physical activity there was a positive association between levels of 25-hydroxyvitamin D and organized physical activity (sports) ($p=0,034$) only during winter. Girls can be classified as the "sensitive" group because significant correlations were observed for all body composition measurements and organized physical activity. The results of linear regression analysis, after adjustment for gender and Tanner stage, showed that sports can significantly improve the levels of 25-hydroxyvitamin D in winter ($b = 0,135$, $p\text{-value} = 0,049$) and reduce hypovitaminosis D.

Conclusions: The vitamin D deficiency seemed to be a major problem even in a sunny country like Greece. The body composition and organized physical activity correlated with levels of 25-hydroxyvitamin D even in childhood. Vitamin D deficiency may stem from either obesity (BMI) and increased fat mass or factors such as low levels of physical activity, low exposure to sunlight or a combination of the aforementioned. Physical activity can increase levels of vitamin D

directly, by reducing body weight and fat mass in active children, and indirectly through increased exposure to sun with outdoor activities. Seasonality and sun exposure for the synthesis of vitamin D remain significant determinants. Further studies are needed to come to safe conclusions and to identify the mechanisms whereby vitamin D status is related to exercise and to body composition during growth.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΒΙΤΑΜΙΝΗ D

Ο όρος βιταμίνη D μαρτυρά μια ομάδα στενά σχετιζόμενων συστατικών. Ένα από αυτά ονομάζεται βιταμίνη D₃ και σχηματίζεται από τη δράση της υπεριώδους ακτινοβολίας (συνήθως είναι το ηλιακό φως) στο δέρμα πάνω σε ένα παράγωγο της χοληστερόλης (7-δεδυδροχοληστερόλη). Ένας άλλος τύπος βιταμίνης D, πολύ παρόμοιος με την βιταμίνη D₃ καταναλώνεται με την τροφή [1]. Ο τύπος της βιταμίνης D που απαντάται στη δίαιτα είναι η χοληκαλσιφερόλη (γνωστή επίσης και ως καλσιόλη). Αυτή είναι επίσης ο παράγοντας που σχηματίζεται στο δέρμα μέσω της δράσης της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας της 7-δεδυδροχοληστερόλης. Ορισμένα τρόφιμα είναι εμπλουτισμένα με συνθετική εργοκαλσιφερόλη, η οποία υφίσταται τον ίδιο μεταβολισμό με την χοληκαλσιφερόλη και παρουσιάζει την ίδια βιολογική δράση [2].

Παλαιότερες μελέτες απέδωσαν την ονομασία βιταμίνη D₁ σε ένα μη αμιγές μίγμα προϊόντων το οποίο προήλθε από την ακτινοβολία της εργοστερόλης, ένα συχνά απαντώμενο στεροειδές στα φυτά. Όταν εντοπίστηκε η εργοκαλσιφερόλη, προϊόν της ακτινοβολίας της εργοστερόλης, ονομάστηκε βιταμίνη D₂ και όταν αναγνωρίστηκε ο φυσιολογικός τύπος ως χοληκαλσιφερόλη, ονομάστηκε βιταμίνη D₃.

Βασική λειτουργία της βιταμίνης D είναι η ρύθμιση της απορρόφησης και της ομοιόστασης του ασβεστίου. Οι περισσότερες από τις δράσεις της ασκούνται μέσω πυρηνικών υποδοχέων οι οποίοι ρυθμίζουν τη γονιδιακή έκφραση. Η ανεπάρκεια, η οποία οδηγεί στην εμφάνιση ραχίτιδας στα παιδιά και οστεομαλακίας στους ενήλικες, συνεχίζει να αποτελεί πρόβλημα στα βόρεια πλάτη της γης, όπου είναι ανεπαρκής η έκθεση στο φως του ηλίου [2].

1.1.1 ΒΙΤΑΜΙΝΗ D ΚΑΙ UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η βιταμίνη D δεν είναι αυστηρά βιταμίνη καθώς έχει τη δυνατότητα να συντίθεται στο δέρμα, και πράγματι, κάτω από κανονικές συνθήκες η ενδογενής σύνθεση αποτελεί τη βασικότερη πηγή της βιταμίνης [2, 3]. Περίπου το 90% την βιταμίνης D προέρχεται από την σύνθεση της στο δέρμα με την επίδραση του ηλιακού φωτός. Το δέρμα χρησιμοποιεί UV ηλιακή ακτινοβολία σε 280-315nm μήκος κύματος για να σχηματίσει την προβιταμίνη D και η παραγωγή της στο δέρμα περιορίζεται σε 10 000–20 000 IU την ημέρα [4]. Λόγω της ενδυμασίας, των περιορισμένων υπαίθριων δραστηριοτήτων ή και του ηλιακού φωτός σε κάποιες χώρες, συχνά ο άνθρωπος

εξαρτάται από τη διατροφική λήψη της βιταμίνης D και για αυτό το λόγο το συστατικό ταξινομήθηκε αρχικά ως βιταμίνη [1].

Σε εύκρατα κλίματα παρατηρείται εποχιακή διακύμανση στα επίπεδα βιταμίνης D στο πλάσμα, με υψηλότερες συγκεντρώσεις να παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και χαμηλότερες προς το τέλος του χειμώνα [2, 4] Ακόμα και στις περιπτώσεις που υπάρχει αυξημένη ηλιοφάνεια, σε γεωγραφικά πλάτη πάνω από 35°-40° Βόρεια ή Νότια η UV ακτινοβολία κατάλληλου μήκους κύματος δεν επαρκεί για τη σύνθεση χοληκαλσιφερόλης τους χειμερινούς μήνες [3, 4] Αντίθετα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παρατηρείται σημαντική ποσότητα UV φωτός ακόμα και κατά τη διάρκεια μιας μέτριας συννεφιασμένης ημέρας, όταν αρκετή από αυτή την ακτινοβολία διαπερνά τα ρούχα με αποτέλεσμα τον σχηματισμό σημαντικής ποσότητας βιταμίνης D. Σε βορειότερα κλίματα, και ιδιαίτερα σε βιομηχανικές πόλεις με αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση και χαμηλή ηλιοφάνεια, οι άνθρωποι δεν εκτίθενται επαρκώς στην UV ακτινοβολία έτσι ώστε να καλύψουν τις ανάγκες τους για την βιταμίνη D και για τον λόγο αυτό εξαρτώνται από τις ελάχιστες διαιτητικές πηγές της βιταμίνης [2].

Η παραγωγή βιταμίνης D στο δέρμα εξαρτάται από:

- το γεωγραφικό πλάτος
- την εποχή
- την ώρα της ημέρας
- την επιφάνεια του δέρματος που εκτίθεται στον ήλιο
- την διάρκεια της έκθεσης στον ήλιο
- τον τύπο του δέρματος
- την ηλικία
- την χρήση αντηλιακού με δείκτη προστασίας μεγαλύτερο του 8 [3, 4].

Για περιστασιακή έκθεση στον ήλιο δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί αντηλιακό καθώς αντηλιακό με δείκτη προστασίας 15 μειώνει την σύνθεση της προβιταμίνης D κατά >99% [4].

Έχει φανεί ότι έκθεση στον ήλιο για 5-15 λεπτά, μεταξύ των ωρών 10:00π.μ και 3:00μ.μ, την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο επαρκεί για την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας βιταμίνης D στα άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα. Άτομα της μαύρης φυλής χρειάζονται περίπου 5-10 λεπτά επιπλέον έκθεση στον ήλιο από ότι τα άτομα της λευκής φυλής για να παράγουν βιταμίνη D [3]. Καθώς, η βιταμίνη D είναι λιποδιαλυτή μπορεί να αποθηκευτεί για αρκετούς μήνες και να καλύψει τις ανάγκες όταν οι άνθρωποι δεν εκτίθενται στον ήλιο [5].

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι απαιτούμενοι χρόνοι για έκθεση στον ήλιο στην Αυστραλία ανάλογα με την εποχή και το γεωγραφικό πλάτος της κάθε περιοχής.

Vitamin D A review, Mark I Stroud, auStralian FaMily pHySician 2008 [4].

Table 2. Sun exposure guidelines

Region	October to March		April to September	
	At 12:00	At 10:00 or 15:00	At 12:00	At 10:00 or 15:00
North (Townsville and Cairns)	2–5 minutes with extreme care	10 minutes with care	3–10 minutes with care	16 minutes with care
Central (Brisbane and Perth)	2–6 minutes with extreme care	~10 minutes with care	4–17 minutes with care	14–44 minutes with care or extreme care in Brisbane
South (Adelaide, Sydney, Melbourne, Hobart*)	2–10 minutes with extreme care	15 minutes with extreme care	5–34 minutes with care	21–60 minutes with care
Recommended solar radiation exposure to 15% of the body (face, hands, arms) at various times of the day and in various regions of Australia for fair skinned people to produce vitamin D levels equivalent to current recommended daily intakes, assuming exposure occurs 3–4 times per week. Such exposures will give one-third minimal erythema dose, and assumes average solar radiation intensity				

1.1.2 ΒΙΤΑΜΙΝΗ D ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Η διαιτητική βιταμίνη D παρέχεται κυρίως από τροφές ζωικής προέλευσης, ειδικότερα από το συκώτι, το βοδινό, το μοσχάρι και τα αυγά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα όπως γάλα, τυρί, και βούτυρο, και κάποια ψάρια όπως η ρέγκα, ο σολομός, ο τόνος και οι σαρδέλες [6]. Επιπλέον κάποια άγρια μανιτάρια μπορεί να περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιταμίνης D [7]. Άτομα λοιπόν που ακολουθούν αυστηρές δίαιτες χορτοφαγίας κινδυνεύουν από την εμφάνιση ανεπάρκειας, ιδιαίτερα εάν κατοικούν σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη όπου η έκθεση στον ήλιο είναι ελάχιστη [2]. Προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη πρόσληψη βιταμίνης D, ειδικά σε περιοχές ή περιόδους που η ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί, μερικά τρόφιμα εμπλουτίζονται σε κάποιες χώρες με βιταμίνη D. Τα τρόφιμα που εμπλουτίζονται είναι συνήθως το γάλα, τα δημητριακά πρωινού, οι μαργαρίνες και πρόσφατα ο χυμός πορτοκαλιού [7]. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, κάποια επιλεγμένα τρόφιμα, όπως το γάλα και η μαργαρίνη είναι εμπλουτισμένα με βιταμίνη D και συγκεκριμένα εργκαλσιφερόλη, ενώ στην Αυστραλία ο εμπλουτισμός μαργαρίνης και ελαίων είναι υποχρεωτικός [4, 6]. Αν και το γάλα παρέχει μικρότερες ποσότητες βιταμίνης D, αποτελεί σημαντική πηγή, δεδομένου ότι η ποσότητα την οποία περιέχει είναι σε μεγάλο βαθμό ο τελικός ενεργός μεταβολίτης, η καλσιτριόλη. Η διαιτητική βιταμίνη D είναι σταθερή ουσία και δεν παρουσιάζονται σημαντικές απώλειες κατά το μαγείρεμα, την αποθήκευση ή γενικότερα την επεξεργασία των τροφίμων [2, 6].

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται ενδεικτικά η περιεκτικότητα των πλούσιων τροφίμων σε βιταμίνη D. *Bone Health in Children and Adolescents: Implications for Client Counseling 2011, Maureen Bligh, Lori Hoolihan [5].*

Vitamin D	(IU)
Salmon, cooked (3.5 ounces)	360
Sardines, canned (1.75 ounces)	250
Tuna, canned (3 ounces)	200
Milk (1 cup)	100
Vitamin D-fortified orange juice (1 cup)	100
Soy beverage (1 cup)	100
Margarine, fortified (1 tablespoon)	60
Breakfast cereal, fortified (1 serving)	40 (varies)
Egg (1 whole)	20

Η επαρκής ημερήσια διαιτητική πρόσληψη βιταμίνης D ανά ηλικία φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα [4]. Σε γενικές γραμμές μέχρι την ηλικία των 70 χρόνων η σύσταση φτάνει τα 600 IU βιταμίνης D την ημέρα και για τους ηλικιωμένους (>70 ετών) έχουμε αύξηση των αναγκών σε 800 IU ημερησίως. Το ανώτερο όριο πρόσληψης βιταμίνης D θεωρείται τα 4000 IU, καθώς η υψηλές δόσεις βιταμίνης D μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή ιστών και νεφρών. Παράλληλα συστήνεται η κάλυψη των αναγκών να γίνεται από την διατροφή και όχι με την χορήγηση συμπληρωμάτων [5].

Επαρκής ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης D ανά ηλικία.

Vitamin D A review, Mark I Stroud, auStralian FaMily pHySician 2008 [4].

Table 1. Adequate daily dietary intake of vitamin D by age

Age	Adequate dietary intake ²⁰	Supplementation recommended? ²⁰	Regular sunlight sufficient?#
0–12 months	200 IU		Yes
1–18 years	400 IU		Yes
19–50 years	200 IU		Possibly
51–70 years	400 IU		Possibly not
>70 years	600 IU		Probably not
Institutionalised or housebound elderly		Yes, 400–1000 IU	No, consider screening
Pregnant women	200 IU		Consider screening
Pregnant women, limited sunlight	400 IU		Consider screening
Lactating women	200 IU	Consider supplementation*	Yes, but consider screening*
Breastfed child	200 IU		Yes
Breastfed child at risk (mother dark skinned and/or veiled)		Yes, 400 IU for first 12 months	Possibly not

* Further supplementation may be considered to increase vitamin D content in milk²³

Indicates whether regular sufficient sun exposure is likely to be adequate to maintain vitamin D levels

1.2 ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D

1.2.1 ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Η βιταμίνη D που προέρχεται από τη δίαιτα απορροφάται στα μικκύλια, μαζί με το διατροφικό λίπος και με την βοήθεια χολικών αλάτων εισέρχεται με παθητική διάχυση στο εντεροκύτταρο. Περίπου το 50% της διαιτητικής βιταμίνης D απορροφάται στα κατώτερα σημεία του λεπτού εντέρου. Εντός του εντεροκυττάρου η βιταμίνη D ενσωματώνεται στα χυλομικρά. Τα χυλομικρά αυτά εισέρχονται στο λεμφικό σύστημα και κατόπιν στο αίμα. Τα χυλομικρά μεταφέρουν περίπου το 40% της χοληκαλσιφερόλης στο αίμα, αν και ορισμένη ποσότητα βιταμίνης D μπορεί να μεταφερθεί σε μια μεταφορική α_2 σφαιρίνη που προσδένει την βιταμίνη D (D-binding protein, DBP) για να απελευθερωθεί στους εξωηπατικούς ιστούς. Τα κατάλοιπα των χυλομικρών απελευθερώνουν τη βιταμίνη στο ήπαρ.

Η χοληκαλσιφερόλη, η οποία διαχέεται αργά από την επιδερμίδα στο αίμα, προσλαμβάνεται από την DBP για τη μεταφορά της στο αίμα. Περίπου το 60% της χοληκαλσιφερόλης του πλάσματος είναι προσδεμένη στην DBP. Η βιταμίνη D που είναι προσδεμένη στην DBP κατευθύνεται προς το ήπαρ, αλλά ωστόσο ένα σημαντικό ποσοστό της βιταμίνης εναποτίθεται στους μυς και στο λιπώδη ιστό πριν να μεταφερθεί στο ήπαρ. Έτσι οι διαφορές στο μηχανισμό μεταφοράς της χοληκαλσιφερόλης που σχηματίζεται στην επιδερμίδα και αυτής που απορροφάται από τον εντερικό αυλό επηρεάζουν την κατανομή της βιταμίνης στο σώμα [6].

1.2.2 ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης της, η βιταμίνη D μεταβολίζεται πρώτα στο ήπαρ και μετά σε συγκεκριμένα νεφρικά σωληναριακά κύτταρα με την προσθήκη υδροξυλικών ομάδων. Το τελικό αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών είναι η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D ($1,25-(OH)_2D$, επίσης ονομαζόμενη καλσιτριόλη) και αποτελεί τον δραστικό τύπο της βιταμίνης D [1].

Πιο αναλυτικά, το στεροειδές 7-δευδροχοληστερόλη ενδιάμεσο προϊόν στη σύνθεση της χοληστερόλης, το οποίο συσσωρεύεται στο δέρμα αλλά όχι στους άλλους ιστούς, υφίσταται μια μη ενζυματική αντίδραση κατά την έκθεση του στην UV ακτινοβολία παράγοντας προβιταμίνη D, η οποία με την σειρά της υφίσταται περαιτέρω διεργασία για αρκετές ώρες προκειμένου να σχηματιστεί χοληκαλσιφερόλη, η οποία εισέρχεται στην κυκλοφορία.

Η χοληκαλσιφερόλη, η οποία είτε συντίθεται στο δέρμα είτε προσλαμβάνεται από τη τροφή, υφίστανται δύο υδροξυλιώσεις από όπου και προκύπτει ο ενεργός μεταβολίτης 1,25-

διυδροξυβιταμίνη D ή καλσιτριόλη. Η εργοκαλσιφερόλη από τα εμπλουτισμένα τρόφιμα υφίσταται παρόμοιου τύπου υδροξυλίωση από την οποία προκύπτει η ερκαλσιτριόλη. Το πρώτο στάδιο στον μεταβολισμό της βιταμίνης D λαμβάνει χώρα στο ήπαρ, όπου και υδροξυλιώνεται προκειμένου να σχηματιστεί το 25-υδροξυ-παράγωγο, η καλσιδιόλη. Το παράγωγο αυτό απελευθερώνεται στην κυκλοφορία συνδεδεμένο με μια δεσμεύουσα της βιταμίνης D σφαιρίνη. Η βιταμίνη D δεν αποθηκεύεται στους ιστούς. Ο βασικός τύπος αποθηκευμένης βιταμίνης D είναι η 25-υδροξυβιταμίνη D (καλσιδιόλη) πλάσματος η οποία είναι και αυτή που παρουσιάζει τις περισσότερες εποχιακές διακυμάνσεις στα εύκρατα κλίματα. Το δεύτερο στάδιο στον μεταβολισμό της βιταμίνης D λαμβάνει χώρα στα νεφρά, όπου και η 25-υδροξυβιταμίνη D υφίσταται είτε 1-υδροξυλίωση από την οποία παράγεται ο ενεργός μεταβολίτης 1,25-διυδροξυβιταμίνη D (καλσιτριόλη) είτε 24-υδροξυλίωση από την οποία παράγεται ένας προφανώς ανενεργός μεταβολίτης, η 24,25-διυδροξυβιταμίνη D (24-υδροξυκαλσιδιόλη) [2].

Η κύρια δράση της 1,25-υδροξυβιταμίνης D είναι η διέγερση της ενεργητικής απορρόφησης ασβεστίου από το έντερο. Για αυτό σε ανεπάρκεια της βιταμίνης D η κύρια επίδραση είναι η μειωμένη εντερική απορρόφηση ασβεστίου η οποία επιφέρει μείωση της συγκέντρωσης ασβεστίου στο πλάσμα. Η συγκέντρωση της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D στο αίμα υπόκειται σε φυσιολογικό έλεγχο. Το κύριο σημείο ελέγχου είναι το δεύτερο στάδιο υδροξυλίωσης το οποίο επιτελείται στους νεφρούς. Το ένζυμο το οποίο καταλύει την αντίστοιχη αντίδραση διεγείρεται από την παραθορμόνη, πρωτεϊνική ορμόνη η οποία παράγεται από τους παραθυρεοειδείς αδένες. Έτσι η χαμηλή συγκέντρωση ασβεστίου στο πλάσμα διεγείρει την έκκριση της παραθορμόνης, η οποία με την σειρά της ενισχύει την παραγωγή της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D και αμφότερες οι ορμόνες αυτές συμβάλλουν στην τάση επανεγκαθίδρυσης φυσιολογικών τιμών ασβεστίου στο πλάσμα [1].

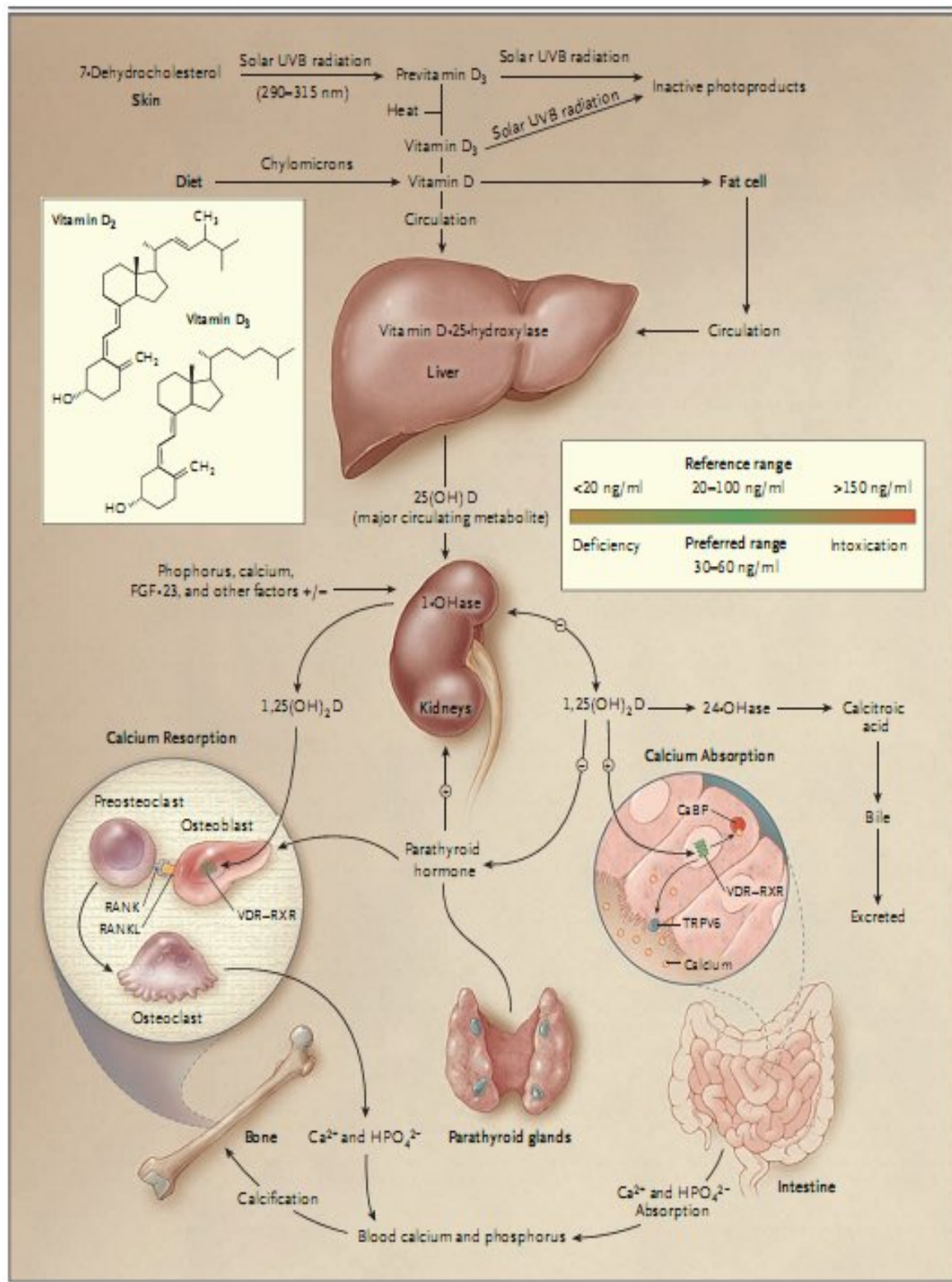
Καθώς η κύρια λειτουργία της βιταμίνης D είναι ο έλεγχος της ομοιόστασης του ασβεστίου φαίνεται ότι και ο μεταβολισμός της βιταμίνης D ρυθμίζεται στο επίπεδο της 1 ή 24-υδροξυλίωσης από παράγοντες που αποκρίνονται στα επίπεδα ασβεστίου και φωσφορικών στο πλάσμα:

- Η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D δρα ελαττώνοντας την ίδια της τη σύνθεση αυξάνοντας τον σχηματισμό της 24-υδροξυκαλσιδιόλης, ρυθμίζοντας την έκφραση των γονιδίων για τις δύο υδροξυλάσες.
- Η παραθυρεοειδής ορμόνη απεκκρίνεται σε απάντηση της πτώσης των επιπέδων ασβεστίου στο πλάσμα. Στα νεφρά δρα αυξάνοντας τη δράση της 1-υδροξυλάσης της 25-υδροξυβιταμίνης D και ελαττώνοντας τη δράση της 24-υδροξυλάσης. Σε απάντηση της

δράσης αυτής, τόσο η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D όσο και οι υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου, καταστέλλουν τη σύνθεση της παραθυρεοειδούς ορμόνης.

- Το ασβέστιο ασκεί τη βασική του δράση στη σύνθεση και την απέκκριση της παραθυρεοειδούς ορμόνης. Ωστόσο, τα ιόντα ασβεστίου ασκούν άμεση δράση στα νεφρά, ελαττώνοντας τη δράση της 1-υδροξυλάσης της 25-υδροξυβιταμίνης D.
- Το φωσφορικό οξύ επηρεάζει επίσης το μεταβολισμό της 25-υδροξυβιταμίνης D. Κατά τη διάρκεια της ημέρας παρατηρείται μια αντίστροφη διακύμανση των επιπέδων φωσφορικού οξέος και 1,25-διυδροξυβιταμίνη D στο πλάσμα, έτσι ώστε, όταν δίδεται σε άτομα δίαιτα φτωχή σε φωσφορικό οξύ, παρατηρείται αύξηση των επιπέδων 1,25-διυδροξυβιταμίνη D στην κυκλοφορία [2].

Στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται συγκεντρωτικά ο μεταβολισμός της βιταμίνης D από την στιγμή της επιδερμικής σύνθεσης ή της διαιτητικής πρόσληψης μέχρι την εισαγωγή της στην κυκλοφορία και τους διάφορους ιστούς. Παρουσιάζεται επίσης η δράση της βιταμίνης D στην ομοιόσταση του ασβεστίου, με την 1,25-διυδροξυβιταμίνη D να συμβάλλει στην επαναρρόφηση του ασβεστίου στα οστά καθώς και στην απορρόφηση του ασβεστίου στον εντερικό σωλήνα. Δεν παραλείπεται και ο ρόλος της παραθυρεοειδούς ορμόνης στον μεταβολισμό της βιταμίνης.



1.3 ΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D

Η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D (καλσιτριόλη) που συντίθεται στο νεφρούς, θεωρείται ότι είναι η ενεργή μορφή της βιταμίνης D και λειτουργεί ως στεροειδής ορμόνη. Αρχικά πίστευαν ότι τα όργανα στόχοι της βιταμίνης D περιορίζονταν στο έντερο, τα οστά και τους νεφρούς. Ωστόσο, η παρουσία ειδικών μεμβρανικών υποδοχέων για την ορμόνη σε πολλούς άλλους ιστούς στηρίζει το γεγονός με βάση τα σημερινά δεδομένα ότι η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D δρα σε μια ευρεία ποικιλία ιστών, όχι μόνο στο έντερο, τους νεφρούς και τα οστά αλλά επίσης και στην καρδιά, τους μύες, τον εγκέφαλο, το δέρμα, τον αιμοποιητικό ιστό και τους ιστούς του ανοσοποιητικού συστήματος, μεταξύ άλλων. Η βιταμίνη D δεν αλληλεπιδρά μόνο με του υποδοχείς των κυτταρικών μεμβρανών, αλλά επίσης αλληλεπιδρά και με τους πυρηνικούς υποδοχείς της βιταμίνης D που καλούνται VDR (Vitamin D Receptors) και μέσω αυτών επηρεάζει τη μεταγραφή των γονιδίων. Πυρηνικοί υποδοχείς για τη βιταμίνη D έχουν βρεθεί σε περισσότερα από 30 όργανα, όπως στα οστά, το έντερο, τους νεφρούς, τους πνεύμονες, τους μύες και το δέρμα [6].

Οι βιολογικές δράσεις της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις «κλασσικές δράσεις» που σχετίζονται με την ομοιόσταση του ασβεστίου και τις «μη-κλασσικές δράσεις» που συμπεριλαμβάνουν λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τον μεταβολισμό του ασβεστίου όπως ρύθμιση κυτταρικής διαφοροποίησης και πολλαπλασιασμού, κυτταρική ανάπτυξη καθώς και μεταξύ άλλων ρύθμιση έκκρισης ορμονών.

Η κλασσική δράση της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D είναι η διατήρηση των επιπέδων ασβεστίου και φωσφόρου στο φυσιολογικά αποδεκτό εύρος. Είναι υψίστης σημασίας να διατηρηθούν τα κανονικά επίπεδα ορού του ασβεστίου, καθώς απαιτούνται με τη σειρά τους για την ομαλή επιμετάλλωση των οστών, σύσπαση των μυών, αγωγιμότητας των νεύρων και πολλές άλλες κυτταρικές λειτουργίες.

Αυτή η αυστηρή ρύθμιση της συγκέντρωσης του ασβεστίου στο πλάσμα επιτυγχάνεται μέσα από ένα σύνθετο σύστημα που αποτελείται από την αλληλεπίδραση των ορμονών 1,25-διυδροξυβιταμίνη D, παραθορμόνης (PTH) και καλσιτονίνης (CT) σε συγκεκριμένους ιστούς-στόχους (νεφρούς, οστά και έντερο) [9].

Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D με τρεις τρόπους:

- Αύξηση της εντερικής απορρόφησης του ασβεστίου.

Σε αυτή τη λειτουργία η βιταμίνη δρα ως στεροειδής ορμόνη καθώς και ως μεταγωγέας σήματος. Η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D ως ορμόνη αλληλεπιδρά με υποδοχείς υψηλής συγγένειας

του εντεροκυττάρου και μεταφέρεται στον πυρήνα όπου αλληλεπιδρά με ειδικά γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες που εμπλέκονται στη μεταφορά του ασβεστίου. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μεταγραφή και μετάφραση κατάλληλων γονιδίων για να παραχθούν τελικά ειδικές πρωτεΐνες που δρουν στην ψηκτροειδή παρυφή, στο κυτταρόπλασμα και στην βασικοπλευρική μεμβράνη των εντεροκυττάρων για αύξηση της απορρόφησης του ασβεστίου. Η καλβιδίνη, μια πρωτεΐνη η οποία δεσμεύει ασβέστιο στον εντερικό βλεννογόνο, φαίνεται ότι συντίθεται σε απόκριση στη δράση της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D. Η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D πιστεύεται ότι προκαλεί επίσης μεταβολές στη σύσταση και την τοπολογία της ψηκτροειδούς παρυφής των εντεροκυττάρων που οδηγούν επίσης στην αύξηση της απορρόφησης του ασβεστίου. Τέλος, η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D μπορεί να προκαλέσει και την άμεση και ταχεία απορρόφηση του ασβεστίου στο έντερο χωρίς επιδράσεις στην έκφραση γονιδίων, μέσω ανοίγματος των καναλιών ασβεστίου, μια διαδικασία που ονομάζεται διασβέστωση.

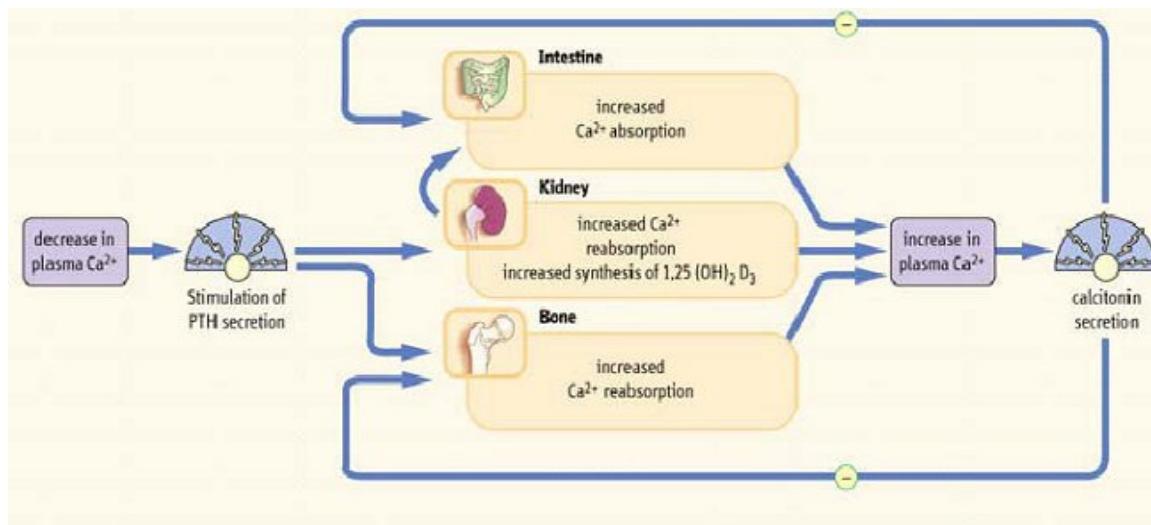
- Ελάττωση της απέκκρισης του ασβεστίου μέσω ενεργοποίησης της επαναρρόφησης τους στα άνω νεφρικά σωληνάκια.

Στην περίπτωση αυτή η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D δρα μαζί με την παραθυρεοειδής ορμόνη (PTH). Η υποασβεσταμία διεγείρει την έκκριση της PTH από τους παραθυρεοειδείς αδένες και με τη σειρά της η PTH προάγει την μετατροπή της 25-υδροξυβιταμίνης D σε 1,25-διυδροξυβιταμίνη D. Στη συνέχεια η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D δρα είτε μόνη της ή μαζί με την PTH στους νεφρούς προκαλώντας αύξηση της επαναρρόφησης του ασβεστίου.

- Κινητοποίηση του ασβεστίου των οστών.

Στα οστά η PTH, από μόνη της ή μαζί με την 1,25-διυδροξυβιταμίνη D, κινητοποιεί το ασβέστιο από τα οστά, έτσι ώστε να επιτευχθεί μια φυσιολογική συγκέντρωση ασβεστίου στο αίμα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να μεσολαβεί από την επαγόμενη από την 1,25-διυδροξυβιταμίνη D κυτταρική διαφοροποίηση των αιμοποιητικών κυττάρων σε οστεοκλάστες. Οι οστεοκλάστες με τη σειρά τους οδηγούν στην αύξηση της επαναρρόφησης του οστού. Εναλλακτικά η διαδικασία μπορεί να μεσολαβεί από την αύξηση της δραστηριότητας των οστεοβλαστών, η οποία επάγεται από την 1,25-διυδροξυβιταμίνη D, ενώ στην μεταλλοποίηση των οστών φαίνεται ότι εμπλέκεται και η ορμόνη καλσιτονίνη [2, 6].

Σχηματικά οι τρεις δράσεις της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα [10]



Στις «μη κλασσικές δράσεις» της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D περιλαμβάνεται η ρύθμιση της έκκρισης ορμονών καθώς και η ρύθμιση της κυτταρικής διαφοροποίησης, του κυτταρικού πολλαπλασιασμού και της κυτταρικής ανάπτυξης [9].

Φαίνεται λοιπόν ότι η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D ασκεί ποικίλες ρυθμιστικές δράσεις, στις οποίες αποτελεί απαραίτητο αλλά όχι επαρκή παράγοντα για την:

- Απέκκριση της ινσουλίνης
- Σύνθεση και απέκκριση των παραθυρεοειδών και θυρεοειδών ορμονών
- Αναστολή της παραγωγής ιντερλευκίνης μέσω των ενεργοποιημένων T-λεμφοκυττάρων και της ανοσοσφαιρίνης μέσω των ενεργοποιημένων B-λεμφοκυττάρων.
- Διαφοροποίηση των μονοκυττάρων πρόδρομων κυττάρων
- Ρύθμιση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού [2]

Ο εγκέφαλος, ο προστάτης, οι μαστοί και οι ιστοί του παχέος εντέρου, μεταξύ άλλων, καθώς και τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος έχουν υποδοχείς της βιταμίνης D και ανταποκρίνονται στην 1,25-διυδροξυβιταμίνη D, την ενεργή μορφή της βιταμίνης D. Επιπλέον, σε μερικούς από αυτούς τους ιστούς και κύτταρα εκφράζεται και το ένζυμο για την 1-υδροξυλίωση της 25-υδροξυβιταμίνης D. Άμεσα ή έμμεσα η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D ελέγχει περισσότερα από 200 γονίδια, συμπεριλαμβανομένου γονίδια που είναι υπεύθυνα για την ρύθμιση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού, της διαφοροποίησης, της απόπτωσης της αγγειογένεσης [8].

Μεταξύ άλλων, η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D διεγείρει την διαφοροποίηση των αιμοποιητικών και των εντερικών επιθηλιακών κυττάρων, όπως επίσης και των οστεοβλαστών. Ενώ η 1,25-

διυδροξυβιταμίνη D φαίνεται να διεγείρει την διαφοροποίηση των κυττάρων, αντίθετα ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων, όπως οι ινοβλάστες, τα κερατινοκύτταρα και τα λεμφοκύτταρα, μειώνεται από την 1,25-διυδροξυβιταμίνη D. Ο πολλαπλασιασμός των μη φυσιολογικών εντερικών, λεμφικών, μαστικών και σκελετικών κυττάρων επίσης μειώνεται από την βιταμίνη D. Η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D πιστεύεται λοιπόν, ότι είναι ικανή να αναστέλλει τον πολλαπλασιασμό και την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων [6, 8]. Η ικανότητα της βιταμίνης D να διεγείρει τη διαφοροποίηση των επιθηλιακών κυττάρων του δέρματος, ενώ ταυτόχρονα να μειώνει τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό την κάνει δυνητικά αποτελεσματική και στην αντιμετώπιση ασθενειών του δέρματος [6].

Η βιταμίνη D έχει φανεί ότι εμπλέκεται και στην καλύτερη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Η αυξημένη παραγωγή 1,25-διυδροξυβιταμίνης D οδηγεί στην σύνθεση της καθελιδίνης, ένα πεπτίδιο ικανό να καταστρέψει το μικρόβιο της φυματίωσης καθώς και άλλους λοιμώδεις παράγοντες. Όταν τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D πέσουν <20ng/ml τότε τα μονοκύτταρα ή μακροφάγα εμποδίζουν την έναρξη αυτής της ενδογενούς ανοσολογικής απόκρισης και αυτό εξηγεί και γιατί η μαύρη φυλή που έχει συχνότερα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D είναι πιο επιρρεπής στην εμφάνιση φυματίωσης από την λευκή φυλή. Τέλος, η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D αναστέλλει την σύνθεση της ρενίνης, αυξάνει την παραγωγή της ινσουλίνης και αυξάνει την συσταλτικότητα του μυοκαρδίου [8].

1.4 ΕΠΙΠΕΔΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ - ΈΛΛΕΙΨΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D

Η ανεπάρκεια της βιταμίνης D, όταν πρόκειται για φαινομενικά υγιή πληθυσμό, μπορεί να οφείλεται τόσο στην μειωμένη πρόσληψη βιταμίνης D από την διατροφή όσο και στην ανεπαρκή σύνθεση της από το δέρμα υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας [11].

Πρόσφατα βιβλιογραφικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D (25-υδροξυβιταμίνη D <20ng/ml στο πλάσμα) στους ενήλικες, μπορεί να συμβάλλουν στην ανάπτυξη χρόνιων ασθενειών όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, υπέρταση, σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2, φλεγμονώδεις και αυτοάνοσες ασθένειες όπως διαβήτης τύπου I και σκλήρυνση κατά πλάκας, ψυχιατρικές ασθένειες (κατάθλιψη και σχιζοφρένεια) καθώς και καρκίνο του προστάτη, στήθους ή παχέος εντέρου [9, 11].

Η επάρκεια της βιταμίνης D αξιολογείται με την μέτρηση της 25-υδροξυβιταμίνης D στην κυκλοφορία του αίματος. Χαμηλά επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D στον ορό του αίματος οδηγούν σε μείωση της συγκέντρωσης της ενεργούς μορφής της βιταμίνης, της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D, στην κυκλοφορία καθώς και σε μείωση της απορρόφησης του ασβεστίου από τον εντερικό αυλό με αποτέλεσμα την μείωση του ασβεστίου στον ορό. Στην περίπτωση αυτή αυξάνεται η έκκριση της παραθορμόνης η οποία διεγείρει την παραγωγή της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D στα νεφρά [6]. Τα άτομα με παρατεταμένη έλλειψη βιταμίνης D τείνουν να έχουν χρόνιες αυξήσεις της PTH στον ορό, γνωστό ως δευτεροπαθής υπερπαραθυρεοειδισμός, ο οποίος μπορεί να έχει συνέπειες για την υγεία των οστών [9].

Ο μόνος τρόπος για να διαπιστωθεί εάν κάποιο άτομο έχει ανεπάρκεια στην βιταμίνη D είναι να μετρηθούν τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D, καθώς αποτελούν τον κατάλληλο δείκτη της κατάστασης της βιταμίνης D. Τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D στο πλάσμα αντιπροσωπεύουν την ποσότητα της βιταμίνης D που έχει προσληφθεί από την δίαιτα αλλά και αυτή που έχει παραχθεί από την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία [3, 9]. Ο χρόνος της ημίσειας ζωής της 25-υδροξυβιταμίνης D είναι περίπου 2 εβδομάδες. Παρόλο που η 25-υδροξυβιταμίνη D χρειάζεται περαιτέρω υδροξυλίωση για να μετατραπεί στην δραστική μορφή την 1,25-διυδροξυβιταμίνη D, η συγκέντρωση της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η κατάσταση της βιταμίνης D καθώς ο χρόνος ημίσειας ζωής της στην κυκλοφορία είναι λιγότερο από 4 ώρες [9]. Όταν λοιπόν το άτομο βρίσκεται σε έλλειψη βιταμίνης D, υπάρχει μια αντισταθμιστική αύξηση στην έκκριση της παραθυρεοειδούς ορμόνης, που με την σειρά της διεγείρει την παραγωγή της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D από τα νεφρά. Έτσι, ενώ τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D μειώνονται σε μια κατάσταση

ανεπάρκειας, τα επίπεδα της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D διατηρούνται σε φυσιολογικά επίπεδα και ίσως είναι και αυξημένα λόγω του δευτεροπαθούς υπερπαραθυρεοειδισμού [3].

Παραμένει ωστόσο δύσκολος ο ορισμός της επάρκειας/ ανεπάρκειας της βιταμίνης D στον ανθρώπινο πληθυσμό και υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ των ερευνητών για τον προσδιορισμό των διαφορετικών καταστάσεων των επιπέδων της βιταμίνης D [9, 12] . Πολλές μελέτες έχουν προτείνει μια ποικιλία τιμών πάνω από τις οποίες παρατηρείται μικρή επακόλουθη μείωση της παραθορμόνης. Το κατώφλι της συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D το οποίο οριοθετεί την ανεπάρκεια από την επάρκεια θεωρείται η κατώτερη συγκέντρωση της 25-υδροξυβιταμίνης D που χαρακτηρίζεται από σταθεροποίηση των επιπέδων της παραθορμόνης. Το κατώφλι αυτό διαφέρει μεταξύ ερευνών και κυμαίνεται από 8ng/ml μέχρι και 40ng/ml. Μερικές μελέτες μάλιστα έχουν δείξει μια συνεχόμενη μείωση της παραθορμόνης ως απάντηση της αύξησης της 25-υδροξυβιταμίνης D, χωρίς σταθεροποίηση. Άλλες μελέτες έχουν συμπεριλάβει ακόμα και δείκτες οστικού μεταβολισμού στην προσπάθεια να θέσουν την τιμή η οποία οριοθετεί την ανεπάρκεια από την επάρκεια. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει σαφής καθορισμός ορίου συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D πάνω από το οποίο να θεωρείται επάρκεια του οργανισμού σε βιταμίνη D. Έχει προταθεί ότι τιμές συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml χαρακτηρίζονται ως μέτρια ανεπάρκεια και για τιμές <10ng/ml ως σοβαρή έλλειψη της βιταμίνης D. Οι περισσότεροι ερευνητές χρησιμοποιούν τιμές συγκέντρωσης <20nmol/l για τον προσδιορισμό της υποβιταμίνωσης D [8, 9, 12].

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα ελάχιστα επιθυμητά επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D που προτείνουν έξι διαφορετικοί ερευνητές.

Estimates of optimal vitamin D status, Dawson Hughes B, Osteoporos Int 2005 [13].

<i>Ερευνητής</i>	<i>Επιθυμητά επίπεδα 25(OH)D</i>	
	ng/ml	nmol/l*
Lips	20	50
Holick	30	75
Heaney	32	80
Meunier	30	75
Vieth	28	70
Dawson-Hughes	32	80

* Για μετατροπή των τιμών 25(OH)D σε nmol/l, πολλαπλασιάζουμε με 2.5

Έχει αποδειχθεί ότι τιμές συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D <5ng/ml μπορούν να οδηγήσουν σε σκελετικές ασθένειες όπως ραχίτιδα στα παιδιά και οστεομαλακία στους ενήλικες, ενώ τιμές συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D <8-10ng/ml μπορούν να οδηγήσουν σε αντίστοιχες καταστάσεις αλλά μακροχρόνια [9].

Οι ιδανικές τιμές συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D στο πλάσμα για κάποιους ερευνητές πρέπει να φτάνουν τα 28ng/ml στους ενήλικες, αλλά άλλοι ακόμα πιστεύουν ότι απαιτούνται συγκεντρώσεις της τάξης των 40-80ng/ml 25-υδροξυβιταμίνης D για να θεωρηθούν επαρκή για την καλύτερη υγεία.

Ωστόσο οι βιοχημικές τιμές της 25-υδροξυβιταμίνης D που χρησιμοποιούνται για να οριστεί η υποβιταμίνωση D στους ενήλικες μπορεί να μην είναι κατάλληλες για παιδιά και/ ή εφήβους. Η αύξηση των επιπέδων της παραθυρεοειδούς ορμόνης μπορεί να μην προκαλείται στα παιδιά και στους έφηβους με τον ίδιο μηχανισμό όπως στους ενήλικες και ούτε να είναι εξίσου καταστροφική για την υγεία των οστών. Για παράδειγμα, οι συγκεντρώσεις της παραθορμόνης είναι αυξημένες φυσιολογικά κατά την εφηβεία, καθώς το χτίσιμο και η αναδόμηση του σκελετού είναι στο αποκορύφωμά τους. Επομένως, είναι αμφισβητήσιμο κατά πόσο ο ορισμός της υποβιταμίνωσης D για τους ενήλικες, που στηρίζεται στην καταστολή της παραθορμόνης, είναι κατάλληλος και για τους εφήβους. Παρόλο αυτά έχει βρεθεί σε αρκετές μελέτες η αντίστροφη σχέση της 25-υδροξυβιταμίνης D και της παραθορμόνης και υποστηρίζουν ότι απαιτούνται υψηλές συγκεντρώσεις 25-υδροξυβιταμίνης D, τουλάχιστον 28ng/ml για να κατασταλεί η έκκριση της παραθορμόνης [9].

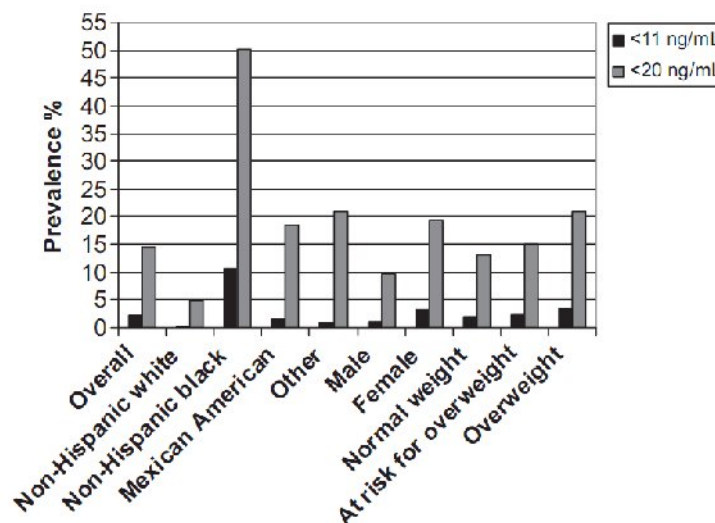
Δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός της υποβιταμίνωσης ούτε και στα παιδιά αφού από τα βιβλιογραφικά δεδομένα τα επίπεδα βιταμίνης D που ορίζουν την έλλειψη κυμαίνονται από <5ng/ml μέχρι και <12ng/ml και τα επίπεδα που ορίζουν την ανεπάρκεια βιταμίνης D μπορεί να κυμαίνονται από <10ng/ml μέχρι <32ng/ml. Για τον προσδιορισμό λοιπόν της υποβιταμίνωσης D στα παιδιά συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται ως κατώφλια τιμές συγκέντρωσης 25-υδροξυβιταμίνης D 10ng/ml - 30ng/ml [3].

1.5 ΕΠΙΠΟΛΑΣΜΟΣ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ D

Η υποβιταμίνωση D είναι ένα ιδιαίτερα συχνό φαινόμενο στις μέρες μας σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, σε ηλικιωμένους, ενήλικες, άντρες, γυναίκες, έφηβους, παιδιά ακόμη και νεογνά [8, 9]. Εκτιμάται ότι 1 εκατομμύριο άνθρωποι παγκοσμίως παρουσιάζουν έλλειψη ή ανεπάρκεια βιταμίνης D. Σύμφωνα με πολλές μελέτες 40% έως και 100% του πληθυσμού των Ηνωμένων Πολιτειών και των Ευρωπαίων ηλικιωμένων ανδρών και γυναικών έχουν χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D. Πάνω από το 50% των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών που βρίσκονται σε φαρμακευτική αγωγή για οστεοπόρωση έχουν επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D χαμηλότερα από τα φυσιολογικά, δηλαδή <28ng/ml [8].

Τα παιδιά και οι έφηβοι είναι επίσης δυνατόν να εκτεθούν σε υψηλό κίνδυνο για ανεπάρκεια βιταμίνης D. Τα διαφορετικά όρια που χρησιμοποιούνται στις έρευνες για να αξιολογήσουν τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D ορού καθιστούν δύσκολη την σύνοψη και την σύγκριση των αποτελεσμάτων. Καθώς οι διάφορες μελέτες χρησιμοποιούν τιμές συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D από 12-20ng/ml για τον ορισμό της υποβιταμίνωσης, αντίστοιχα ο επιπολασμός στους εφήβους και ειδικά κατά την διάρκεια του χειμώνα ποικίλει από 46% έως 92% [9]. Η σύγκριση των ποσοστών υποβιταμίνωσης δυσχαιρένει επιπλέον και λόγω των διαφορών που παρατηρούνται μεταξύ εθνικότητας, μεταξύ των δύο φύλων αλλά και μεταξύ παχύσαρκων και φυσιολογικών ατόμων. Στο παρακάτω διάγραμμα γίνονται κατανοητές οι διαφορές αυτές [14].

Επιπολασμός υποβιταμίνωσης D με βάση την φυλή/ εθνικότητα, το φύλο και το βάρος. *Implications of a New Definition of Vitamin D Deficiency in a Multiracial US Adolescents, Saintonge et al, Pediatrics 2009 [14]*



Για παράδειγμα το 52% των ισπανόφωνων και μαύρων εφήβων σε μια μελέτη στη Βοστώνη και το 48% των λευκών εφήβων κοριτσιών σε μια μελέτη στο Μέιν είχαν επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml. Αντίστοιχα ποσοστά υποβιταμίνωσης παρουσιάζονται σε άλλη μελέτη, όπου στο τέλος του χειμώνα, το 42% εφήβων και γυναικών της μαύρης φυλής ηλικίας 15-49 ετών στις Ηνωμένες Πολιτείες είχαν επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml. Επιπλέον χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D (32%) σημειώθηκαν ακόμα και με καθημερινή κατανάλωση ενός ποτηριού γάλακτος, πολυβιταμινών και κατανάλωση σολομού τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα.

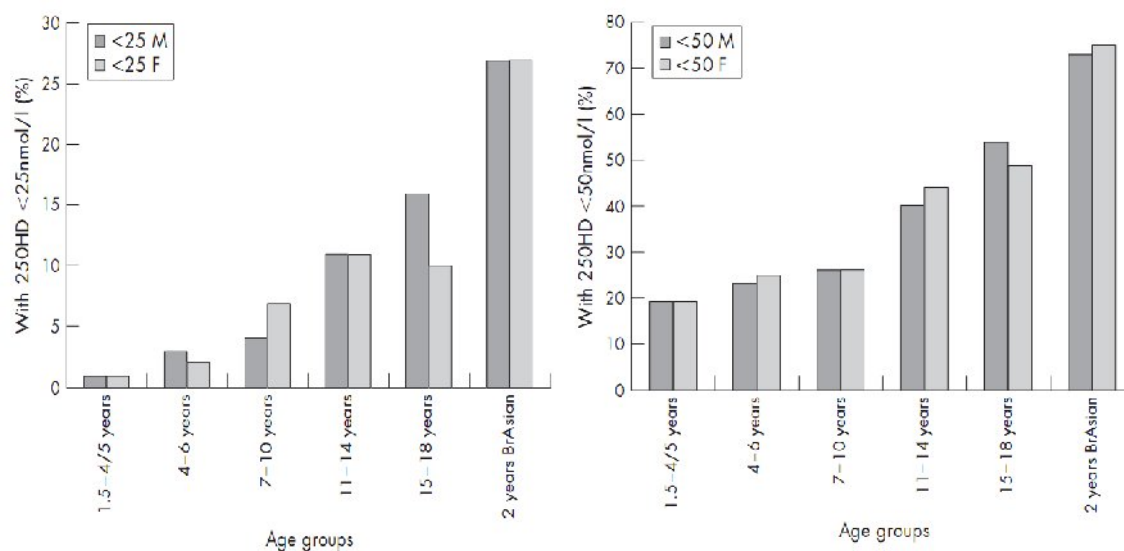
Στην Ευρώπη, όπου πολύ λίγα τρόφιμα είναι εμπλουτισμένα με βιταμίνη D, παιδιά και ενήλικες φαίνεται να είναι σε ιδιαίτερα υψηλό κίνδυνο. Οι άνθρωποι που ζουν κοντά στον ισημερινό οι οποίοι εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία έχουν φυσιολογικά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D >30ng/ml. Ωστόσο, ακόμη και στις πιο ηλιόλουστες περιοχές, η ανεπάρκεια βιταμίνης D είναι συνήθης, όταν το δέρμα προστατεύεται από τον ήλιο. Σε μελέτες στη Σαουδική Αραβία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, την Αυστραλία, την Τουρκία, την Ινδία, και τον Λιβάνο, 30 - 50% των παιδιών και των ενηλίκων είχαν επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml [8].

Σε γενικές γραμμές βιβλιογραφικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι η ανεπάρκεια της βιταμίνης D είναι συνήθης στη Νότια Ευρώπη, τη Μέση Ανατολή, την Ινδία, την Κίνα και την Ιαπωνία ενώ η συχνότητα φαίνεται να είναι μικρότερη στη Βόρεια Ευρώπη και τη Νοτιοανατολική Ασία [15].

Η συχνότητα εμφάνισης χαμηλών επιπέδων βιταμίνης D φαίνεται ότι αυξάνεται με την ηλικία στα παιδιά, με τους εφήβους να έχουν τα υψηλότερα ποσοστά εμφάνισης υποβιταμίνωσης στο Ηνωμένο Βασίλειο. Σε γενικές γραμμές ο επιπολασμός της έλλειψης βιταμίνης D (<10 ng/ml) σε παιδιά 1,5-10 ετών στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι λιγότερο από 7% όταν το δείγμα αφορά όλο το χρόνο. Ωστόσο στα λίγο μεγαλύτερα παιδιά, δηλαδή έφηβους ηλικίας 11-18 ετών ο επιπολασμός της υποβιταμίνωσης D (<10ng/ml) αυξάνεται στο 11-16% για όλο το χρόνο, ενώ όταν το κατώφλι για τον ορισμό της υποβιταμίνωσης αλλάζει στο <20ng/ml τα ποσοστά φτάνουν το 40% των εφήβων όπως φαίνεται και στα δύο διαγράμματα παρακάτω. Στην περίπτωση δείγματος μόνο τους χειμερινούς μήνες ο επιπολασμός αυτός είναι δυνατόν να διπλασιαστεί. Σε μελέτη με 1000 έφηβους ηλικίας 11-15 ετών ακόμα και τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες όπου τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D πρέπει να είναι αυξημένα, φάνηκε ότι το 9-15% του δείγματος παρουσίαζε τιμές συγκέντρωσης της 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml [9].

Επιπολασμός υποβιταμίνωσης για διάφορες ηλικίες και για επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <25nmol/l (<10ng/ml) και <50nmol/l (<20ng/ml) στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Vitamin D in childhood and adolescence, Kevin D Cashman, Postgrad Med J 2007 [9]



Δεδομένα που αφορούν την Ελλάδα δείχνουν ότι σε εφήβους ηλικίας 15-18 ετών παρατηρείται συχνότητα εμφάνισης υποβιταμίνωσης D (<20ng/ml) 47% το χειμώνα, με τα κορίτσια να έχουν υψηλότερα ποσοστά από τα αγόρια. Χαμηλότερα ποσοστά, της τάξης του 13-14%, παρουσιάζονται σε μικρότερες ηλικίες (13-14 ετών). Το καλοκαίρι όλο το δείγμα της μελέτης είχε επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D >10ng/ml. Ακόμα και σε μια ηλιόλουστη χώρα όπως η Ελλάδα, οι έφηβοι φαίνεται ότι είναι σε υψηλό κίνδυνο για έλλειψη βιταμίνης D το χειμώνα και ίσως ο εμπλουτισμός τροφίμων όπως το γάλα ή άλλα ροφήματα θα ήταν καθοριστικός [16].

1.6 ΑΙΤΙΑ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ D

Υπάρχουν πολλές αιτίες που οδηγούν στην ανεπάρκεια βιταμίνης D, συμπεριλαμβανομένου την μειωμένη επιδερμική σύνθεση της, την μειωμένη απορρόφηση της βιταμίνης και πολλές επίκτητες ή κληρονομήσιμες διαταραχές του μεταβολισμού της βιταμίνης D.

Τα αίτια της υποβιταμίνωσης D μπορεί να είναι:

1. Μειωμένη επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης

Η μειωμένη επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D μπορεί να οφείλεται σε μειωμένη έκθεση στον ήλιο, ενδυμασία που μειώνει την έκθεση στον ήλιο ή χρήση αντηλιακής προστασίας. Αντηλιακή προστασία με δείκτη 8 μπορεί να μειώσει την σύνθεση κατά 92,5% ενώ ο δείκτης 15 κατά 99%.

Ο τύπος του δέρματος μπορεί να επηρεάσει επίσης την σύνθεση καθώς η αυξημένη μελανίνη στο δέρμα μειώνει την επιδερμική σύνθεση βιταμίνης D μέχρι και 99%.

Το γήρας μπορεί να μειώσει και αυτό την σύνθεση. Με την αύξηση της ηλικίας μειώνεται η 7-δευδροχοληστερόλη στο δέρμα και σε ένα άτομο ηλικίας 70 ετών η σύνθεση βιταμίνης D μειώνεται κατά 75% περίπου.

Τέλος, και τα εγκαύματα στο δέρμα φαίνεται ότι μειώνουν την σύνθεση βιταμίνης D λόγω μειωμένης 7-δευδροχοληστερόλης στο δέρμα.

2. Μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα

Η χαμηλή διαιτητική πρόσληψη της βιταμίνης D συμβάλλει και αυτή στην εμφάνιση υποβιταμίνωσης και μάλιστα ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι μόνο το 50% και 32% κοριτσιών ηλικίας 9-13 ετών και 14-18 ετών αντίστοιχα καταναλώνουν τις συνιστώμενες ποσότητες βιταμίνης D. Η μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα της βιταμίνης D μπορεί να οφείλεται και σε δυσαπορρόφηση της βιταμίνης. Δυσαπορρόφηση της βιταμίνης παρατηρείται με μειωμένη απορρόφηση λίπους σε καταστάσεις όπως κυστική ίνωση, γαστρεντερικές ασθένειες, χειρουργεία bypass ή και φαρμακευτική αγωγή που μειώνει την απορρόφηση της χοληστερόλης ενώ υπάρχουν και άλλες ασθένειες που τελικά παρεμποδίζουν την ικανότητα του σώματος να απορροφήσει την βιταμίνη D.

Η παχυσαρκία είναι και αυτός ένας παράγοντας που συμβάλλει στην μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα της βιταμίνης D, καθώς το υποδόριο λίπος είναι πιθανό να απομονώνει τη βιταμίνη D, βγάζοντας την από την κυκλοφορία.

3. Αυξημένος καταβολισμός

Αυξημένος καταβολισμός μπορεί να παρατηρηθεί με την λήψη αντιεπιληπτικών φαρμάκων, γλυκοκορτικοειδών ή και με φαρμακευτική θεραπεία κατά του AIDS, όπου σε αυτές τις

καταστάσεις ενεργοποιείται η καταστροφή της 25-υδροξυβιταμίνης D και της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D σε μη ενεργό καλσιτροϊκό οξύ.

4. Θηλασμός

Ο θηλασμός μπορεί να προκαλέσει υποβιταμίνωση D στο βρέφος στην περίπτωση που το γάλα της μητέρας είναι φτωχό σε βιταμίνη D, ιδίως όταν πρόκειται για αποκλειστικό θηλασμό του βρέφους.

5. Μειωμένη σύνθεση 25-υδροξυβιταμίνης D

Η μειωμένη σύνθεση της 25-υδροξυβιταμίνης D που οδηγεί σε υποβιταμίνωση προκαλείται από βλάβες στους νεφρούς. Αναλόγως το βαθμό της βλάβης έχουμε μερική σύνθεση της 25-υδροξυβιταμίνης D ή αδυναμία για παραγωγή επαρκούς ποσότητας 25-υδροξυβιταμίνης D.

6. Αυξημένη απώλεια 25-υδροξυβιταμίνης D μέσω ούρων

Η αυξημένη απώλεια 25-υδροξυβιταμίνης D μέσω ούρων μπορεί να προκαλέσει υποβιταμίνωση και οφείλεται στο νεφρωτικό σύνδρομο. Στην κατάσταση αυτή δεν έχουμε πρόσδεση της 25-υδροξυβιταμίνης D στην δεσμευτική πρωτεΐνη της βιταμίνης D με αποτέλεσμα να παρατηρούνται σημαντικές απώλειες της 25-υδροξυβιταμίνης D στα ούρα.

7. Μειωμένη σύνθεση 1,25-διυδροξυβιταμίνης D

Μειωμένη σύνθεση 1,25-διυδροξυβιταμίνης D παρατηρείται στην χρόνια νεφρική ανεπάρκεια που μπορεί να αποτελέσει αίτιο της υποβιταμίνωσης.

8. Κληρονομήσιμες ασθένειες

Στις κληρονομήσιμες ασθένειες που μπορούν να προκαλέσουν υποβιταμίνωση D συμπεριλαμβάνονται οι ραχίτιδα τύπου I (μετάλλαξη του γονιδίου της 1-υδροξυλάσης της 25-υδροξυβιταμίνης D – CYP27B1), ραχίτιδα τύπου II (μετάλλαξη του γονιδίου του υποδοχέα της βιταμίνης D), ραχίτιδα τύπου III (αυξημένη παραγωγή δεσμευτικών πρωτεϊνών), οικογενής υποφωσφαταιμική ραχίτιδα (μετάλλαξη γονιδίου του αυξητικού παράγοντα ινοβλαστών 23) και φυλοσύνδετη υποφωσφαταιμική ραχίτιδα (μετάλλαξη του PHEX γονιδίου).

9. Επίκτητες ασθένειες

Στις επίκτητες ασθένειες που μπορούν να προκαλέσουν υποβιταμίνωση D συμπεριλαμβάνονται οι ογκογενής οστεομαλακία, πρωτοπαθής υπερπαραθυροειδισμός, υπερθυροειδισμός, κοκκιωματώδης νόσος, σαρκοείδωση, φυματίωση και άλλες καταστάσεις συμπεριλαμβανομένου μερικά λεμφώματα [8, 9].

1.7 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ D

Η παρατεταμένη και σοβαρή ανεπάρκεια βιταμίνης D, είτε από μειωμένη διαιτητική πρόσληψη είτε από την μη έκθεση στον ήλιο, είναι γνωστό ότι μπορεί να οδηγήσει σε ραχίτιδα στα παιδιά. Ωστόσο ακόμα και μια πιο ήπια ή μέτρια ανεπάρκεια βιταμίνης D κατά την παιδική ηλικία μπορεί να συμβάλει στον κίνδυνο οστεοπόρωσης. Η υποβιταμίνωση D έχει συσχετιστεί και με μη σκελετικές ασθένειες όπως καρδιαγγειακές παθήσεις, υπέρταση, ινσουλινοαντίσταση, δυσλειτουργία των β-κυττάρων του παγκρέατος, ανάπτυξη αυτοάνοσων νοσημάτων συμπεριλαμβανομένων των διαβήτη τύπου I, ρευματοειδή αρθρίτιδα και σκλήρυνση κατά πλάκας καθώς και καρκίνο του παχέος εντέρου, του μαστού και του προστάτη [4, 11, 16]. Ωστόσο, μεγάλο μέρος των δεδομένων αυτών προέρχονται από επιδημιολογικές μελέτες ενηλίκων [9].

Σκελετικές ασθένειες

Η ραχίτιδα είναι μεταβολική πάθηση που χαρακτηρίζεται από ανεπαρκή εναπόθεση ασβεστίου στην μεσοκυττάρια θεμέλια ουσία του οστού στις περιοχές της ενδοχόνδριας οστεοποίησης. Αναπτύσσεται συχνά κατά τους πρώτους μήνες της ζωής με αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη. Στα συμπτώματα συμπεριλαμβάνονται η μυϊκή αδυναμία και υποτονία, τετανία, παραμόρφωση των άκρων, αύλακες του Harrison (εσοχές στα χαμηλότερα πλευρά), παραμορφώσεις της πλάτης, διάχυτος πόνος στα οστά, μειωμένη οστική πυκνότητα και βιοχημικοί δείκτες με χαμηλά επίπεδα ασβεστίου, φωσφόρου, βιταμίνης D και υψηλή αλκαλική φωσφατάση και παραθορμόνη [9].

Η βιταμίνη D είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για τους μυς και την υγεία των οστών. Σε μελέτη στην Ολλανδία έδειξαν αυξημένη απώλεια μυϊκής δύναμης και μάζας με το γήρας σε άτομα με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D. Η υποβιταμίνωση D σχετίζεται με οστική απώλεια, αυξημένη αποικοδόμηση των οστών και αυξημένα επίπεδα παραθορμόνης, καταστάσεις που προδιαθέτουν για οστεοπόρωση [4].

Μη σκελετικές ασθένειες

Ανοσοποιητικό σύστημα

Η ανεπάρκεια βιταμίνης D έχει συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο για φυματίωση και πνευμονία, βακτηριακές λοιμώξεις του αναπνευστικού. Η δραστική μορφή της βιταμίνης D, η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D, πιστεύεται ότι ενεργοποιεί το ανοσοποιητικό σύστημα καθώς προσδένεται

στους πυρηνικούς υποδοχείς της βιταμίνης D (VDR) που βρίσκονται στα περισσότερα κύτταρα του ανοσοποιητικού, αυξάνοντας την έκφραση των γονιδίων άμυνας. Τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D έχουν συνδεθεί με αυξημένη συχνότητα εμφάνισης λοιμώξεων του ανώτερου αναπνευστικού και πιστεύεται ότι η βιταμίνη D μπορεί να διαδραματίσει έναν ρόλο στη ανοσία και την πρόληψη της λοίμωξης.

Ένας αριθμός αυτοάνοσων νοσημάτων, όπως η σκλήρυνση κατά πλάκας, ο διαβήτης τύπου I, ο συστηματικός ερυθματώδης λύκος και η ρευματοειδής αρθρίτιδα, σχετίζονται με ανεπάρκεια βιταμίνης D, ενδεχομένως λόγω μη ανάπτυξης των ρυθμιστικών T λεμφοκυττάρων. Τα ποσοστά της σκλήρυνσης κατά πλάκας αυξάνονται όσο μεγαλώνει η απόσταση από τον ισημερινό, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι πληθυσμοί με χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο. Έχει φανεί ότι τα υψηλότερα επίπεδα βιταμίνης D στο αίμα μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο σκλήρυνσης κατά πλάκας [5].

Ινσουλινοαντίσταση, διαβήτης τύπου 2 και μεταβολικό σύνδρομο

Πρόσφατα, η έρευνα έχει επικεντρωθεί στην σχέση μεταξύ βιταμίνης D και ινσουλινοαντίστασης όπως και μεταβολικό σύνδρομο (ΜΣ). Η υποβιταμίνωση D έχει αποδειχθεί σε ανθρώπους και ζωικά μοντέλα, ότι τροποποιεί την σύνθεση και έκκριση της ινσουλίνης. Φαίνεται ότι τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D προδιαθέτουν για εμφάνιση δυσανεξίας στη γλυκόζη, διαταραχή έκκρισης ινσουλίνης και σακχαρώδη διαβήτη τύπου II.

Σε μια πρόσφατη μελέτη σε μεσήλικες και ηλικιωμένους στην Κινά, τα χαμηλά επίπεδα της βιταμίνης D συνδέθηκαν με αυξημένο κίνδυνο μεταβολικού συνδρόμου και ινσουλινοαντίστασης. Μια παρόμοια μελέτη σε χώρες της Ασίας, όμως, δεν βρήκε καμία τέτοια σύνδεση. Ομοίως, μια άλλη μελέτη διαπίστωσε ότι η πρόσληψη βιταμίνης D συνδέεται με την ινσουλινοευαισθησία σε Αφροαμερικανούς, αλλά όχι στις Ευρωπαϊκές γυναίκες της Αμερικής. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι μπορεί να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ βιταμίνης D και ινσουλινοευαισθησίας αναλόγως όμως τον πληθυσμό, γεγονός που πιθανώς εξηγείται από τη γενετική, τη σύνθεση του σώματος, τον τρόπο ζωής ή συνδυασμό παραγόντων. Ωστόσο, κλινικές δοκιμές και παρεμβάσεις απαιτούνται για επιβεβαίωση των ευρημάτων αυτών [5].

Καρκίνος

Η υποβιταμίνωση D επηρεάζει τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση και με αυτό τον τρόπο μπορεί να συμβάλλει στην εμφάνιση καρκίνου. Βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνουν ότι οι άνθρωποι που εκτίθενται ελάχιστα ή καθόλου στον ήλιο τείνουν να έχουν υψηλότερα ποσοστά, καρκίνου του μαστού, του παχέος εντέρου, του παγκρέατος των ωοθηκών και του προστάτη και μερικοί ερευνητές ισχυρίζονται ότι αυτό είναι αποτέλεσμα της

υποβιταμίνωσης D [5, 16]. Σε μελέτη με 4.286 περιστατικά καρκίνου (εξαιρουμένων προστάτη και καρκίνου του δέρματος) φάνηκε ότι χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D συσχετίστηκαν με μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα άτομα που έχουν χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D έχουν 30 - 50 % μεγαλύτερο κίνδυνο για καρκίνου του παχέος εντέρου, του προστάτη και του μαστού, καθώς και υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας από αυτούς τους καρκίνους. Σε μία μελέτη παρέμβασης 4 χρόνων για την βιταμίνη D και τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου φάνηκε ότι η χορήγηση ασβεστίου και ασβεστίου με βιταμίνη D είχε μικρότερη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου κατά 45-60%, ενώ η συγχορήγηση του ασβεστίου βοήθησε σημαντικά στα επίπεδα της βιταμίνης D στο αίμα. Καλύτερη προστατευτική δράση φαίνεται να έχει η βιταμίνη D για τον καρκίνο του παχέος εντέρου [5].

Υπάρχουν επίσης κάποια στοιχεία που υποστηρίζουν ότι τα συμπληρώματα βιταμίνης D (υψηλή δόση των 20 - 2.500 mg / ημέρα) και σε ορισμένες περιπτώσεις σε συνδυασμό με το ασβέστιο μπορούν να επηρεάσουν θετικά τη λειτουργία των μυών, τη ρευματοειδή αρθρίτιδα, την αρτηριακή πίεση, τα επίπεδα γλυκόζης και ινσουλίνης. Ωστόσο και πάλι πολλά από αυτά τα στοιχεία είναι από μελέτες σε ενήλικες ή ηλικιωμένους.

Λίγα είναι γνωστά για την επίδραση της υποβιταμίνωσης D κατά τη διάρκεια της παιδικής και εφηβικής ηλικίας και για τον κίνδυνο αυτών των μη-σκελετικών χρόνιων παθήσεων. Ωστόσο, ο Holick σε ανασκόπηση του για την υποβιταμίνωση D στην παιδική ηλικία υπογραμμίζει στοιχεία που αποδεικνύουν ότι άτομα που ζουν σε γεωγραφικά πλάτη >35° για τα πρώτα 10 χρόνια της ζωής τους αυξάνουν τον κίνδυνο της σκλήρυνσης κατά πλάκας 100%, ενώ αυξάνεται και ο κίνδυνος για πολλά άλλα αυτοάνοσα νοσήματα [9].

Παιδιά από την Φινλανδία τα οποία έλαβαν τη δεκαετία του 1960 τη συνιστώμενη ημερήσια δόση βιταμίνης D (2000 IU (50 mg)), τουλάχιστον κατά το πρώτο έτος της ζωής τους και παρακολουθήθηκαν για τα επόμενα 31 χρόνια είχαν μειωμένο κίνδυνο εκδήλωσης διαβήτη τύπου I κατά 80%. Τα παιδιά της μελέτης που είχαν ανεπάρκεια βιταμίνης D στο πρώτο έτος της ηλικίας τους είχαν 2,4 φορές αυξημένο κίνδυνο για διαβήτη τύπου I [9, 16].

Επιπλέον, μια προοπτική παρεμβατική μελέτη διαπίστωσε αύξηση της διάθεσης μετά από χορήγηση συμπληρωμάτων βιταμίνης D, και μια προοπτική τυχαιοποιημένη μελέτη διαπίστωσε μειωμένο κίνδυνο καρκίνου με χορήγηση βιταμίνης D. Ωστόσο τα δεδομένα αυτά χρήζουν περαιτέρω έρευνας [4].

1.8 ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ανάλυση σύστασης σώματος

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από 3 διαφορετικούς ιστούς, τον λιπώδη ιστό, τον μυϊκό και τον οστίτη ιστό. Οι διάφοροι ιστοί επιτελούν σημαντικές λειτουργίες και η ικανότητα τους να αντεπεξέρχονται στις απαιτήσεις του οργανισμού εξαρτάται από την ποσοτική και ποιοτική τους σύσταση. Αν και οι διαφορετικοί ιστοί είναι εξειδικευμένοι για μια ορισμένη σειρά λειτουργιών, μεμονωμένες αλλαγές στη σύσταση του ενός μπορούν να έχουν επιπτώσεις στη λειτουργία και των άλλων λόγω λειτουργικής σύνδεσης και συνεργασίας των διαφόρων ιστών μεταξύ τους.

Η ανάλυση σύστασης σώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ατομικό, μοριακό, κυτταρικό επίπεδο ή ακόμα και σε επίπεδο ιστών και ολόκληρου του σώματος με τη χρήση ποικίλων μεθοδολογικών τεχνικών.

Τεχνικές μέτρησης σύστασης σώματος υψηλής ανάλυσης αναφορικά είναι οι:

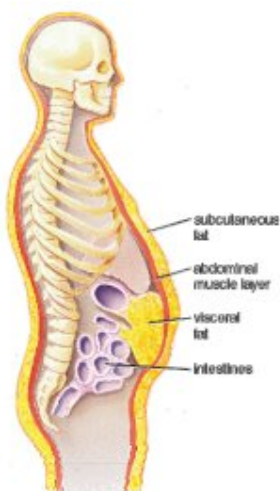
1. Υδροπυκνομετρία –Υποβρύχια ζύγιση
2. Αέρια πληθυσμογραφία
3. Μέθοδος βιοηλεκτρικής εμπέδησης
4. Απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA)
5. Αξονική τομογραφία
6. Μαγνητική τομογραφία
7. Μέτρηση υπερήχων
8. Μέθοδος ενεργοποίησης νετρονίων (NAA)
9. Μέτρηση ολικού ^{40}K
10. Μέθοδοι αραίωσης-διάλυσης ισοτόπων

Η πιο εύχρηστη μέθοδος προσδιορισμού της σύστασης σώματος με χαμηλό κόστος και μικρές απαιτήσεις από άποψη εξοπλισμού είναι η ανθρωπομετρία που περιλαμβάνει τη μέτρηση του βάρους, του ύψους, των περιφερειών του σώματος, τα μήκη και τα πλάτη σε διάφορα ανατομικά σημεία και τις μετρήσεις των δερματικών πτυχών [17].

Ιστοί του ανθρώπινου σώματος

Λιπώδης ιστός – Λιπώδης μάζα σώματος

Η λιπώδης μάζα σώματος περιλαμβάνει το απαραίτητο και το αποθηκευτικό λίπος. Το απαραίτητο λίπος είναι αναγκαίο για τη λειτουργία ορισμένων δομών του σώματος όπως ο εγκέφαλος, ο μυελός των οστών, ο νευρικός ιστός και οι κυτταρικές μεμβράνες. Το απαραίτητο



λίπος του ενήλικα άντρα αποτελεί το 3% του σωματικού βάρους και της ενήλικης γυναίκας το 9-12%. Το αποθηκευτικό λίπος κατανέμεται κυρίως στα υποδόρια, εσωτερικά και σπλαχνικά διαμερίσματα και η ποσότητα του αντικατοπτρίζει το πλεόνασμα ενέργειας του οργανισμού. Ο λιπώδης ιστός αποτελεί μια μορφή συνδετικού ιστού και περιλαμβάνει τα λιποκύτταρα, τις φλέβες και διάφορα δομικά στοιχεία, ενώ η χημική του σύσταση είναι κατά προσέγγιση 85% λίπος, 15% νερό και 2% πρωτεΐνη. Διαθέτει λοιπόν πλούσια αγγείωση, ενώ η νευρώση του επιτελείται από το αυτόνομο κεντρικό σύστημα. Ορμόνες όπως η νοραδρεναλίνη, η αυξητική ορμόνη, η ινσουλίνη, τα γλυκοκορτικοειδή και οι

θυρεοειδείς ορμόνες ρυθμίζουν τον αναβολισμό και τον καταβολισμό του λιπώδους ιστού σε ελεύθερα λιπαρά οξέα. Σε ότι αφορά την κατανομή του αποθηκευτικού λίπους στα υποδόρια ή σπλαχνικά διαμερίσματα του σώματος υπόκεινται σε ορμονικό και γενετικό έλεγχο. Έχει φανεί ότι οι άντρες, οι ηλικιωμένοι και οι παχύσαρκοι τείνουν να έχουν μεγαλύτερο ποσοστό σπλαχνικού λίπους από ότι οι γυναίκες, οι νέοι και οι αδύνατοι ακόμα και αν η συνολική λιπώδης μάζα σώματος είναι ίδια.

Μυϊκός ιστός

Ο μυϊκός ιστός είναι ο μεγαλύτερος σε μάζα ιστός του ανθρώπινου σώματος. Αποτελεί το 45% του σωματικού βάρους στους άντρες και το 36% στις γυναίκες. Τρεις είναι οι κύριες κατηγορίες μυϊκών ιστών: ο σκελετικός, ο λείος και ο καρδιακός ιστός. Η σύσταση του σκελετικού μυός κατά προσέγγιση είναι 75% νερό, 20% πρωτεΐνη και το υπόλοιπο 5% αποτελείται από ανόργανα άλατα, ιόντα νατρίου, καλίου, χλωρίου, ασβεστίου, μαγνησίου και φωσφόρου, ενδομυϊκά τριγλυκερίδια και γλυκογόνο. Οι λείοι μυς και ο καρδιακός μυς νευρώνονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και δεν βρίσκονται υπό τον εκούσιο έλεγχο μας.

Οστίτης ιστός

Ο οστίτης ιστός αποτελεί περίπου το 15% και 12% του σωματικού βάρους στους ενήλικες άντρες και γυναίκες αντίστοιχα και η σύσταση τους κατά προσέγγιση είναι 70% μεταλλικά άλατα, 22% πρωτεΐνη και 8% περίπου νερό. Ο οστίτης ιστός στο σύνολο του αποτελείται από τους οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα, τους οστεοκλάστες και την θεμέλια εξωκυττάρια ουσία που αποτελείται από το οστεοειδές και ανόργανα άλατα. Οι κυριότερες λειτουργίες των οστών είναι η μηχανική στήριξη, η προστασία των ευαίσθητων ανατομικών δομών, η μεταβολική αποθήκη μεταλλικών αλάτων, η ρύθμιση της ομοιόστασης ασβεστίου, φωσφόρου και οξεοβασικής ισορροπίας του οργανισμού [17].

1.8.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΒΙΤΑΜΙΝΗ D

Η παχυσαρκία αποτελεί έναν παράγοντα κινδύνου ανεπάρκειας βιταμίνης D. Βιβλιογραφικά δεδομένα αποδεικνύουν ότι το συνολικό σωματικό λίπος έχει συσχετιστεί με χαμηλά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D και η μεγαλύτερη αποθήκευση της βιταμίνης στο λιπώδη ιστό είναι μια πιθανή εξήγηση για την αύξηση των ποσοστών της ανεπάρκειας σε παχύσαρκα άτομα [18-21].

Οι Lumb et al πρώτοι το 1971 μελετούν την σχέση μεταξύ βιταμίνης D και λιπώδους ιστού. Υπέθεσαν λοιπόν ότι η βιταμίνη D αφού απορροφηθεί δεσμεύεται και αποθηκεύεται σε ιστούς όπως ο λιπώδης και ο μυϊκός και στη συνέχεια απελευθερώνεται αργά στην κυκλοφορία. Αργότερα η ίδια ομάδα αποδεικνύει με έγχυση ραδιενεργής βιταμίνης D ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση της βιταμίνης παρατηρήθηκε στο λιπώδη ιστό. Αντίστοιχες μελέτες σε πειραματόζωα επιβεβαίωσαν ότι ο λιπώδης ιστός είναι ο μεγαλύτερος αποθηκευτικός χώρος βιταμίνης D και μια πηγή για τη μετατροπή της βιταμίνης σε άλλους μεταβολίτες σε καταστάσεις ανεπάρκειας [21]. Μια μεταγενέστερη μελέτη σε παχύσαρκους πρότεινε, ότι η μείωση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D μπορεί να προέρχεται από αλλαγές στην κατανομή των ιστών λόγω αύξησης της λιπώδους μάζας. Σε μελέτη τους, οι Worstman et al. [20] επιβεβαίωσαν ότι η σχέση της παχυσαρκίας με την ανεπάρκεια βιταμίνης D στηρίζεται πιθανότατα στη μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα της βιταμίνης D από επιδερμική παραγωγή και διαιτητικές πηγές λόγω της δέσμευσης της από το σωματικό λίπος [20-22].

Η λιπώδης μάζα του οργανισμού έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας χώρος αποθήκευσης βιταμίνης D στους ανθρώπους, αλλά ο ακριβής μηχανισμός με τον οποίο το αυξημένο σωματικό λίπος οδηγεί σε χαμηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D δεν ξεκάθαρος.

Στους πιθανούς μηχανισμούς μπορεί να περιλαμβάνονται οι εξής:

- τα παχύσαρκα άτομα αποφεύγουν την έκθεση στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία (UV), η οποία είναι απαραίτητη για τη δερματική σύνθεση της βιταμίνης D, λόγω της περιορισμένης κινητικότητας ή αποφυγής υπαίθριων δραστηριοτήτων
- στα παχύσαρκα άτομα η βιταμίνη D δεσμεύεται από το λιπώδη ιστό
- στα παχύσαρκα άτομα παρατηρείται μεγαλύτερη κάθαρση της βιταμίνης D στην περίπτωση αυξημένης λιπώδους μάζας
- στα παχύσαρκα άτομα η παραγωγή του ενεργού μεταβολίτη της βιταμίνης D, της 1,25-υδροξυβιταμίνης D ενισχύεται και κατά συνέπεια οι υψηλότερες αυτές συγκεντρώσεις δρουν αρνητικά στην ηπατική σύνθεση της 25-υδροξυβιταμίνης D [19-21].

Ωστόσο για τον ρόλο των επιπέδων 1,25-διυδροξυβιταμίνης D στην παχυσαρκία υπάρχουν αμφιλεγόμενα στοιχεία, δεδομένου ότι τα υψηλότερα επίπεδα της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D στα παχύσαρκα άτομα έχουν παρατηρηθεί σε ορισμένες, αλλά όχι σε όλες τις μελέτες [19, 23].

Οι Wortsman et al παρατήρησαν ότι η αύξηση των επιπέδων της βιταμίνης D μετά την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία ήταν 57% μικρότερη στα παχύσαρκα άτομα από ότι στα φυσιολογικά γεγονός που υποστηρίζει το μηχανισμό δέσμευσης της βιταμίνης D από το λιπώδη ιστό [19, 20]. Χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D σε παχύσαρκα άτομα υποστηρίζονται και από άλλες μελέτες, όπου το ποσοστό σωματικού λίπους συσχετίζεται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D [5, 21, 22], και παρατηρούνται ποσοστά υποβιταμίνωσης D ($<75\text{nmol/l}$) 80% στους παχύσαρκους έναντι 68% στους φυσιολογικούς ενήλικες [18].

Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ σωματικού λίπους και επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D αποδεικνύεται και στην παιδική και εφηβική ηλικία. Οι Dong et al παρατήρησαν σε παιδιά αρνητική συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και όλων των παραμέτρων της παχυσαρκίας συμπεριλαμβανομένου του δείκτη μάζας σώματος, της περιφέρειας μέσης, της λιπώδους μάζας, του ποσοστού σωματικού λίπους αλλά και του υποδόριου και σπλαχνικού λίπους [24]. Σε έφηβες κοπέλες παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και άλιπης μάζας σώματος, ενώ αρνητική συσχέτιση φάνηκε με τον δείκτη μάζας σώματος [25] και με την λιπώδη μάζα [26]. Έχει φανεί λοιπόν ότι τα ποσοστά υποβιταμίνωσης παχύσαρκων παιδιών φτάνουν το 57% σε σύγκριση με τα μη παχύσαρκα παιδιά στα οποία η υποβιταμίνωση φτάνει το 40% [27], ενώ μετά από απώλεια βάρους παρατηρείται αύξηση των επιπέδων βιταμίνης D στα παιδιά [28].

Δεδομένα από την μελέτη NHANES III δείχνουν ότι η σχέση της βιταμίνης D με το σωματικό λίπος μπορεί να είναι σύνθετη. Για παράδειγμα, η σχέση διαφέρει ανάλογα με τη φυλή καθώς φαίνεται να έχει μεγαλύτερη ισχύ στους Καυκάσιους από ότι στους Αφροαμερικανούς. Οι διαφορές που παρατηρούνται από φυλή σε φυλή στη επιδερμική παραγωγή της βιταμίνης D ή στο σωματικό λίπος και την κατανομή του θα μπορούσαν ενδεχομένως να επηρεάσουν την σχέση μεταξύ του σωματικού λίπους και της βιταμίνης D. Έχει φανεί ότι η σύνθεση της βιταμίνης D στο δέρμα είναι μικρότερη στη μαύρη φυλή λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας μελανίνης, η οποία απορροφά τα μήκη κύματος UV που απαιτούνται για τη μετατροπή της 7-δευδροχοληστερόλη σε βιταμίνη D στο δέρμα. Αν σχηματίζεται λοιπόν λιγότερη βιταμίνη D στο δέρμα τότε μπορεί να υπάρχει και λιγότερη διαθέσιμη για να απορροφηθεί από το υποδόριο λίπος. Διαφορές φαίνονται να υπάρχουν και στην κατανομή του υποδόριου λίπους, με την μαύρη φυλή να έχει λιγότερο υποδόριο λίπος στα άκρα και στον κορμό από την λευκή φυλή. Αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει την σχέση της βιταμίνης D με τη λιπώδη μάζα καθώς μειώνεται η

ποσότητα του λίπους που μπορεί να δεσμεύσει τη βιταμίνη D σε περιοχές του σώματος που μπορεί να είναι πιο σημαντικές για επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D, καθώς τα άκρα είναι λιγότερο πιθανό να καλύπτονται με ρούχα από τον κορμό του σώματος [19].

Όσο μεγαλύτερο είναι λοιπόν το σωματικό λίπος, τόσο δυσκολότερο είναι να επιτευχθούν βέλτιστα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D της τάξης των 80 nmol/l, ακόμα και το καλοκαίρι. Με βάση αυτά τα στοιχεία, αναμένεται ότι οι παχύσαρκοι έχουν ανάγκη από υψηλότερες δόσεις βιταμίνης D ή μεγαλύτερη έκθεση στον ήλιο. Ωστόσο, παραμένει ασαφές αν η παχυσαρκία ή το ποσοστό σωματικού λίπους, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των απαιτήσεων βιταμίνης D στο γενικό πληθυσμό [21, 22].

Εκτός από την ενασχόληση των ερευνητών με την επίδραση της παχυσαρκίας και της λιπώδους μάζας, συγχρονικές μελέτες έχουν αναφέρει θετική συσχέτιση επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και μυϊκής δύναμης όπως και άλιπης μάζας σώματος, ενώ τα χαμηλά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D σε ηλικιωμένους βρέθηκαν να αποτελούν ισχυρό προδιαθεσικό παράγοντα για κίνδυνο πτώσης και αστάθειας [21].

Ωστόσο για να απαντηθεί η κατεύθυνση της αιτιολογικής σχέσης μεταξύ βιταμίνης D και παχυσαρκίας απαιτείται μία μελέτη παρέμβασης που θα δείξει ότι τα αυξημένα επίπεδα βιταμίνης D μειώνουν την λιπώδη μάζα και αυξάνουν την άλιπη μάζα σώματος [11].

1.9 ΦΥΣΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Ως φυσική δραστηριότητα ορίζεται κάθε κίνηση του σώματος που παράγεται από την συστολή των σκελετικών μυών και έχει ως αποτέλεσμα τη θερμιδική δαπάνη. Όταν η φυσική δραστηριότητα είναι σχεδιασμένη, οργανωμένη και επαναλαμβανόμενη ορίζεται ως άσκηση. Η φυσική δραστηριότητα λοιπόν περιλαμβάνει την άσκηση, καθώς και άλλες δραστηριότητες που περιλαμβάνουν σωματική κίνηση και γίνονται ως μέρος παιχνιδιού, εργασίας, μετακίνησης, δουλειές του σπιτιού και ψυχαγωγικές δραστηριότητες [29, 30].

Έχει πλέον αποδειχθεί ότι η φυσική δραστηριότητα έχει πολλά και σημαντικά οφέλη για την υγεία του ανθρώπου, καθώς δεν βοηθά μόνο στη γενικότερη φυσική ευεξία του ατόμου αλλά και στην προστασία από την εμφάνιση διαφόρων νοσημάτων. Η έλλειψη σωματικής δραστηριότητας έχει διαπιστωθεί ότι είναι ο τέταρτος σημαντικότερος παράγοντας κινδύνου για την παγκόσμια θνησιμότητα και συγκεκριμένα ευθύνεται για το 6% των θανάτων που αντιστοιχεί σε 3,2 εκατομμύρια θανάτους παγκοσμίως. Επιπλέον, η έλλειψη σωματικής δραστηριότητας εκτιμάται ότι είναι η κύρια αιτία για περίπου το 21-25% των καρκίνων του μαστού και του παχέος εντέρου, το 27% του σακχαρώδη διαβήτη και περίπου 30% της ισχαιμικής καρδιοπάθειας.

Η μέτριας έντασης σωματική δραστηριότητα - όπως το περπάτημα, η ποδηλασία ή η συμμετοχή σε αθλήματα - έχει σημαντικά οφέλη για την υγεία. Η φυσική δραστηριότητα μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης υπέρτασης, στεφανιαίας νόσου, εγκεφαλικού επεισοδίου, σακχαρώδη διαβήτη, καρκίνο του μαστού και του καρκίνου του παχέος εντέρου. Επαρκή επίπεδα σωματικής δραστηριότητας είναι ευεργετικά σε σκελετικές ασθένειες, όπως η οστεοπόρωση και η οστεοαρθρίτιδα, ενώ μειώνουν και τον κίνδυνο πτώσεων στους ηλικιωμένους. Η φυσική δραστηριότητα είναι βασικός παράγοντας των ενεργειακών δαπανών και επομένως παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή ισορροπία και τον έλεγχο του βάρους. Μπορεί λοιπόν να συμβάλλει στην πρόληψη της παχυσαρκίας αλλά και την αντιμετώπιση της, ενώ φαίνεται να επιδρά θετικά και στην κατανομή του λίπους στο σώμα. Στο σύνολο, η φυσική δραστηριότητα εξασφαλίζει την ποιότητα ζωής βελτιώνοντας την ψυχική ισορροπία και την διάθεση [31], ενώ παράλληλα ανακουφίζει ακόμα και τους νέους από συμπτώματα άγχους και κατάθλιψη με αποτελέσματα συγκρίσιμα με αυτά των θεραπειών με αντικαταθλιπτικά [32].

1.9.1 ΦΥΣΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΒΙΤΑΜΙΝΗ D

Η φυσική δραστηριότητα εκτός από την υγεία και τις ασθένειες που προαναφέρθηκαν σχετίζεται επίσης με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D [19]. Βιβλιογραφικά δεδομένα αναφέρουν ότι χαμηλότερες συγκεντρώσεις 25-υδροξυβιταμίνης D σχετίζονται με χαμηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας [33]. Η παρατηρούμενη θετική συσχέτιση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και της 25-υδροξυβιταμίνης D πιθανότατα εξηγείται από την αυξημένη έκθεση στον ήλιο και το μικρότερο μέγεθος του σώματος στα πιο δραστήρια άτομα [34].

Στην NHANES III, όπως και σε άλλες μελέτες, έχουν καταγραφεί υψηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας με υψηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D. Το γεγονός αυτό είτε αντικατοπτρίζει μια άμεση σχέση μεταξύ της άσκησης και του μεταβολισμού της βιταμίνης D είτε κρύβει μια σχέση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και λιπώδους μάζας ή έκθεσης στον ήλιο. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα παρουσιάζουν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τις άμεσες επιπτώσεις της σωματικής άσκησης στο μεταβολισμό της 25-υδροξυβιταμίνης D.

Στην μελέτη NHANES III η φυσική δραστηριότητα συσχετίστηκε με χαμηλότερη λιπώδη μάζα αλλά ακόμα και μετά από προσαρμογή για το σωματικό λίπος η σχέση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και 25-υδροξυβιταμίνης D διατηρήθηκε. Υπάρχουν κάποια στοιχεία που να υποστηρίζουν μια συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με την έκθεση στον ήλιο. Για παράδειγμα, οι Scragg et al. [35] αναφέρθηκαν σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D σε αυτούς που ασκούνται σε εξωτερικούς χώρους σε σχέση με εκείνους που ασκούνται σε εσωτερικούς χώρους και οι Rock et al. δεν διαπίστωσαν σημαντική σχέση ανάμεσα στη φυσική δραστηριότητα και τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D μετά τον έλεγχο για ώρες έκθεσης στον ήλιο [19]. Σε παιδιά έχει φανεί ότι η συμμετοχή σε αθλήματα σχετίζεται με βελτίωση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D ακόμα και μετά από διόρθωση για έκθεση στον ήλιο [36]. Αντίστοιχα θετική συσχέτιση έχει φανεί μεταξύ των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D και της έντονης έντασης φυσική δραστηριότητα σε παιδιά [24] αλλά και μεταξύ της βιταμίνης και της συμμετοχής σε αθλήματα σε έφηβες κοπέλες [25].

Στην NHANES III, η σχέση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και 25-υδροξυβιταμίνης D φάνηκε να διαφέρει από φυλή σε φυλή με ασθενέστερη σχέση να εμφανίζεται στους Αφροαμερικάνους από ότι στους Καυκάσιους. Αυτή η διαφορά σε σχέση με την φυλή παρέμεινε και μετά την προσαρμογή για λιπώδη μάζα, γεγονός που υποδηλώνει ότι δεν ευθύνεται η σύσταση σώματος για την διαφορά αυτή. Οι διαφορές στην επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D από την έκθεση στον ήλιο στη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας θα μπορούσε να διαδραματίσει ένα ρόλο

στην φυλετική αυτή διαφορά, δεδομένου ότι οι Αφροαμερικάνοι απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο έκθεσης στον ήλιο από τους Καυκάσιους για να παράγουν την ίδια ποσότητα βιταμίνης D [19].

Πέρα από την συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με τη σύσταση σώματος και την έκθεση στον ήλιο, έχει προταθεί ότι οι μηχανισμοί της φυσικής δραστηριότητας μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα των ρυθμιστικών ορμονών του ασβεστίου μέσω αύξησης της απορρόφησης του ασβεστίου μετά την άσκηση και αύξηση της 25-υδροξυβιταμίνης D στον ορό, ώστε να διατηρηθεί ή να αυξηθεί η οστική πυκνότητα [34, 37] .

Μερικά λοιπόν βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνουν ότι η φυσική δραστηριότητα ή η υπερτροφία των σκελετικών μυών μπορεί να είναι σημαντικές στη βιοδιαθεσιμότητα της βιταμίνης D. Μελέτη σε αρουραίους έχει δείξει ότι οι σκελετικοί μύες αποτελούν χώρο αποθήκευσης της 25-υδροξυβιταμίνης D, ενώ μελέτη σε αναπτυσσόμενους χοίρους έδειξε ότι περίπου το 20% της βιταμίνης D ήταν αποθηκευμένο στους μύες [38]. Με τη μείωση της μυϊκής μάζας, που μπορεί να παρατηρηθεί σε μη δραστήρια άτομα και σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, σημειώνεται και μία μείωση της έκφρασης των υποδοχέων βιταμίνης D (VDR) στους σκελετικούς μύες. Πολυμορφισμοί που έχουν παρατηρηθεί στους υποδοχείς βιταμίνης D (VDR) έχουν συσχετιστεί με μειωμένη μυϊκή μάζα και λειτουργία του μυϊκού ιστού σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας [39]. Σε μία μελέτη σε νέους άνδρες φάνηκε ότι η μυϊκή ενδυνάμωση με άσκηση είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D γεγονός που υποδηλώνει ότι η φυσική δραστηριότητα ή η υπερτροφία των μυών μπορεί να επηρεάσουν ανεξάρτητα τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D. Οι Pfeifer et al. [40] αναγνώρισαν ότι η άσκηση μυϊκής ενδυνάμωσης αυξάνει τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D, αλλά απαιτείται περαιτέρω έρευνα [41].

Αντίστροφα έχει φανεί ότι η 25-υδροξυβιταμίνη D ευνοεί την ανάπτυξη των σκελετικών μυών και τη διαφοροποίησή τους. Η ανεπάρκεια της βιταμίνης D συνδέεται με μυϊκή ατροφία, και μυοσκελετικούς πόνους [42] και φαίνεται ότι η ενεργοποίηση των υποδοχέων βιταμίνης D (VDR) στους σκελετικούς μύες οδηγεί στη σύνθεση των πρωτεϊνών και την επακόλουθη ανάπτυξη των μυϊκών κυττάρων [41]. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η συμπληρωματική χορήγηση 25-υδροξυβιταμίνης D μειώνει τον κίνδυνο για πτώσεις και τα κατάγματα στους ηλικιωμένους. Μία μελέτη έχει δείξει επίσης βελτίωση της μυϊκής δύναμης μεταξύ των ατόμων που λαμβάνουν συμπληρώματα βιταμίνης D [33].

Τα βιβλιογραφικά λοιπόν δεδομένα φαίνεται να είναι αντικρουόμενα και επομένως η συσχέτιση φυσικής δραστηριότητας και βιταμίνης D απαιτεί περαιτέρω μελέτη. Ωστόσο, τα περισσότερα δεδομένα είναι από μελέτες σε ενήλικες ή ηλικιωμένους και λίγα είναι γνωστά για την παιδική και εφηβική ηλικία.

2. ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να καταγραφεί η σχέση μεταξύ επιπέδων βιταμίνης D, σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας, σε παιδιά ηλικίας 10-12 ετών, αντιπροσωπευτικό δείγμα από όλη την Ελλάδα. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν, από την παρούσα μελέτη, στοχεύουν σε μια εκτίμηση του επιπολασμού της υποβιταμίνωσης D στην Ελλάδα και στην πιθανή συσχέτιση της σύστασης σώματος, και κυρίως του λιπώδους ιστού, καθώς και της φυσικής δραστηριότητας με την εμφάνιση υποβιταμίνωσης D για την συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα. Επιμέρους σκοπός της μελέτης αποτελεί η παρουσίαση της πιθανής επίδρασης της εποχικότητας στην σχέση της βιταμίνης D, της σύστασης σώματος και της φυσικής δραστηριότητας στην παιδική ηλικία.

Η πρακτική αξία των αποτελεσμάτων έγκειται στο εντοπισμό των παραγόντων που σχετίζονται με την σύσταση σώματος και την φυσική δραστηριότητα των παιδιών που βρίσκονται σε κίνδυνο να εμφανίσουν υποβιταμίνωση D, γεγονός πολύ σημαντικό καθώς τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D μπορεί να συμβάλλουν στην ανάπτυξη κατά την ενήλικο ζωή χρόνιων ασθενειών όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, υπέρταση, σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, φλεγμονώδεις και αυτοάνοσες ασθένειες, ψυχιατρικές ασθένειες καθώς και κάποιες μορφές καρκίνου.

Τα περισσότερα δεδομένα είναι από μελέτες σε ενήλικες ή ηλικιωμένους και λίγα είναι γνωστά για την παιδική και εφηβική ηλικία. Ολοένα και αυξανόμενα στοιχεία υποδεικνύουν την εμφάνιση υποβιταμίνωσης D ακόμα και στα παιδιά, για αυτό και σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να ερευνήσει το αντικείμενο αυτό και στην παιδική ηλικία.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη Healthy Growth αποτελεί μία συγχρονική (cross-sectional) επιδημιολογική μελέτη που επιπλέον συνδυάζει τη 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 έχει 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 λήφθηκε 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 (Αθηνών, Πειραιά, Αιτωλοακαρνανίας, Ηρακλείου Κρήτης και Θεσσαλονίκης). Μετά την 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 την συμμετοχή του παιδιού τους στην μελέτη έπρεπε να υπογράψουν και να επιστρέψουν στην ερευνητική ομάδα του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου το σχετικό συμφωνητικό εθελοντικής συμμετοχής που υπήρχε στο τέλος του ενημερωτικού γράμματος.

3.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ-ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η δειγματοληψία των σχολείων είναι τυχαία, πολυσταδιακή (multi-stage sampling) και διαστρωματοποιημένη (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 30 έως 64 ετών και με το μέγεθος του προεφηβικού πληθυσμού ηλικίας 10 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 10 έως 14 ετών που απαρτίζουν τον μαθητικό πληθυσμό του δείγματος της παρούσας μελέτης.
- Σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν για το μέσο επίπεδο εκπαίδευσης του πληθυσμού των ενηλίκων δημοτών ηλικίας 30 έως 64 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 10 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 είναι 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 αρνήθηκε τη συμμετοχή του στη μελέτη ή απορρίφθηκε λόγω χαμηλής συμμετοχής (<70%) υπήρξαν εναλλακτικές επιλογές σχολείων, τέτοιες ώστε να διατηρηθεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος.

3.2.1 ΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης επιλέχθηκε αντιπροσωπευτικό δείγμα από τον συνολικό πληθυσμό. Λαμβάνοντας υπόψη την διακύμανση της εποχής, του φύλου και των περιοχών επιλέχθηκαν τυχαία 400 περίπου άτομα στα οποία μετρήθηκαν τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D και της παραθυρεοειδούς ορμόνης.

3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

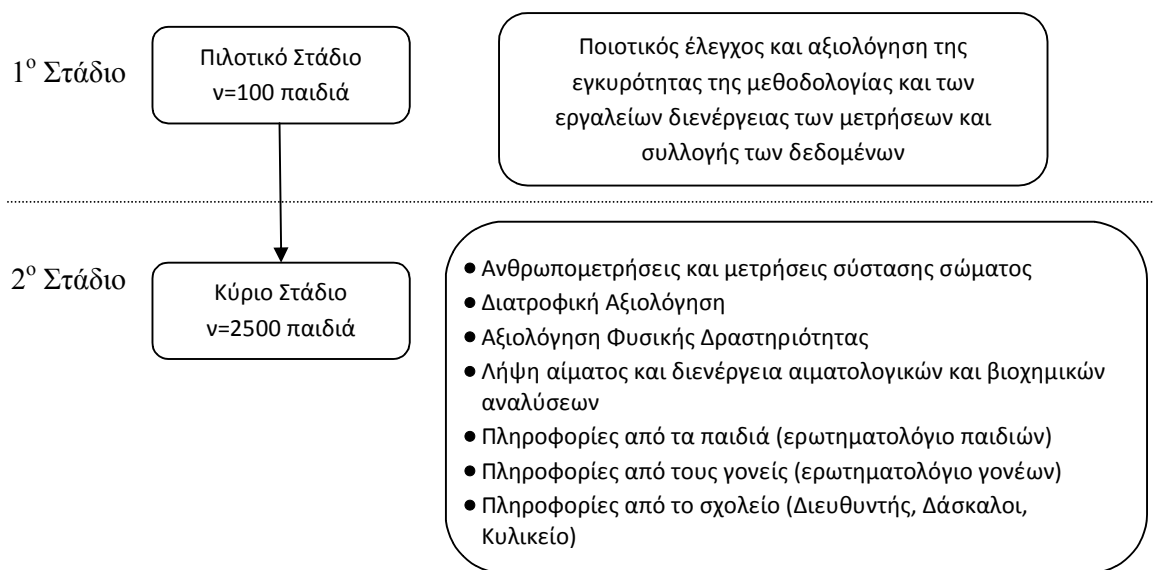
3.3.1 ΠΙΛΟΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

Κατόπιν της τυχαίας επιλογής των σχολείων στις διάφορες περιοχές της μελέτης και μετά τη λήψη τουλάχιστον 100 υπογεγραμμένων δελτίων έγγραφης γονικής συγκατάθεσης πραγματοποιήθηκε ένα πιλοτικό στάδιο μετρήσεων διάρκειας ενός μηνός, με στόχο την αξιολόγηση και την εκτίμηση της εγκυρότητας των εργαλείων και μεθόδων που θα χρησιμοποιούνταν στο πλαίσιο της μελέτης.

3.3.2 ΚΥΡΙΟ ΣΤΑΔΙΟ

Αμέσως μετά το πιλοτικό στάδιο και αφού λήφθηκαν υπόψη τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του ξεκίνησε το κύριο στάδιο μετρήσεων της μελέτης “Healthy Growth Study”, κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις και συλλέχθηκαν τα ακόλουθα δεδομένα:

Σχήμα 16. Σχεδιάγραμμα μετρήσεων επιδημιολογικής μελέτης “Healthy Growth Study”.



3.4 ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Σε όλες τις περιοχές που διεξάχθηκε η μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια εξεταστικά όργανα και ή ίδια μεθοδολογία μετρήσεων [43]. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ακριβή αλλά και φορητά, ούτως ώστε να μπορούν να μεταφερθούν εύκολα στα σχολεία όπου διεξάχθηκαν 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 βοηθά στη σωστή τοποθέτηση των υποκειμένων στα όργανα μέτρησης, ενώ ο κύριος ερευνητής κατέγραφε τις μετρήσεις. Οι ανθρωπομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

3.4.1 ΎΨΟΣ-ΒΑΡΟΣ

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 ελάχιστη 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 αναστημομέτρου (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).

3.4.2 ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ ΜΕΣΗΣ

Οι μετρήσεις της περιμέτρου της μέσης πραγματοποιήθηκαν με μία μη-εκτατή ταινία (Hoechstmass, Germany) με ακρίβεια $\pm 0,1$ cm, με το υποκείμενο σε όρθια θέση, με τα χέρια του να κρέμονται ελεύθερα στο πλάι του σώματος από τους ώμους και τα πόδια ενωμένα. Πιο συγκεκριμένα, η περίμετρος της μέσης μετρήθηκε με τη κοιλιά χαλαρή στο τέλος μίας ελαφριάς εκπνοής και μετά τη τοποθέτηση της ταινίας σε οριζόντιο επίπεδο γύρω από την πιο στενή περιοχή της μέσης και παράλληλα με το δάπεδο, στο επίπεδο του ομφαλού και στο μέσο της απόστασης μεταξύ της τελευταίας νόθας πλευράς και της υπερλαγόνιας ακρολοφίας.

3.4.3 ΔΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΠΤΥΧΕΣ

Στο πλαίσιο των ανθρωπομετρήσεων πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του πάχους τεσσάρων δερματικών πτυχών, και συγκεκριμένα των δερματικών πτυχών του τρικέφαλου, του δικέφαλου, της υποωμοπλατιαίας και υπερλαγόνιας. Οι μετρήσεις των δερματικών πτυχών έγιναν με τη χρήση του δερματοπτυχομέτρου Lange (Cambridge, Maryland) στη δεξιά πλευρά του σώματος, με ακρίβεια $\pm 0,1$ mm. Η μέτρηση των δερματικών πτυχών πραγματοποιήθηκε με τρόπο ώστε να μην προκαλείται η οποιαδήποτε δυσφορία ή πόνος στα υποκείμενα της μελέτης. Το πάχος των

δερματικών πτυχών τρικέφαλου και δικέφαλου μετρήθηκε στο μέσο σημείο του δεξιού βραχίονα με το χέρι του υποκειμένου να κρέμεται ελεύθερα στο πλάι του σώματος. Η υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή μετρήθηκε περίπου 1 cm κάτω από την κατώτερη γωνία της ωμοπλάτης με κλίση περίπου 45° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο και με το υποκείμενο να στέκεται όρθιο με χαλαρούς τους ώμους. Τέλος, η υπερλαγόνια δερματική πτυχή μετρήθηκε περίπου 1 cm πάνω από την υπερλαγόνια ακρολοφία της λεκάνης με κλίση περίπου 45° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

3.4.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΧΥΣΑΡΚΙΑΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΠΑΧΥΣΑΡΚΙΑΣ

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 οργανισμό International Obesity Task Force (IOTF) [44, 45]. Επίσης τα κριτήρια του International Diabetes Foundation, προσαρμοσμένα για παιδιά και εφήβους, χρησιμοποιήθηκαν για τον ορισμό της κεντρικής παχυσαρκίας. Συγκεκριμένα, ως κεντρική παχυσαρκία θα οριστεί η περιφέρεια μέσης $\geq 90^\circ$ ποσοστημόριο [46].

3.5 ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

Η αξιολόγηση της σύστασης του σώματος των υποκειμένων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της βιο-ηλεκτρικής εμπέδησης με τη χρήση της συσκευής Akern BIA 101 (Akern Srl, Florence, Italy). Για την ορθή διεξαγωγή της μέτρησης τα υποκείμενα έπρεπε να είναι νηστικά, καθώς έπρεπε να μην έχουν καταναλώσει φαγητό και υγρά για τουλάχιστον 2 ώρες πριν από τη μέτρηση. Αφού απομακρύνθηκαν όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που θα έρχονται σε επαφή με το σώμα του, ο εξεταζόμενος έπρεπε να ξαπλώσει σε μια μη-αγώγιμη επιφάνεια με τέτοιο τρόπο ώστε τα χέρια του να μην έρχονται σε επαφή με τον κορμό και οι μηροί να μην ακουμπούν μεταξύ τους. Εν συνεχεία οι περιοχές επικόλλησης των ηλεκτροδίων στις επιφάνειες του χεριού και του ποδιού της δεξιάς πλευράς του σώματος καθαρίστηκαν επιμελώς με οινόπνευμα για την απομάκρυνση της λιπαρότητας και τέσσερα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια (pads) τοποθετήθηκαν στις κατάλληλες περιοχές στο δεξί χέρι και πόδι. Εν συνεχεία δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια προσαρτήθηκαν μεταξύ των αυτοκόλλητων και της συσκευής. Με τη χρήση της αρχής της βιοηλεκτρικής εμπέδησης συλλέχθηκαν δεδομένα για την ωμική (R) και τη μη-ωμική αντίσταση (Xc). Οι τιμές των παραπάνω μετρήσεων που προέκυψαν για το κάθε παιδί χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της λιπώδους, ισχνής και της άλιπης μάζας σώματος,

καθώς και του συνολικών επιπέδων νερού του σώματος με τη χρήση κατάλληλων εξισώσεων και αλγορίθμων που υπάρχουν διαθέσιμες στη βιβλιογραφία, όπως αυτές που έχουν προταθεί από τους Nielsen και συν [47]. Οι παραπάνω ερευνητές χρησιμοποιώντας την απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (Dual-energy X-ray Absorptiometry: DXA) ως μέθοδο αναφοράς για την εκτίμηση της σύστασης σώματος σε δείγμα 101 παιδιών 9-11 ετών διατύπωσαν τις παρακάτω εξισώσεις για τον υπολογισμό της ισχνής και της άλιπης μάζας σώματος σύμφωνα με τις μετρήσεις που προέκυψαν από τη χρήση της αρχής της βίο-ηλεκτρικής εμπίδησης. Οι εξισώσεις αυτές, οι οποίες ήταν διαφορετικές για κάθε φύλο, ήταν οι ακόλουθες:

♀

Κορίτσια

$$LTM = - 5.96 + Ht^2/Rx0.62 + Xcx0.06 + Htx0.06 + Wtx0.04$$

$$FFM = - 7.13 + Ht^2/Rx0.66 + Xcx0.07 + Htx0.06 + Wtx0.06$$

♂

Αγόρια

$$LTM = 0.28 + Ht^2/Rx0.44 + Xcx0.03 + Htx0.04 + Wtx0.13$$

$$FFM = - 0.86 + Ht^2/Rx0.46 + Xcx0.04 + Htx0.05 + Wtx0.14$$

Όπου R : η αντίσταση (Ω) όπως μετρήθηκε με το BIA

Xc: η μη-ωμική αντίσταση όπως μετρήθηκε με το BIA

Ht: το ύψος σε cm

Wt: το βάρος σε kg

3.5.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΙΛΙΑΚΟΥ ΚΑΙ ΣΠΛΑΧΝΙΚΟΥ ΛΙΠΟΥΣ

Η αρχή της βιοηλεκτρικής εμπίδησης χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των επιπέδων του συνολικού κοιλιακού και σπλαχνικού λιπώδους ιστού με τη χρήση της συσκευής Tanita Viscan AB-140 (Kowloon, Hong Kong). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την διεξαγωγή της μέτρησης είναι ακριβώς η ίδια, όπως εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των επιπέδων της ολικής λιπώδους και άλιπης μάζας σώματος. Η συγκεκριμένη συσκευή προσδιορίζει στη ψηφιακή της οθόνη αμέσως μετά τη μέτρηση το ποσοστό της συνολικής κοιλιακής λιπώδους μάζας (% Trunk Fat Mass), καθώς επίσης και το επίπεδα σπλαχνικού λίπους σε μια κλίμακα αξιολόγησης από 1 έως 59 (μεταβολή κατά 0,5 μονάδα). Η εκτίμηση της συνολικής κοιλιακής και σπλαχνικής λιπώδους μάζας από τη συγκεκριμένη συσκευή έχει αναφερθεί ότι έχει καλή εγκυρότητα σε σχέση με την εκτίμηση των συγκεκριμένων δεικτών με τη χρήση της υπολογιστικής τομογραφίας [48]

3.6 ΣΤΑΔΙΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΚΑΤΑ TANNER (Η ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑ TANNER)

Το στάδιο της βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner είναι πολύ πιο ενδεικτικό της ωρίμανσης του παιδιού σε σύγκριση με 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 [49]. 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 και όρχεων και της σχετικής τριχοφυΐας. Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε οπτικά από εξειδικευμένο και καλά εκπαιδευμένο παιδίατρο.

3.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ

3.7.1 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

3.7.1.1 Καθιστικές δραστηριότητες

Χρησιμοποιώντας δύο σταθμισμένες ερωτήσεις οι καθιστικές συνήθειες των παιδιών εκτιμήθηκαν με δύο ερωτήσεις, οι οποίες εκτιμούν το χρόνο 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).

3.7.1.2 Συμμετοχή σε οργανωμένες δραστηριότητες

Από τα παιδιά ζητήθηκε να δηλώσουν στους ερευνητές τις δραστηριότητες που κάνουν 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 δήλωναν έπρεπε να καταγραφεί και ο χρόνος που διαθέτουν 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

3.7.1.3 Εκτίμηση γενικότερων συνηθειών φυσικής δραστηριότητας των παιδιών

Η αξιολόγηση του επιπέδου της φυσικής δραστηριότητας των εξεταζομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός σύντομου ερωτηματολογίου περιλάμβανε 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 που 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 επιτελούνται από 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 έχουν 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 [50]. Ο συνολικός εβδομαδιαίος χρόνος που βρέθηκε να αφιερώνεται σε τέτοιου είδους δραστηριότητες ορίστηκε ως Φυσική Δραστηριότητα Μέσης και Υψηλής Έντασης.

3.7.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

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 από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας δόθηκαν 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 θα ξυπνήσουν το πρωί και καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας μέχρι το βράδυ πριν τον ύπνο. Πριν την τοποθέτηση 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 ζητήθηκε να καταγράψουν τον 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.

3.8 ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

Μία ημέρα πριν τη διεξαγωγή των αιματολογικών εξετάσεων πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στο κάθε σχολείο που συμμετείχε στη μελέτη, κατά την οποία οι εθελοντές έλαβαν αναλυτικές οδηγίες ώστε να τηρήσουν μία 12ωρη νηστεία από το βράδυ της προηγούμενης ημέρας έως το επόμενο πρωινό. Μετά, λοιπόν, από μία 12-ωρη ολονύχτια νηστεία λήφθηκαν δείγματα φλεβικού αίματος από τους συμμετέχοντες στη μελέτη νωρίς το πρωί της επόμενης ημέρας (από 8:15 έως 10:00 π.μ) Εκπαιδευμένο ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό, πραγματοποίησε φλεβοκεντήσεις για τη συλλογή συνολικά 23 ml αίματος. Το αίμα τοποθετήθηκε σε τέσσερα διαφορετικού όγκου σωληνάρια, δύο των 2,6 ml και δύο των 9 ml. Τα 3 σωληνάρια περιείχαν αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA) ως αντιπηκτικό, ενώ το τέταρτο δεν περιείχε

αντιπηκτικό. Τα δύο σωληνάρια EDTA των 2,6 ml χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή ολικού αίματος.

Το υπόλοιπο δείγμα αίματος που συγκεντρώθηκε στα σωληνάρια με EDTA χρησιμοποιήθηκε για την απομόνωση πλάσματος. Το εναπομένον αίμα που συγκεντρώθηκε στα σωληνάρια των 9 ml χωρίς πρόσθετο αντιπηκτικό, διατηρήθηκε σε συντήρηση ψυγείου (4°C) για δύο περίπου ώρες, όπου αφέθηκε να πήξει, καθώς το δείγμα αυτό θα προοριζόταν για διαχωρισμό και παραλαβή ορού. Η φυγοκέντρηση για τον διαχωρισμό των δειγμάτων ορού και πλάσματος πραγματοποιήθηκε στο χώρο του σχολείου στις 3000 σ.α.λ για 15 λεπτά της ώρας με τη χρήση μίας φορητής φυγοκέντρου (Hermle Z200A, Wehingen, Germany). Ειδικά για τα δείγματα πλάσματος η φυγοκέντρηση των δειγμάτων του αίματος πραγματοποιήθηκε μέσα στα επόμενα 10 min από την χρονική στιγμή της φλεβοκέντησης, με στόχο τη μείωση του χρόνου δράσης των πρωτεολυτικών και γλυκολυτικών ενζύμων. Ένα μέρος του ορού (1,5 ml) και του πλάσματος (0,5 ml) χρησιμοποιήθηκε απευθείας για βιοχημικές αναλύσεις, ενώ τα εναπομένοντα δείγματα ορού και πλάσματος διαμοιράστηκαν σε πλαστικά σωληνάρια (Eppendorfs), σε ποσότητα ~0,5ml στο καθένα και αποθηκεύτηκαν σε βαθιά κατάψυξη σε θερμοκρασία -80°C. Η αποθήκευση των δειγμάτων ορού πραγματοποιήθηκε στο «Εργαστήριο Διατροφής και Μεταβολισμού» του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Εκ των υστέρων αποψύχθηκε 0,5ml καταψυγμένου ορού και χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του δείκτη της 25-υδροξυβιταμίνης D. Η βιοχημική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της 25-υδροξυβιταμίνης D είναι η ανοσοχημειοφωταύγεια.

3.9 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ D

Οι “κατωφλικές” τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για τον ορισμό της υποβιταμίνωσης D στην παρούσα μελέτη ήταν τιμές συγκέντρωσης 25-υδροξυβιταμίνης D < 25ng/ml. Στα βιβλιογραφικά δεδομένα δεν υπάρχει σαφής ορισμός της υποβιταμίνωσης D για τα παιδιά. Οι ερευνητές στην πλειοψηφία τους χρησιμοποιούν κατωφλικές τιμές από 20ng/ml μέχρι 30ng/ml.

3.10 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

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 την παρούσα μελέτη λαμβάνοντας υπόψη την διακύμανση της εποχής, του φύλου και της περιοχής επιλέχθηκαν τυχαία 400 άτομα για τα οποία μετρήθηκαν τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D.

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 χ^2 για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ ποιοτικών μεταβλητών.
- Πραγματοποίηση ελέγχων Student's T-test για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ κανονικά κατανεμημένων συνεχών μεταβλητών και ποιοτικών μεταβλητών.
- Πραγματοποίηση μη παραμετρικών ελέγχων Mann-Whitney για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ μη-κανονικά κατανεμημένων συνεχών μεταβλητών και ποιοτικών μεταβλητών.
- Πραγματοποίηση ελέγχων Pearson και Spearman για τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ συνεχών μεταβλητών. Ο έλεγχος Pearson χρησιμοποιήθηκε για κανονικά κατανεμημένες μεταβλητές, ενώ ο Spearman για μεταβλητές που είτε και οι δύο είτε μία από της δύο δεν κατανέμονται κανονικά ακόμα και μετά από λογαρίθμηση των μεταβλητών.
- Πραγματοποίηση πολυπαραγοντικών (multivariate) αναλύσεων γραμμικής (linear) παλινδρόμησης για την εξακρίβωση των παραγόντων που συσχετίζονται ισχυρότερα με την κατά περίπτωση εξαρτημένη μεταβλητή.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 397 παιδιά ηλικίας 10-12 ετών, εκ των οποίων 186 αγόρια και 211 κορίτσια. Χαρακτηριστικά σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας του πληθυσμού της έρευνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 (Μέση τιμή $\pm$ Τυπική Απόκλιση), για αγόρια και κορίτσια ξεχωριστά αλλά και για το σύνολο του πληθυσμού. Σύμφωνα με τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα όσον αφορά την σύσταση σώματος, τα κορίτσια είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες τιμές περιφέρειας μέσης (p -value=0,005) και σπλαχνικού λίπους (p -value<0,001) σε σύγκριση με τα αγόρια, αλλά υψηλότερα ποσοστά κοιλιακού λίπους (p -value<0,001).

Από τους παράγοντες φυσικής δραστηριότητας που μελετήθηκαν φάνηκε ότι τα κορίτσια είναι λιγότερο δραστήρια από τα αγόρια καθώς παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα μέτριας και έντονης έντασης φυσικής δραστηριότητας σε σύγκριση με τα αγόρια όπως και μικρότερο συνολικό αριθμό βημάτων ημερησίως.

Στον πίνακα παρουσιάζονται και οι μέσες τιμές της 25-υδροξυβιταμίνης D και της παραθυρεοειδής ορμόνης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων έχουμε και στα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D και της παραθυρεοειδούς ορμόνης, όπου τα κορίτσια σε σύγκριση με τα αγόρια έχουν χαμηλότερες τιμές 25-υδροξυβιταμίνης D και υψηλότερες τιμές παραθυρεοειδούς ορμόνης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Περιγραφικά χαρακτηριστικά σύστασης σώματος και επιπέδων φυσικής δραστηριότητας του πληθυσμού

Χαρακτηριστικά πληθυσμού	Αγόρια (n=186) Μέσος ± T.A	Κορίτσια (n=211) Μέσος ± T.A	P-value	Σύνολο (n=397) Μέσος ± T.A
Ηλικία	11,04 ± 0,6	11,02 ± 0,7	0,710	11,0 ± 0,7
Βάρος (kg)	45,6 ± 11,6	45,3 ± 12,0	0,834	45,5 ± 11,8
Ύψος (cm)	147,4 ± 7,3	148,4 ± 8,4	0,199	147,9 ± 7,9
ΔΜΣ (kg/m ²)	20,8 ± 4,2	20,3 ± 3,9	0,243	20,6 ± 4,0
Περιφέρεια μέσης (cm)	71,3 ± 10,9	68,4 ± 9,5	0,005	69,7 ± 10,2
Δερματοπτυχές (σύνολο)	53,9 ± 24,3	55,4 ± 20,4	0,527	54,7 ± 22,3
Λιπώδης μάζα (kg)	14,2 ± 8,2	14,3 ± 8,3	0,918	14,2 ± 8,2
Λιπώδης μάζα (%)	28,9 ± 9,6	29,4 ± 11,0	0,647	29,1 ± 10,4
Άλιπη μάζα (kg)	31,4 ± 4,1	31,1 ± 5,5	0,497	31,2 ± 4,9
Άλιπη μάζα (%)	71,1 ± 9,6	70,6 ± 11,0	0,620	70,9 ± 10,4
Κοιλιακό λίπος (%)	20,6 ± 7,8	26,8 ± 7,9	<0,001	23,9 ± 8,4
Σπλαχνικό λίπος (score)	6,5 ± 4,7	3,9 ± 2,4	<0,001	5,1 ± 3,9
Χρόνος παρακολούθησης τηλεόρασης (ώρες/ ημέρα)	2,4 ± 1,4	2,4 ± 1,4	0,969	2,4 ± 1,4
Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (OMVPA)	24,0 ± 25,8	20,3 ± 25,6	0,158 ⁺	22,1 ± 25,7
Μέτριας έντασης φυσική δραστηριότητα (MVPA)	69,6 ± 64,9	39,1 ± 40,8	<0,001 ⁺	53,4 ± 55,5
Έντονης έντασης φυσική δραστηριότητα (VPA)	31,8 ± 39,7	12,8 ± 25,2	<0,001 ⁺	21,7 ± 34,1
Αριθμός βημάτων	14356,4 ± 5081,5	11923,1 ± 3831,8	<0,001	13063,2 ± 4618,2
25-υδροξυβιταμίνη D	30,1 ± 7,2	27,5 ± 5,9	<0,001	28,8 ± 6,6
Παραθυρεοειδής ορμόνη	35,1 ± 10,7	38,4 ± 12,6	<0,001	36,8 ± 11,9

ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος

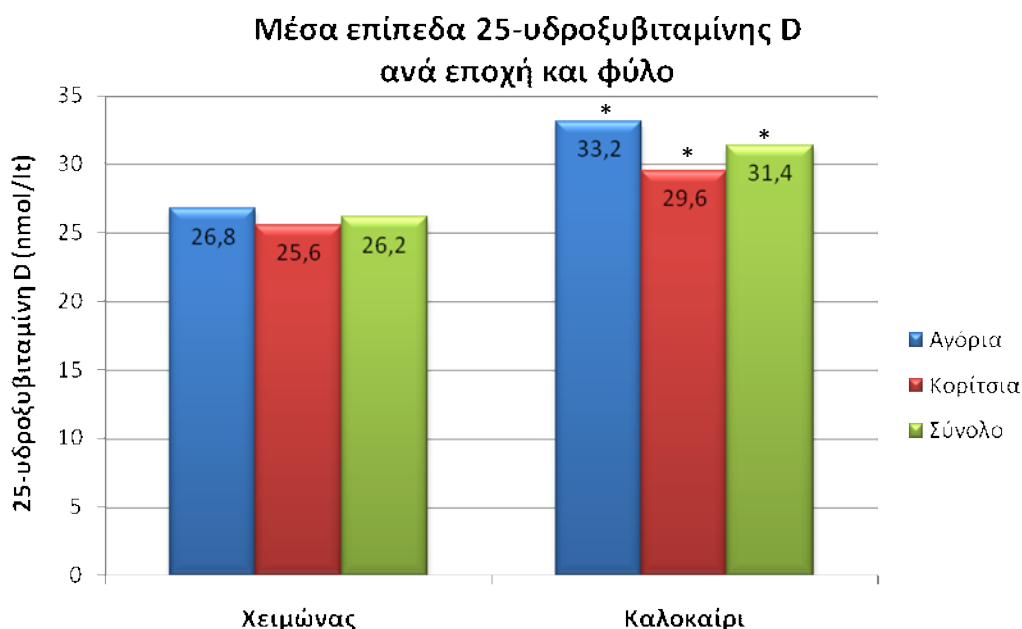
⁺Μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney test

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος T-test

Στατιστικά σημαντική διαφορά: p-value <0,05

Στην εικόνα 1 παρουσιάζονται τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D ανά εποχή, χειμώνα και καλοκαίρι. Στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας αλλά και σε κάθε φύλο ξεχωριστά, αγόρια και κορίτσια, το καλοκαίρι παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά υψηλότερα επίπεδα βιταμίνης D σε σύγκριση με τον χειμώνα ($p\text{-value}<0,001$)

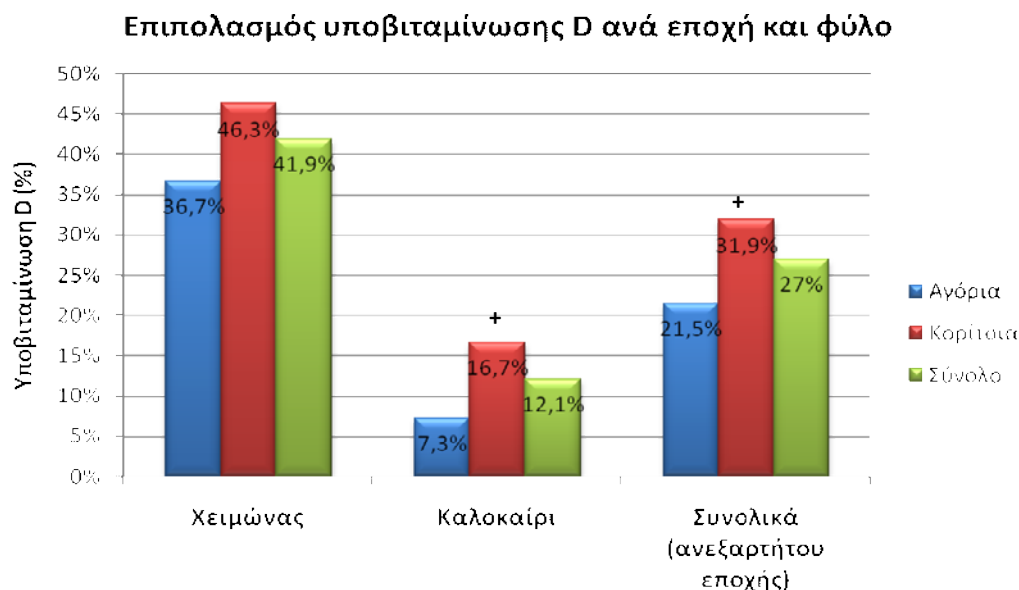
ΕΙΚΟΝΑ 1: Μέσα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D ανά εποχή και φύλο



** $p\text{-value}<0,05$ για σύγκριση μέσων τιμών 25-υδροξυβιταμίνης D μεταξύ χειμώνα και καλοκαίρι*

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας, ανά φύλο και ανά εποχή. Τα ποσοστά εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D στο σύνολο φτάνουν το 27%, ενώ παρατηρείται στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,023$) διαφορά μεταξύ φύλου, με τα αγόρια να εμφανίζουν υποβιταμίνωση σε ποσοστά 21,5% και τα κορίτσια αρκετά υψηλότερα ποσοστά που φτάνουν το 31,9%. Το χειμώνα η συχνότητα εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D αυξάνει στο 41,9% στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας χωρίς να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων. Αντίθετα, το καλοκαίρι παρατηρείται μείωση του συνολικού ποσοστού εμφάνισης υποβιταμίνωσης στο 12,1% με τα κορίτσια να έχουν οριακά στατιστικά σημαντικά ($p\text{-value}=0,051$) υψηλότερα ποσοστά (16,7%) σε σχέση με τα αγόρια (7,3%).

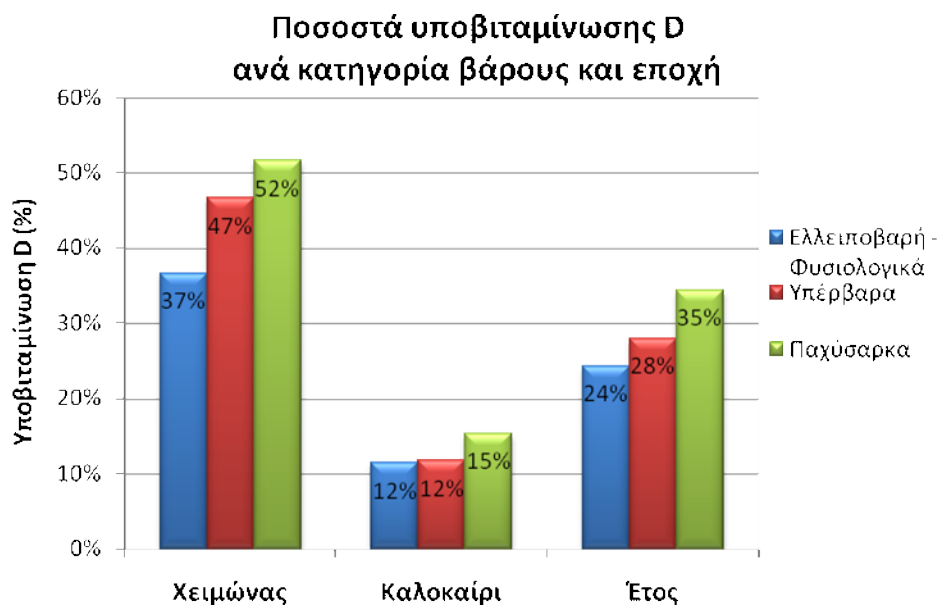
ΕΙΚΟΝΑ 2: Επιπολασμός υποβιταμίνωσης D ανά εποχή και φύλο



+ $p\text{-value} < 0,05$ για σύγκριση ποσοστών υποβιταμίνωσης D μεταξύ αγοριών – κοριτσιών σε κάθε εποχή

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η σχέση της υποβιταμίνωσης D με το σωματικό βάρος και συγκεκριμένα τις κατηγορίες σωματικού βάρους (ελλειποβαρής-φυσιολογικός, υπέρβαρος, παχύσαρκος). Γίνεται εμφανές ότι όσο αυξάνεται το σωματικό βάρος τόσο αυξάνεται και η συχνότητα εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D. Δηλαδή, τα υπέρβαρα παιδιά του πληθυσμού της έρευνας έχουν υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης D από τα ελλειποβαρή – φυσιολογικά και αντίστοιχα τα παχύσαρκα έχουν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης υποβιταμίνωσης από τα φυσιολογικά και τα υπέρβαρα παιδιά τόσο στο σύνολο του έτους, το χειμώνα αλλά και το καλοκαίρι. Ωστόσο δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ΕΙΚΟΝΑ 3: Υποβιταμίνωση D και σωματικό βάρος



Η συσχέτιση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και των παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας στο σύνολο του πληθυσμού αλλά και ανά φύλο παρουσιάζεται στον Πίνακα 2. Στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας, όσο αφορά τις παραμέτρους σύστασης σώματος, φαίνεται ότι ο Δείκτης Μάζας Σώματος, το σύνολο των δερματοπτυχών, η λιπώδης μάζα (kg), η άλιπη μάζα σώματος (kg) και το κοιλιακό λίπος (%) σχετίζονται στατιστικά σημαντικά αρνητικά με την 25-υδροξυβιταμίνη D. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερος είναι ο Δείκτης Μάζας Σώματος, το σύνολο των δερματοπτυχών, η λιπώδης και άλιπη μάζα σε κιλά καθώς και το κοιλιακό λίπος τόσο χαμηλότερα τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D που παρατηρούνται. Όσο αφορά την φυσική δραστηριότητα δεν παρατηρείται κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την 25-υδροξυβιταμίνη D στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης.

Μελετώντας ξεχωριστά για αγόρια και κορίτσια την συσχέτιση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας βλέπουμε ότι για τα αγόρια δεν παρουσιάζεται καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αντίθεση με τα κορίτσια. Συγκεκριμένα, για τα κορίτσια φαίνεται ότι όλοι οι παράμετροι σύστασης σώματος, δηλαδή ο Δείκτης Μάζας Σώματος, η περιφέρεια μέσης, οι δερματοπτυχές, η λιπώδης μάζα (kg, %), η άλιπη μάζα σε κιλά, το κοιλιακό και σπλαχνικό λίπος σχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D, ενώ η άλιπη μάζα εκφρασμένη σε ποσοστιαίες μονάδες παρουσιάζει θετική συσχέτιση με τα επίπεδα της βιταμίνης. Από τις παραμέτρους φυσικής δραστηριότητας δεν παρατηρείται κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Συσχέτιση επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας ανά φύλο

Χαρακτηριστικά πληθυσμού	ΣΥΝΟΛΟ		ΑΓΟΡΙΑ		ΚΟΡΙΤΣΙΑ	
	r	P-value	r	P-value	r	P-value
ΔΜΣ (kg/m ²)	-0,106	0,035	-0,007	0,924	-0,255	<0,001
Περιφέρεια μέσης (cm)	-0,080	0,111	-0,011	0,877	-0,234	0,001
Δερματοπτυχές (σύνολο)	-0,105	0,036	-0,005	0,941	-0,225	0,001
Λιπώδης μάζα (kg)	-0,128	0,011	-0,027	0,714	-0,241	<0,001
Λιπώδης μάζα (%)	-0,089	0,077	-0,002	0,982	-0,168	0,015
Άλιπη μάζα (kg)	-0,155	0,002	-0,069	0,348	-0,252	<0,001
Άλιπη μάζα (%)	0,090	0,073	0,003	0,965	0,168	0,015
Κοιλιακό λίπος (%)	-0,164	0,002	-0,005	0,950	-0,199	0,007
Σπλαχνικό λίπος (score)	0,010	0,850	-0,008	0,920	-0,212	0,004
Χρόνος παρακολούθησης τηλεόρασης (ώρες/ ημέρα)	-0,061	0,234	-0,108	0,148	-0,015	0,833
Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (OMVPA)	0,071	0,164 ⁺	0,031	0,682 ⁺	0,090	0,195 ⁺
Μέτριας έντασης φυσική δραστηριότητα (MVPA)	0,057	0,254 ⁺	0,005	0,947 ⁺	0,021	0,767 ⁺
Έντονης έντασης φυσική δραστηριότητα (VPA)	0,013	0,801 ⁺	-0,055	0,454 ⁺	-0,018	0,795 ⁺
Αριθμός βημάτων	0,020	0,697	-0,027	0,718	-0,044	0,529

⁺Μη παραμετρικός συντελεστής *Spearman*

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος *Pearson*

Στατιστικά σημαντική διαφορά: *p-value* <0,05

Στον Πίνακα 3 εξετάζεται η συσχέτιση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και των παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας στο σύνολο του πληθυσμού αλλά ανά εποχή (χειμώνας - καλοκαίρι) κατόπιν διόρθωσης για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner των παιδιών. Φαίνεται λοιπόν, ότι ο Δείκτης Μάζας Σώματος και η λιπώδης μάζα (kg) διατήρησαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D.

Στη συσχέτιση ανά εποχή τους χειμερινούς μήνες παρατηρούμε ότι ο Δείκτης Μάζας Σώματος και η περιφέρεια μέσης σχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D. Αξιόλογη παρατήρηση είναι και το γεγονός ότι το χειμώνα σημειώνεται στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,034$) θετική συσχέτιση μεταξύ οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας και επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η συμμετοχή των παιδιών σε αθλήματα τόσο αυξάνονται και τα επίπεδα βιταμίνης D. Ωστόσο, οποιαδήποτε στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρείται σε ολόκληρο το έτος ή το χειμώνα ξεχωριστά, φαίνεται ότι το καλοκαίρι εξαλείφεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Συσχέτιση επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας ανά εποχή (διόρθωση για φύλο και στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner)

Χαρακτηριστικά πληθυσμού	ΣΥΝΟΛΙΚΑ (ανεξαρτήτου εποχής)				ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	
	r	P-value	r ⁺⁺	P-value	r ⁺⁺	P-value	r ⁺⁺	P-value
ΔΜΣ (kg/m ²)	-0,106	0,035	-0,149	0,052	-0,217	0,053	-0,096	0,372
Περιφέρεια μέσης (cm)	-0,080	0,111	-0,140	0,069	-0,215	0,055	-0,106	0,325
Δερματοπτυχές (σύνολο)	-0,105	0,036	-0,082	0,290	-0,208	0,064	-0,078	0,469
Λιπώδης μάζα (kg)	-0,128	0,011	-0,154	0,045	-0,182	0,105	-0,084	0,434
Λιπώδης μάζα (%)	-0,089	0,077	-0,104	0,179	-0,107	0,346	-0,070	0,515
Άλιπη μάζα (kg)	-0,155	0,002	-0,115	0,135	-0,140	0,215	-0,057	0,601
Άλιπη μάζα (%)	0,090	0,073	0,073	0,146	0,072	0,318	0,061	0,394
Κοιλιακό λίπος (%)	-0,164	0,002	-0,105	0,172	-0,191	0,089	-0,102	0,345
Σπλαχνικό λίπος (score)	0,010	0,850	-0,133	0,084	-0,203	0,070	-0,099	0,357
Χρόνος παρακολούθησης τηλεόρασης (ώρες/ ημέρα)	-0,071	0,163 ⁺	-0,066	0,391	-0,157	0,164	-0,075	0,487
Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (OMVPA)	0,071	0,164 ⁺	-0,036	0,640	0,238	0,034	-0,078	0,470
Μέτριας έντασης φυσική δραστηριότητα (MVPA)	0,057	0,254 ⁺	0,010	0,898	-0,089	0,434	0,046	0,671
Έντονης έντασης φυσική δραστηριότητα (VPA)	0,013	0,801 ⁺	-0,089	0,250	-0,015	0,894	-0,090	0,405
Αριθμός βημάτων	0,020	0,697	-0,098	0,206	0,057	0,616	-0,066	0,544

⁺ Μη παραμετρικός συντελεστής Spearman

⁺⁺ Διόρθωση για φύλο και στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος Pearson

Στατιστικά σημαντική διαφορά: p-value <0,05

Από τον Πίνακα 2 παρατηρούμε ισχυρότερες συσχετίσεις επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας για τα κορίτσια και από τον Πίνακα 3 ισχυρότερες συσχετίσεις τον χειμώνα. Στον Πίνακα 4 λοιπόν, εξετάζεται η συσχέτιση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και των παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας για τα κορίτσια συγκεκριμένα το χειμώνα κατόπιν διόρθωσης για το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner. Φαίνεται ότι για το κορίτσια το χειμώνα όλοι οι παράμετροι σύστασης σώματος, δηλαδή ο Δείκτης Μάζας Σώματος, η περιφέρεια μέσης, το σύνολο των δερματοπτυχών, η λιπώδης και άλιπη μάζα σε κιλά, το κοιλιακό και σπλαχνικό λίπος σχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D. Από τις παραμέτρους φυσικής δραστηριότητας σημειώνεται θετική συσχέτιση ($p\text{-value}=0,048$) μεταξύ οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας και επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D υποδεικνύοντας ότι όσο αυξάνεται η συμμετοχή των κοριτσιών το χειμώνα σε αθλήματα τόσο αυξάνονται τα επίπεδα βιταμίνης D.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Συσχέτιση επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας για κορίτσια το χειμώνα.

Χαρακτηριστικά	r^{++}	P-value
ΔΜΣ (kg/m^2)	-0,245	0,011
Περιφέρεια μέσης (cm)	-0,241	0,013
Δερματοπτυχές (σύνολο)	-0,242	0,013
Λιπώδης μάζα (kg)	-0,186	0,057
Λιπώδης μάζα (%)	-0,102	0,298
Άλιπη μάζα (kg)	-0,229	0,018
Άλιπη μάζα (%)	0,102	0,298
Κοιλιακό λίπος (%)	-0,201	0,039
Σπλαχνικό λίπος (score)	-0,205	0,035
Χρόνος παρακολούθησης τηλεόρασης (ώρες/ ημέρα)	-0,027	0,782
Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (OMVPA)	0,192	0,048
Μέτριας έντασης φυσική δραστηριότητα (MVPA)	0,017	0,864
Έντονης έντασης φυσική δραστηριότητα (VPA)	-0,030	0,758
Αριθμός βημάτων	0,060	0,541

⁺⁺ Διόρθωση για στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος Pearson, Στατιστικά σημαντική διαφορά: $p\text{-value} < 0,05$

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα ποσοστά υποβιταμίνωσης D σε διαφορετικές κατηγορίες φυσικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα φαίνονται τα ποσοστά υποβιταμίνωσης στα παιδιά που παρακολουθούν τηλεόραση λιγότερο και περισσότερο από 2 ώρες την ημέρα, στα παιδιά που αφιερώνουν λιγότερο ή περισσότερο από 1 ώρα σε φυσική δραστηριότητα μέτριας έντασης και στα παιδιά που φτάνουν ή όχι τον συνιστώμενο αριθμό βημάτων ημερησίως. Υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης παρατηρούνται λοιπόν στα παιδιά που είναι λιγότερο δραστήρια, δηλαδή στα παιδιά που βλέπουν πάνω από 2 ώρες τηλεόραση την ημέρα, που ασκούνται λιγότερο από 1 ώρα την ημέρα και που δεν κάνουν τον συνιστώμενο αριθμό βημάτων ημερησίως, χωρίς ωστόσο να σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Κατηγορίες φυσικής δραστηριότητας και ποσοστά υποβιταμίνωσης D

Κατηγορίες φυσικής δραστηριότητας	Υποβιταμίνωση D (<25ng/ml) n (%)	P-value
Χρόνος παρακολούθησης τηλεόρασης		
<2ώρες/ ημέρα TV	43 (24,2)	0,414
>2ώρες/ ημέρα TV	57 (28,4)	
Χρόνος φυσικής δραστηριότητας (MVPA)		
<1ώρα/ ημέρα MVPA	74 (28,7)	0,343
>1ώρα/ ημέρα MVPA	33 (23,9)	
Αριθμός βημάτων		
<συνιστώμενα βήματα	53 (27,6)	0,822
>συνιστώμενα βήματα	54 (26,5)	

Πραγματοποιήθηκε Έλεγχος χ^2

Στατιστικά σημαντική διαφορά: p-value <0,05

Στον Πίνακα 6 φαίνεται πως σχετίζεται η οργανωμένη φυσική δραστηριότητα με την εμφάνιση υποβιταμίνωσης D ανά εποχή. Συγκεκριμένα, το χειμώνα τα παιδιά που εμφανίζουν υποβιταμίνωση έχουν οριακά στατιστικά σημαντικά (p-value=0,054) μικρότερα επίπεδα οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας, δηλαδή μικρότερη συμμετοχή σε αθλήματα, σε σύγκριση με τα παιδιά που έχουν φυσιολογικά επίπεδα βιταμίνης D. Το καλοκαίρι ωστόσο, η διαφορά αυτή εξαλείφεται και φαίνεται ότι τόσο τα παιδιά με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D όσο τα παιδιά με φυσιολογικά επίπεδα συμμετέχουν εξίσου σε οργανωμένα αθλήματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα και επίπεδα βιταμίνης D ανά εποχή

Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα OMVPA	Υποβιταμίνωση D (<25ng/ml) Μέσος ± T.A	Φυσιολογικά επίπεδα βιταμίνης D Μέσος ± T.A	P-value
Χειμώνα	17,6 ± 20,5	24,1 ± 24,6	0,054 ⁺
Καλοκαίρι	20,7 ± 29,2	22,9 ± 28,0	0,716 ⁺

⁺Μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney test

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος T-test

Στατιστικά σημαντική διαφορά: p-value <0,05

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται η γραμμική παλινδρόμηση για τη συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, λιπώδους μάζας και οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας συνολικά και ανά εποχή. Στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρείται μόνο μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας το χειμώνα (p-value=0,049). Δηλαδή, φαίνεται ότι το χειμώνα για αύξηση της οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας κατά 1 λεπτό αυξάνονται τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D κατά 0,135. Για την λιπώδη μάζα δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση.

Πίνακας 7: Ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης για τη συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, λιπώδους μάζας και οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας

Χαρακτηριστικά	Συνολικά (v= 389)		Χειμώνας (v= 194)		Καλοκαίρι (v= 195)	
	συντελεστής β	P-value	συντελεστής β	P-value	συντελεστής β	P-value
Λιπώδης μάζα (%)	-0,037	0,420	-0,063	0,374	-0,051	0,469
Οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (OMVPA)	0,044	0,335	0,135	0,049	0,003	0,970

Έγινε διόρθωση για εποχή, φύλο και στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner στην περίπτωση του συνολικού δείγματος και για φύλο και στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner στην περίπτωση των εποχών (χειμώνας - καλοκαίρι)

Στατιστικά σημαντική διαφορά: p-value <0,05

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Παρουσιάζοντας τα χαρακτηριστικά σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας του πληθυσμού της έρευνας (Πίνακας 1) παρατηρείται ότι τα κορίτσια είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες τιμές περιφέρειας μέσης ($p\text{-value}=0,005$) σε σύγκριση με τα αγόρια. Η διαφορά περιφέρειας μέσης μεταξύ των δύο φύλων βρίσκει σύμφωνες και άλλες μελέτες σε πληθυσμό αντίστοιχης ηλικίας [51-53], γεγονός που κρύβει ίσως την επιθυμία των κοριτσιών για πιο αδύνατο σώμα. Οι Li et al, στην μελέτη τους επισημαίνουν μάλιστα, εκτός από τις χαμηλότερες τιμές περιφέρειας μέσης στα κορίτσια σε σύγκριση με τα αγόρια, ολοένα και μεγαλύτερες τιμές περιφέρειας μέσης και στα δύο φύλα με το πέρασμα των χρόνων [51].

Επίσης, στην παρούσα μελέτη τα κορίτσια φάνηκε να έχουν λιγότερο σπλαχνικό λίπος ($p\text{-value}<0,001$) σε σχέση με τα αγόρια αποτέλεσμα με το οποίο συμφωνούν και άλλοι ερευνητές σε παιδιά [54] αλλά και σε ενήλικες [55, 56]. Λιγότερο σπλαχνικό λίπος παρουσιάζουν τα κορίτσια ηλικίας 10 περίπου ετών σε σύγκριση με τα αγόρια και στην μελέτη των Kwon et al. Ωστόσο σε μεγαλύτερα παιδιά (15 ετών) στην ίδια μελέτη η διαφορά αντιστρέφεται γεγονός που υποδεικνύει ότι η κατανομή του λίπους επηρεάζεται από το φύλο και φαίνεται να αλλάζει με την αύξηση της ηλικίας [57]. Διαφορετικές μέθοδοι εκτίμησης του σπλαχνικού λίπους δυσκολεύουν την ορθή σύγκριση των αποτελεσμάτων καθώς στην παρούσα μελέτη τα επίπεδα σπλαχνικού λίπους αξιολογήθηκαν με την μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης μια κλίμακα αξιολόγησης από 1 έως 59 (μεταβολή κατά 0,5 μονάδα).

Στην παρούσα μελέτη τα κορίτσια παρουσίασαν υψηλότερα ποσοστά κοιλιακού λίπους ($p\text{-value}<0,001$) συγκρίνοντας τα με τα αγόρια, αποτέλεσμα αντίθετο με την κοινά αποδεκτή άποψη ότι το κοιλιακό λίπος είναι χαρακτηριστικό των ενήλικων ανδρών [58]. Οι Taylor et al [59], σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη, δείχνουν ότι τα κορίτσια στην εφηβεία έχουν 17% λιγότερο κοιλιακό λίπος από τα αγόρια και με την διαφορά αυτή μεταξύ των δύο φύλων συμφωνούν και άλλες μελέτες [60]. Στα βιβλιογραφικά δεδομένα υψηλότερα ποσοστά κοιλιακού λίπους στα κορίτσια παρατηρούνται στην ηλικία των 3-5 ετών [61] δείχνοντας και εδώ την επίδραση της ηλικίας στην κατανομή του σωματικού λίπους. Εκτός όμως από την ηλικία, φαίνεται να υπάρχει και φυλετική επίδραση καθώς έχει παρατηρηθεί ότι τα κορίτσια της Ασιατικής και Αφρο-Αμερικάνικης φυλής έχουν λιγότερο κοιλιακό λίπος από τα αγόρια, ενώ τα κορίτσια της Καυκάσιας φυλής έχουν περισσότερο [58]. Επομένως, στο σύνολο φαίνεται ότι η κατανομή του σωματικού λίπους επηρεάζεται από το φύλο, την ηλικία αλλά και τη φυλή.

Από τους παράγοντες φυσικής δραστηριότητας που μελετήθηκαν φάνηκε ότι τα κορίτσια είναι λιγότερο δραστήρια από τα αγόρια καθώς παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα μέτριας και έντονης έντασης φυσικής δραστηριότητας σε σύγκριση με τα αγόρια όπως και μικρότερο συνολικό αριθμό βημάτων ημερησίως. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και από άλλες μελέτες όπου τα κορίτσια αφιερώνουν λιγότερα λεπτά την ημέρα σε μέτρια και έντονη άσκηση από ότι τα αγόρια [24, 62] αλλά και κάνουν λιγότερα συνολικά βήματα (9.652 ± 289) την ημέρα από τα αγόρια (10.849 ± 381) μετά από μετρήσεις με βηματομετρητή [63]

Όσον αφορά τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D και της παραθυρεοειδούς ορμόνης στην παρούσα μελέτη φάνηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων με τα κορίτσια σε σύγκριση με τα αγόρια να έχουν χαμηλότερες τιμές 25-διυδροξυβιταμίνης D και υψηλότερες τιμές παραθυρεοειδούς ορμόνης. Υψηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D στα κορίτσια της λευκής φυλής παρατηρήθηκε και στην μελέτη των Dong et al [24] αλλά σε άλλες μελέτες δεν φάνηκε κάποια διαφορά μεταξύ των δυο φύλων για τα επίπεδα της βιταμίνης D και της παραθορμόνης τόσο σε ελληνικό αλλά και αμερικάνικο πληθυσμό [16, 64].

ΜΕΣΑ ΕΠΙΠΕΔΑ 25-ΥΔΡΟΞΥΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ ΚΑΙ ΦΥΛΟ

Όσον αφορά τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D ανά εποχή, χειμώνα και καλοκαίρι (Εικόνα 1) στην παρούσα μελέτη φάνηκε ότι στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας αλλά και σε κάθε φύλο ξεχωριστά, αγόρια και κορίτσια, το καλοκαίρι παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά υψηλότερα επίπεδα βιταμίνης D σε σύγκριση με τον χειμώνα ($p\text{-value} < 0,001$). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα καθώς και οι Dong et al δείχνουν ότι τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D είναι χαμηλότερα το χειμώνα από ότι το καλοκαίρι, το φθινόπωρο και την άνοιξη σε παιδιά ηλικίας 14-18 ετών [24]. Αντίστοιχα και οι Alemzadeh et al επιβεβαιώνουν χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D το φθινόπωρο/ χειμώνα σε σύγκριση με την άνοιξη/ καλοκαίρι και μάλιστα σε όλες τις φυλές, Ισπανόφωνους, Καυκάσιους και Αφροαμερικάνους [65]. Η διαφορά αυτή που παρατηρείται μεταξύ των εποχών υπογραμμίζει την αξία της έκθεσης στον ήλιο για την επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D, εφόσον και το 90% της βιταμίνης D στον ανθρώπινο οργανισμό προέρχεται από της σύνθεση στο δέρμα μέσω της UV ακτινοβολίας.

ΕΠΙΠΟΛΑΣΜΟΣ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ D ΑΝΑ ΦΥΛΟ ΚΑΙ ΕΠΟΧΗ

Ο επιπολασμός της υποβιταμίνωσης D (<25ng/ml) (Εικόνα 2) στο σύνολο του δείγματος και ανεξαρτήτου εποχής αγγίζει το 27%, ενώ παρατηρείται στατιστικά σημαντική (p -value=0,023) διαφορά μεταξύ φύλου, με τα αγόρια να εμφανίζουν υποβιταμίνωση σε ποσοστά 21,5% και τα κορίτσια αρκετά υψηλότερα ποσοστά που φτάνουν το 31,9%. Οι διαφορετικές κατωφλικές τιμές που χρησιμοποιεί ο κάθε ερευνητής για τον ορισμό της υποβιταμίνωσης, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ της μαύρης και της λευκής φυλής καθώς και οι διαφορές μεταξύ χωρών διαφορετικού γεωγραφικού πλάτους δυσκολεύουν την ορθή σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα βιβλιογραφικά δεδομένα.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφέρει ότι παιδιά ηλικίας 6-21ετών στην Φιλαδέλφεια της Πενσυλβάνια (40ο βόρεια) είχαν συνολικά ποσοστά υποβιταμίνωσης (<30ng/ml) 68%, 51% στους λευκούς και 94% στους μαύρους. Σε μελέτη στο Οχάιο (41ο βόρεια) όπου εξετάστηκαν συνολικά 400 κορίτσια (254 μαύρης φυλής και 146 μη μαύρης φυλής) τα ποσοστά έλλειψης βιταμίνης D (<11ng/ml) έφτασαν το 17% και η ανεπάρκεια (<20ng/ml) άγγιξε το 54%. Τα ποσοστά αυτά διέφεραν μεταξύ των φυλών, καθώς 26% της μαύρης φυλής και μόνο 1% της λευκής φυλής παρουσίαζε έλλειψη βιταμίνης D. Σε άλλη μελέτη με δείγμα 307 παιδιά ηλικία 11-18ετών τα ποσοστά υποβιταμίνωσης (<15ng/ml) έφτασαν το 24%, με το 5% αυτών να παρουσιάζουν υψηλή ανεπάρκεια βιταμίνης D (<8ng/ml). Για συγκεντρώσεις 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml τα ποσοστά αυξάνονται στο 42% [3]. Οι Weng et al, αναφέρουν 55% ποσοστά υποβιταμίνωσης σε παιδικό πληθυσμό για επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <30ng/ml [66]. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα ποσοστά υποβιταμίνωσης φαίνονται να αυξάνονται ραγδαία με την πάροδο των χρόνων. Συγκεκριμένα από την μελέτη NHANES III(1988 –1994) μέχρι την NHANES 2000 –2004 ο επιπολασμός της υποβιταμίνωσης (επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml και <30ng/ml) σε έφηβους της μαύρης και λευκής φυλής αυξήθηκε από 28% - 48% σε 66% - 81% υποδεικνύοντας την έκταση του προβλήματος [24]. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι στην παρούσα μελέτη τα ποσοστά υποβιταμίνωσης είναι χαμηλότερα από τα βιβλιογραφικά δεδομένα, ωστόσο αρκετά ανησυχητικά για μία ηλιόλουστη χώρα όπως η Ελλάδα, αν και είναι πολύ δύσκολο να γίνουν αντικειμενικές συγκρίσεις.

Η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ φύλου στην παρούσα μελέτη, με τα κορίτσια να έχουν υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης D σε σύγκριση με τα αγόρια βρίσκει σύμφωνους και άλλους ερευνητές [65, 67, 68]. Συγκεκριμένα σε μελέτη με επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <30ng/ml τα αγόρια εμφάνιζαν υποβιταμίνωση σε ποσοστό 55,2% ενώ τα κορίτσια σε πολύ υψηλότερα ποσοστά τις τάξεις των 84,6%. Ωστόσο, η διαφορά μεταξύ των δύο φύλων

εξαλείφθηκε για τιμές 25-υδροξυβιταμίνης D <15ng/ml όπου τα ποσοστά έφταναν το 24,1% και 23,1% για αγόρια και κορίτσια αντίστοιχα [69].

Στην παρούσα μελέτη, το χειμώνα η συχνότητα εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D αυξάνει στο 41,9% στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας από 27% που ήταν για το συνολικό έτος, χωρίς να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων. Η αύξηση των ποσοστών της υποβιταμίνωσης το χειμώνα συνδέεται άμεσα και με την μειωμένη έκθεση στον ήλιο παρουσιάζοντας την επίδραση της εποχικότητας στην εμφάνιση της υποβιταμίνωσης.

Σε μελέτη που χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες κατωφλικές τιμές υποβιταμίνωσης φάνηκε ότι το 25% των αγοριών και 47% των κοριτσιών ηλικίας 12-19ετών παρουσίασαν ανεπάρκεια βιταμίνης D (<25 ng/ml) το χειμώνα, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων [67]. Οι Dong et al, επισημαίνουν αύξηση της υποβιταμίνωσης από 28,8% στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης σε 44,4% τον χειμώνα για τιμές 25-υδροξυβιταμίνης D <20ng/ml και αύξηση από 56,4% σε 68,8% για όρια <30ng/ml [24]. Αντίστοιχα οι Weng et al, για επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <30ng/ml, παρατηρούν τους χειμερινούς μήνες ποσοστά υποβιταμίνωσης 68% αντί του 55% που σημειώνεται στο συνολικό έτος [66].

Το καλοκαίρι στην παρούσα μελέτη παρατηρείται μείωση του συνολικού ποσοστού εμφάνισης υποβιταμίνωσης στο 12,1% από 41,9% του χειμώνα, γεγονός που υπογραμμίζει την αξία της έκθεσης στον ήλιο για την επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D. Τα κορίτσια το καλοκαίρι φάνηκε να έχουν οριακά στατιστικά σημαντικά (p-value=0,051) υψηλότερα ποσοστά (16,7%) σε σχέση με τα αγόρια (7,3%) στην παρούσα μελέτη. Η διαφορά αυτή οφείλεται ίσως στην μικρότερη έκθεση των κοριτσιών στον ήλιο και δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα κορίτσια είναι λιγότερο δραστήρια από τα αγόρια. Φαίνεται λοιπόν ότι τα αγόρια παίζουν, κινούνται και εκτίθενται περισσότερο στον ήλιο το καλοκαίρι από τα κορίτσια όχι όμως και το χειμώνα που λόγω καιρού και συνθηκών ίσως τα παιδιά, αγόρια και κορίτσια, περιορίζουν τις δραστηριότητες τους σε εσωτερικούς χώρους.

Με την μείωση της υποβιταμίνωσης D το καλοκαίρι συμφωνούν και άλλοι ερευνητές και παρατηρούνται δεδομένα όπου από 12% ποσοστά υποβιταμίνωσης D το χειμώνα σημειώνεται πτώση στο 0,7% το καλοκαίρι [3] ή από 25% στα αγόρια και 47% στα κορίτσια το χειμώνα, υπάρχει μείωση της συχνότητας εμφάνισης της υποβιταμίνωσης (<25ng/ml) σε 21% και 28% στα αγόρια και κορίτσια αντίστοιχα το καλοκαίρι [67]. Παρομοίως στην μελέτη των Alemzadeh et al, τα ποσοστά υποβιταμίνωσης (<20ng/ml) από 20% το χειμώνα μειώθηκαν στο 0% για το

καλοκαίρι, ενώ αυξάνοντας τα όρια της υποβιταμίνωσης σε 20-30ng/ml τα ποσοστά έπεσαν από 74% σε 20,3% το καλοκαίρι για την Καυκάσια φυλή [65]. Στην μελέτη των Dong et al, που μελετήθηκαν και οι τέσσερις εποχές μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε το φθινόπωρο, μετά το τέλος του καλοκαιριού όπου από 44,4% ποσοστά υποβιταμίνωσης (<20ng/ml) μειώθηκαν στο 17,7% [24].

Στο σύνολο κατανοούμε ότι τα αποτελέσματα επηρεάζονται από το πώς ορίζεται σε κάθε μελέτη η υποβιταμίνωση, από τι φυλές αποτελείται το δείγμα της μελέτης καθώς και το γεωγραφικό πλάτος που έχει η τοποθεσία όπου διεξάγεται η μελέτη, γεγονός που δυσχεραίνει την αντικειμενική σύγκριση των βιβλιογραφικών δεδομένων. Ωστόσο παρά τους προαναφερόμενους περιορισμούς μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η υποβιταμίνωση εμφανίζεται ακόμα και σε υγιή παιδιά όλων των ηλικιών και εθνικοτήτων και για αυτό πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο θέμα αυτό [3].

ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗ D ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε και η σχέση της υποβιταμίνωσης D με το σωματικό βάρος (Εικόνα 3) και συγκεκριμένα τις κατηγορίες σωματικού βάρους (ελλειποβαρής-φυσιολογικός, υπέρβαρος, παχύσαρκος). Γίνεται εμφανές από τα αποτελέσματα ότι όσο αυξάνεται το σωματικό βάρος τόσο αυξάνεται και η συχνότητα εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D. Δηλαδή, τα υπέρβαρα παιδιά του πληθυσμού της έρευνας έχουν υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης D από τα ελλειποβαρή – φυσιολογικά και αντίστοιχα τα παχύσαρκα έχουν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης υποβιταμίνωσης από τα φυσιολογικά και τα υπέρβαρα παιδιά. Συγκεκριμένα η υποβιταμίνωση D στα παχύσαρκα παιδιά στο συνολικό έτος φτάνει το 35%, το χειμώνα αυξάνει στο 52% και το καλοκαίρι πέφτει στο 15%. Η αύξηση της υποβιταμίνωσης με την αύξηση του σωματικού βάρους παρατηρείται τόσο στο σύνολο του έτους, το χειμώνα αλλά και το καλοκαίρι. Ωστόσο δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην παρούσα μελέτη.

Με την συσχέτιση αυτή συμφωνεί και η μελέτη των Rajakumar et al, όπου η υποβιταμίνωση D στα παχύσαρκα παιδιά έφτανε το 57%, ενώ στα φυσιολογικά το 40% χωρίς να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά όπως και στην παρούσα μελέτη [27]. Η σύνδεση της παχυσαρκίας με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D και μεγαλύτερα ποσοστά υποβιταμίνωσης αποδεικνύεται με στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα από άλλες μελέτες. Σε δείγμα 99 παχύσαρκων και 99 φυσιολογικών παιδιών 6-12 χρονών τα ποσοστά της υποβιταμίνωσης (<21-29ng/ml) έφτασαν τα 62,1% ενώ 20,2% του πληθυσμού είχαν επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D

<20 ng/ml. Τα παχύσαρκα παιδιά ($\Delta\text{ΜΣ} \geq 95^\circ$ εκατοστημόριο) είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις 25-υδροξυβιταμίνης D από τα φυσιολογικά [70]. Αντίστοιχα σε άλλες μελέτες φάνηκε ότι το 1/3 με το 1/2 των παχύσαρκων παιδιών παρουσίαζαν υποβιταμίνωση D (<20ng/ml) [65, 71]. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ παχύσαρκων και φυσιολογικών ατόμων παρατηρούνται και σε ενήλικες όπου τα ποσοστά υποβιταμίνωσης D (20-30ng/ml) φτάνουν το 61,3% στους παχύσαρκους και το 34% στους φυσιολογικούς [18]. Στην μελέτη των Reinehr et al, φάνηκε ότι τα παχύσαρκα παιδιά είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D σε σύγκριση με τα φυσιολογικά. Μετά από μείωση του σωματικού βάρους των παχύσαρκων παιδιών παρατηρήθηκε και σημαντική αύξηση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D. Το γεγονός αυτό φαίνεται να υποδεικνύει ότι η υποβιταμίνωση D είναι πιθανότερα η συνέπεια παρά αιτία της παχυσαρκίας. Ωστόσο μια τέτοια αιτιολογική σχέση απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση [28].

Αρνητικές συσχετίσεις των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D με πολλές από τις παραμέτρους παχυσαρκίας όπως $\Delta\text{ΜΣ}$, περιφέρεια μέσης, ποσοστό λίπους και λιπώδη μάζα παρατηρούνται σε πολλές μελέτες για την παιδική ηλικία [24, 65, 70], με την λιπώδη μάζα και τον $\Delta\text{ΜΣ}$ να είναι οι κυρίαρχοι παράγοντες. Φαίνεται λοιπόν ότι τα παχύσαρκα παιδιά παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης D από τα φυσιολογικά είτε λόγω αυξημένου σωματικού βάρους και λιπώδους μάζας, είτε λόγω χαμηλότερων επιπέδων φυσικής δραστηριότητας είτε λόγω μικρότερης έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία είτε εν τέλει λόγω συνδυασμού των παραπάνω παραγόντων.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ 25-ΥΔΡΟΞΥΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D, ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΦΥΛΟ ΚΑΙ ΕΠΟΧΗ

Εξετάζοντας την πιθανή συσχέτιση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και των παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας (Πίνακα 2) φαίνεται ότι στο σύνολο του πληθυσμού της έρευνας, όσο αφορά τις παραμέτρους σύστασης σώματος, ο Δείκτης Μάζας Σώματος, το σύνολο των δερματοπτυχών, η λιπώδης μάζα (kg), η άλιπη μάζα σώματος (kg) και το κοιλιακό λίπος (%) σχετίζονται στατιστικά σημαντικά αρνητικά με την 25-υδροξυβιταμίνη D. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερος είναι ο Δείκτης Μάζας Σώματος, το σύνολο των δερματοπτυχών, η λιπώδης και άλιπη μάζα σε κιλά καθώς και το κοιλιακό λίπος τόσο χαμηλότερα τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D που παρατηρούνται. Όσον αφορά την άλιπη μάζα σώματος θα περιμέναμε ίσως μια θετική συσχέτιση με τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D, καθώς έχει φανεί ότι αυξημένη άλιπη μάζα σώματος σχετίζεται με καλύτερα επίπεδα βιταμίνης D στους ενήλικες [21]. Ωστόσο, μελετώντας και το ποσοστό της άλιπης μάζας σώματος η αρνητική αυτή συσχέτιση εξαλείφεται και τελικά ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι τα παιδιά με υπερβάλλον βάρος θα έχουν και αντίστοιχα περισσότερη άλιπη μάζα σε κιλά από τα φυσιολογικά παιδιά. Κάνοντας διόρθωση για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner των παιδιών (Πίνακας 3), φάνηκε ότι ο Δείκτης Μάζας Σώματος και η λιπώδης μάζα (kg) διατήρησαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D, γεγονός που υποδεικνύει την ισχυρή επίδραση του ΔΜΣ και της λιπώδους μάζας στα χαμηλά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D. Θέλοντας να εξετάσουμε και την επίδραση της εποχικότητας (Πίνακας 3) φάνηκε ότι τους χειμερινούς μήνες ο Δείκτης Μάζας Σώματος και η περιφέρεια μέσης σχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D. Ωστόσο, οποιαδήποτε στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρείται σε ολόκληρο το έτος ή το χειμώνα ξεχωριστά, φαίνεται ότι το καλοκαίρι εξαλείφεται υποδεικνύοντας την σημαντικότητα της εποχικότητας και της επίδρασης του ηλίου [3].

Αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων σύστασης σώματος και των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D επιβεβαιώνονται και από άλλους ερευνητές αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, οι Dong et al [24], μετά από διόρθωση για την ηλικία, το φύλο, την φυλή, την εποχή, το ύψος και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner των παιδιών, βρήκαν αρνητική συσχέτιση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D με πολλές από τις παραμέτρους παχυσαρκίας συμπεριλαμβανομένου τον ΔΜΣ, την περιφέρεια μέσης, το ποσοστό λίπους, την λιπώδη μάζα σε κιλά, το σπλαχνικό και το υποδόριο λίπος [24]. Αντίστοιχη μελέτη σε παιδικό πληθυσμό, έδειξε ότι οι παράγοντες που σχετίστηκαν με χαμηλά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D ήταν με σειρά

σημαντικότητας το ποσοστό του σωματικού λίπους, ο ΔΜΣ, όπως φάνηκαν και στην παρούσα μελέτη, καθώς επίσης και η δερματική πτυχή τρικέφαλου και η περιφέρεια μέσης [70]. Στην μελέτη των Alemzadeh et al [65], άτομα που παρουσίαζαν υποβιταμίνωση ($<30\text{ng/ml}$) είχαν μεγαλύτερο ΔΜΣ, λιπώδη μάζα και μικρότερο λόγο άλιπης μάζας/ λιπώδη μάζα από τα άτομα με επαρκή επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D. Από τα βιβλιογραφικά δεδομένα, η λιπώδης μάζα και ο ΔΜΣ φαίνεται να είναι οι κυρίαρχοι παράγοντες σύστασης σώματος που συσχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της βιταμίνης D τόσο σε παιδιά [3] όσο και σε ενήλικες [23]. Η λιπώδης μάζα μάλιστα δίνει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ακόμα και μετά από διόρθωση με το φύλο, την ηλικία, την εθνικότητα και την εποχή σε παιδιά [65]. Ωστόσο, υπάρχουν άλλες μελέτες που δεν έχουν βρει συσχέτιση του ΔΜΣ ή της λιπώδους μάζας με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D σε αυτή την ηλικία [66]. Διαφορές στα ευρήματα αυτά μπορεί να οφείλονται εν μέρει σε διαφορετικό ορισμό της παχυσαρκίας (διαφορετικά όρια του ΔΜΣ) και διακυμάνσεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη των παιδιών.

Στην πλειονότητα των βιβλιογραφικών στοιχείων, ο δείκτης μάζας σώματος, ως δείκτης παχυσαρκίας, έχει φανεί να σχετίζεται με μειωμένα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D στην παιδική ηλικία [14]. Μάλιστα σε ενήλικες έχει αποδειχθεί ότι όσο αυξάνεται ο ΔΜΣ τόσο πέφτουν και τα ανώτερα δυνατά επίπεδα της βιταμίνης D στο πλάσμα (peak serum vitamin D) είτε μετά από πρόσληψη βιταμίνης D από του στόματος είτε μετά από έκθεση σε UV ακτινοβολία [20]. Επομένως, σαν ένας εύκολος και ανέξοδος τρόπος εκτίμησης της παχυσαρκίας, ο ΔΜΣ (με χρήση εκατοστημύριων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διερεύνηση της σχέσης παχυσαρκίας και βιταμίνης D σε μελλοντικές μελέτες. Οι Dong et al [24], υποστηρίζουν ότι η σχέση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και παχυσαρκία είναι ανεξάρτητη από κατανομή του λίπους. Αντίστοιχα και οι Looker et al [72], βρήκαν ότι το ποσοστό σωματικού λίπους μετρημένο με βιοηλεκτρική εμπέδηση σχετίστηκε αρνητικά με την 25-υδροξυβιταμίνη D σε γυναίκες ηλικία 12-49ετών της λευκής και μαύρης φυλής. Μία πρόσφατη μελέτη ωστόσο επιβεβαίωσε σχέση μεταξύ συγκέντρωσης βιταμίνης D και σπλαχνικού και υποδόριου λίπους στους νέους. Οι Kremer et al [73], στη μελέτη τους με 90 γυναίκες ηλικίας 16-22 ετών από την Καλιφόρνια, βρήκαν αρνητική συσχέτιση σπλαχνικού, υποδόριου και συνολικού σωματικού λίπους με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D.

Ο μηχανισμός με τον οποίο η παχυσαρκία επηρεάζει τα επίπεδα της βιταμίνης D δεν είναι ξεκάθαρος, αν και πιστεύεται ότι ο λιπώδης ιστός είναι ένας χώρος αποθήκευσης βιταμίνης D. Η βιταμίνη D φαίνεται να δεσμεύεται από το λιπώδη ιστό και στην περίπτωση αυξημένης λιπώδους μάζας παρατηρείται μεγαλύτερη κάθαρση της βιταμίνης. Επιπλέον, στα παχύσαρκα

άτομα η παραγωγή του ενεργού μεταβολίτη της βιταμίνης D, της 1,25-υδροξυβιταμίνης D ενισχύεται και κατά συνέπεια οι υψηλότερες αυτές συγκεντρώσεις δρουν αρνητικά στην ηπατική σύνθεση της 25-υδροξυβιταμίνης D. Τέλος, τα παχύσαρκα άτομα αποφεύγουν την έκθεση στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία (UV), η οποία είναι απαραίτητη για τη δερματική σύνθεση της βιταμίνης D, λόγω της περιορισμένης κινητικότητας ή αποφυγής υπαίθριων δραστηριοτήτων [19-21]. Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί, μεμονωμένα ή συνδυαστικά μπορούν να οδηγήσουν σε χαμηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D σε άτομα με υπερβάλλον βάρος.

Όσον αφορά την φυσική δραστηριότητα στην παρούσα μελέτη δεν παρατηρείται κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την 25-υδροξυβιταμίνη D στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης. Ωστόσο, όταν τα δεδομένα εξετάστηκαν ανά εποχή (Πίνακας 3) φάνηκε θετική συσχέτιση ($p\text{-value}=0,034$) μεταξύ οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας και επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D τον χειμώνα, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η συμμετοχή των παιδιών σε αθλήματα τόσο αυξάνονται και τα επίπεδα βιταμίνης D. Η θετική συσχέτιση αυτή δείχνει πόσο σημαντική είναι η άσκηση για τα επίπεδα της βιταμίνης D το χειμώνα ιδιαίτερα, καθώς η φυσική δραστηριότητα αυξάνει άμεσα και έμμεσα τα επίπεδα της βιταμίνης D. Άμεσα μέσω μηχανισμών που σχετίζονται με τις ρυθμιστικές ορμόνες του ασβεστίου και την έκφραση των υποδοχέων βιταμίνης D (VDR) στους σκελετικούς μύες [34, 37, 39] και έμμεσα με την μεγαλύτερη έκθεση στον ήλιο σε δραστηριότητες εξωτερικών χώρων και το μικρότερο σωματικό βάρος και λιπώδη μάζα στα πιο δραστήρια άτομα [34].

Στα βιβλιογραφικά δεδομένα βρίσκουμε ερευνητές να επιβεβαιώνουν ή όχι αυτή την συσχέτιση. Οι Dong et al [24], αναφέρουν θετική συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και έντονης φυσικής δραστηριότητας όπως και μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου υποδεικνύοντας ότι όσο πιο δραστήριο είναι ένα παιδί τόσο καλύτερα επίπεδα βιταμίνης D παρουσιάζει. Θετική συσχέτιση βιταμίνης D και έντονης φυσικής δραστηριότητας επιβεβαιώνουν και άλλες μελέτες [36, 74]. Σε μελέτη που έγινε μόνο σε έφηβες κοπέλες φάνηκε ότι τα παιδιά που συμμετείχαν σε οργανωμένα αθλήματα είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D της τάξης των 37nmol/l σε σύγκριση με τα παιδιά που δεν συμμετείχαν σε αθλήματα που είχαν επίπεδα 30nmol/l [25]. Η επίδραση της άσκησης φάνηκε και σε μελέτη που τα περισσότερα παιδιά με ανεπάρκεια βιταμίνης D, 60,6% του πληθυσμού της μελέτης, δεν έκαναν φυσική δραστηριότητα και το 57,5% δεν εκτίθονταν στον ήλιο [75]. Ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες σε παιδιά που δεν υποδεικνύουν κάποια διαφορά στη φυσική δραστηριότητα αλλά και στον χρόνο

παρακολούθησης τηλεόρασης/ video games μεταξύ παιδιών που παρουσιάζουν υποβιταμίνωση D (<20 ng/ml) και φυσιολογικών παιδιών [36, 70].

Μελετώντας ξεχωριστά για αγόρια και κορίτσια την συσχέτιση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και παραμέτρων σύστασης σώματος και φυσικής δραστηριότητας βλέπουμε ότι για τα αγόρια δεν παρουσιάζεται καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αντίθεση με τα κορίτσια που φαίνεται να αποτελούν την «ευαίσθητη» ομάδα. Συγκεκριμένα, για τα κορίτσια φαίνεται ότι όλοι οι παράμετροι σύστασης σώματος, δηλαδή ο Δείκτης Μάζας Σώματος, η περιφέρεια μέσης, οι δερματοπτυχές, η λιπώδης μάζα (kg, %), η άλιπη μάζα σε κιλά, το κοιλιακό και σπλαχνικό λίπος σχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D. Η άλιπη μάζα όταν εκφράστηκε σε ποσοστιαίες μονάδες παρουσίασε θετική συσχέτιση με τα επίπεδα της βιταμίνης, εξηγώντας την προαναφερόμενη αρνητική συσχέτιση της άλιπης μάζας σε κιλά, καθώς τα παιδιά με υπερβάλλον βάρος θα έχουν πιθανότατα και αντίστοιχα περισσότερη άλιπη μάζα σε κιλά από τα φυσιολογικά παιδιά, και επιβεβαιώνοντας ότι αυξημένη άλιπη μάζα συνδέεται με αυξημένα επίπεδα βιταμίνης D. Όταν εξετάστηκαν τα δεδομένα για τα κορίτσια το χειμώνα ξεχωριστά (Πίνακας 4) φάνηκε ότι οι συσχετίσεις με την σύσταση σώματος διατηρήθηκαν και επιπλέον προστέθηκε και η οργανωμένη φυσική δραστηριότητα. Παρατηρήθηκε λοιπόν, θετική συσχέτιση μεταξύ οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας και επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η συμμετοχή των κοριτσιών το χειμώνα σε αθλήματα τόσο αυξάνονται και τα επίπεδα βιταμίνης D, υποδεικνύοντας και πάλι την σημαντικότητα της φυσικής δραστηριότητας τους χειμερινούς μήνες, όπου έχουμε μικρότερη έκθεση στον ήλιο και μεγαλύτερα ποσοστά υποβιταμίνωσης. Το ότι τα κορίτσια φαίνεται να αποτελούν την ευαίσθητη ομάδα επιβεβαιώνεται σίγουρα από τα χαμηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D και από τα υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης που παρατηρούνται σε σύγκριση με τα αγόρια. Τα αυξημένα αυτά ποσοστά μπορεί να οφείλονται στην μικρότερη έκθεση στον ήλιο, καθώς τα κορίτσια είναι λιγότερο δραστήρια αλλά ίσως και στο αυξημένο κοιλιακό λίπος που μπορεί τελικά να συνδέει την υποβιταμίνωση με την κεντρική παχυσαρκία γεγονός που απαιτεί περαιτέρω μελέτη.

Πολλές από τις μελέτες στα βιβλιογραφικά δεδομένα εστιάζουν αποκλειστικά στον γυναικείο πληθυσμό και συμφωνούν με μερικά από τα αποτελέσματα τις παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα, οι Foo et al, σε έφηβες κοπέλες βρήκαν ότι ο ΔΜΣ, η άλιπη μάζα σώματος (kg), τα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας και η οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (αθλήματα) συσχετίστηκαν αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D, αλλά δεν βρέθηκε σημαντική

συσχέτιση για το ποσοστό σωματικού λίπους και τα επίπεδα βιταμίνης D [25]. Αντιθέτως, στην μελέτη των McKinney et al, σε νέες γυναίκες ηλικίας 16-33ετών φάνηκε ότι το ποσοστό σωματικού λίπους, η λιπώδης μάζα, ο ΔΜΣ και η ηλικία σχετίστηκαν αρνητικά με τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D, ενώ όσο αφορά την φυσική δραστηριότητα δεν υπήρξε κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση [26]. Σε μελέτη με 90 γυναίκες ηλικίας 16-22 ετών, βρέθηκε αρνητική συσχέτιση σωματικού βάρους (kg), ΔΜΣ, σπλαχνικού, υποδόριου και συνολικού σωματικού λίπους με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D [73].

Οι περισσότερες μελέτες σε γυναικείο πληθυσμό αφορούν ενήλικες γυναίκες και δείχνουν αντίστοιχα αντικρουόμενα αποτελέσματα. Παρουσιάζονται λοιπόν στοιχεία με αρνητική συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και ποσοστού σωματικού λίπους αλλά όχι με το βάρος και τον ΔΜΣ [22]. Αντιθέτως σε γυναίκες παχύσαρκες επιβεβαιώνεται αρνητική συσχέτιση βιταμίνης D με το βάρος, τον ΔΜΣ αλλά και τον λόγο περιφέρειας μέσης/ περιφέρεια ισχίων, το ποσοστό σωματικού λίπους, τη λιπώδη μάζα και την άλιπη μάζα σώματος [76]. Τέλος, η άλιπη μάζα σώματος δίνει θετική συσχέτιση στην μελέτη των Moschonis et al [21], σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και το αυξημένο κοιλιακό λίπος σχετίζεται με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D κάνοντας ίσως μια σύνδεση κεντρικής παχυσαρκίας και βιταμίνης D που απαιτεί περαιτέρω μελέτη.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΑ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ D

Όσον αφορά τα ποσοστά υποβιταμίνωσης και την φυσική δραστηριότητα (Πίνακας 5) φαίνεται στην παρούσα μελέτη ότι υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης παρατηρούνται στα παιδιά που βλέπουν πάνω από 2 ώρες τηλεόραση την ημέρα, που ασκούνται λιγότερο από 1 ώρα την ημέρα και που δεν κάνουν τον συνιστώμενο αριθμό βημάτων ημερησίως, χωρίς ωστόσο να σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αντίστοιχα και η μελέτη των Montemayor et al δεν υποδεικνύει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στη φυσική δραστηριότητα αλλά και στον χρόνο παρακολούθησης τηλεόρασης ή χρήσης video games μεταξύ παιδιών που παρουσιάζουν υποβιταμίνωση D (<20 ng/ml) και φυσιολογικών παιδιών [70]. Ωστόσο συγκεντρωτικά, τα παιδιά που είναι λιγότερο δραστήρια παρουσιάζουν και χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D γεγονός που βρίσκει σύμφωνες και άλλες μελέτες που αναφέρουν θετική συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και έντονης φυσικής δραστηριότητας [24, 36, 74], μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου [24], αλλά και οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας (αθλήματα) [25, 36]. Τα δεδομένα που να σχετίζουν την υποβιταμίνωση D και τα επίπεδα της βιταμίνης D με καθιστικές δραστηριότητες και ποσοτικοποιημένη φυσική δραστηριότητα είναι ελλιπή, ιδιαίτερα στην παιδική ηλικία. Μία μελέτη σε ενηλίκους έδειξε ότι οι γυναίκες που εργάζονταν <35 ώρες/ εβδομάδα είχαν 5% υψηλότερες συγκεντρώσεις 25-υδροξυβιταμίνης D σε σύγκριση με τις γυναίκες που εργάζονταν 35-40 ώρες/ εβδομάδα, συνδέοντας έτσι ίσως την καθιστική δραστηριότητα με τα επίπεδα βιταμίνης D [77].

ΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ D ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ

Εξετάζοντας την συσχέτιση της οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας με την εμφάνιση υποβιταμίνωσης D ανά εποχή (Πίνακας 6) φάνηκε ότι το χειμώνα τα παιδιά που εμφανίζουν υποβιταμίνωση έχουν στατιστικά σημαντικά ($p\text{-value}=0,054$) μικρότερα επίπεδα οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας, δηλαδή μικρότερη συμμετοχή σε αθλήματα, σε σύγκριση με τα παιδιά που έχουν φυσιολογικά επίπεδα βιταμίνης D. Το καλοκαίρι ωστόσο, η διαφορά αυτή εξαλείφεται και φαίνεται ότι τόσο τα παιδιά με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D όσο και τα παιδιά με φυσιολογικά επίπεδα συμμετέχουν εξίσου σε οργανωμένα αθλήματα. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι είναι ουσιώδες το παιδί να συμμετέχει σε αθλήματα ιδιαίτερα το χειμώνα, καθώς φαίνεται ότι η άσκηση είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας για τα επίπεδα βιταμίνης D τους χειμερινούς μήνες.

Αντίστοιχα σε μελέτη που έγινε μόνο σε έφηβες κοπέλες φάνηκε ότι τα παιδιά που συμμετείχαν σε οργανωμένα αθλήματα είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D, της τάξης των 37nmol/l, σε σύγκριση με τα παιδιά που δεν συμμετείχαν σε αθλήματα που είχαν επίπεδα 30nmol/l [25]. Θετική συσχέτιση μεταξύ αθλημάτων και επιπέδων βιταμίνης D παρατηρήθηκε και σε αγόρια ηλικίας 16 ετών [36]. Στην μελέτη των Bener et al, ο χρόνος που ασχολούνται τα παιδιά με δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους φάνηκε να είναι λιγότερος από τον συνιστώμενο σε όλα τα παιδιά, αλλά και στατιστικά σημαντικά λιγότερος στα παιδιά που παρουσίαζαν υποβιταμίνωση D (23,5 λεπτά) σε σύγκριση με τα φυσιολογικά παιδιά (28,4 λεπτά) [68]. Ωστόσο στις μελέτες αυτές δεν παρουσιάζονται δεδομένα για διαφορετικές εποχές για να κάνουμε αντικειμενική σύγκριση με την παρούσα μελέτη στην οποία φαίνεται η επίδραση της εποχικότητας.

Παράλληλα, στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση, για να εξεταστεί η επίδραση της λιπώδους μάζας και της φυσικής δραστηριότητας στην πρόβλεψη παρουσίας ή απουσίας της υποβιταμίνωσης D στην παιδική ηλικιακή αυτή ομάδα (Πίνακας 7). Κατόπιν διόρθωσης για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε μόνο μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας το χειμώνα ($p\text{-value}=0,049$). Δηλαδή, φαίνεται ότι το χειμώνα για αύξηση της οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας κατά 1 λεπτό αυξάνονται τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D κατά $0,135\text{ng/ml}$, ενώ για την λιπώδη μάζα δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Τα αποτελέσματα αυτά λοιπόν επιβεβαιώνουν και πάλι ότι τους χειμερινούς μήνες είναι ιδιαίτερα σημαντικό το παιδί να συμμετέχει σε αθλήματα για την βελτίωση των επιπέδων βιταμίνης D. Η σχέση αυτή υποδεικνύει ίσως και μια έμμεση επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς με αύξηση των αθλημάτων αυξάνεται και η έκθεση στον ήλιο όταν πρόκειται για δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους.

Αντίστοιχη συσχέτιση της φυσικής δραστηριότητας με τα επίπεδα της βιταμίνης D επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες. Σε αγόρια ηλικίας 16 ετών, κατόπιν διόρθωσης για το φύλο, το ύψος, το βάρος και το στάδιο βιολογικής ανάπτυξης κατά Tanner, φάνηκε ότι ο αριθμός των αθλημάτων σχετίστηκε θετικά με την βιταμίνη D υποδεικνύοντας ότι με ένα άθλημα επιπλέον τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D μπορούν να βελτιωθούν κατά $0,03\text{ng/ml}$. Η συνολική έκθεση στον ήλιο δεν έδωσε κάποια σημαντική συσχέτιση στην μελέτη αυτή. Φάνηκε λοιπόν και σε αυτή την μελέτη ότι η ανεπάρκεια βιταμίνης D είναι αυξημένη τους χειμερινούς μήνες και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την συμμετοχή σε αθλήματα που με την σειρά τους συνδέονται με την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία [36]. Εκτός από τα αθλήματα βελτίωση των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D παρατηρήθηκε και με την έντονη φυσική δραστηριότητα [74]. Σε μελέτη που αφορούσε μόνο έφηβες κοπέλες, μετά από προσαρμογή για εφηβικό στάδιο, παράγοντες φυσικής δραστηριότητας και πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D, οι σημαντικότεροι παράγοντες για χαμηλά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D ήταν ο ΔΜΣ, η κατανάλωση γάλακτος, τα αθλήματα και η φυσική δραστηριότητα. Συγκριμένα φάνηκε ότι η συμμετοχή σε αθλήματα αυξάνει τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης κατά $0,061\text{nmol/l}$ και αύξηση συνολικής φυσικής δραστηριότητας επιπλέον 1 ώρα/εβδομάδα βελτιώνει τα επίπεδα της βιταμίνης D κατά $0,024\text{ng/ml}$. Μείωση του ΔΜΣ κατά 1 μονάδα φάνηκε ότι αυξάνει τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D κατά $0,013\text{ng/ml}$ και παρόλο που βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και ΔΜΣ και φυσικής δραστηριότητας, μόνο

ο ΔΜΣ φάνηκε να είναι ένας θετικός ανεξάρτητος προγνωστικός δείκτης [25]. Ο ΔΜΣ έχει δείξει σε πολλές μελέτες σημαντική συσχέτιση με τα επίπεδα της βιταμίνης D. Το να είναι παχύσαρκο ένα παιδί ($\Delta\text{ΜΣ} > 95^{\circ}$ εκατοστημόριο) σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο υποβιταμίνωσης D μετά από προσαρμογή για φυσική δραστηριότητα, χρόνος παρακολούθησης τηλεόρασης, τύπος δέρματος, πρόσληψη γάλακτος/ γιαουρτιού, ψαριού, τυριού και αναψυκτικών [70]. Τα παχύσαρκα παιδιά φαίνεται να έχουν διπλάσια πιθανότητα να εμφανίσουν υποβιταμίνωση D σε σχέση με φυσιολογικού βάρους παιδιά [14]. Ωστόσο υπάρχουν και άλλες μελέτες σε παιδικό πληθυσμό που δεν βρήκαν συσχέτιση ΔΜΣ με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D [66, 73]. Εκτός από τον ΔΜΣ ως δείκτη παχυσαρκίας, μερικές μελέτες δείχνουν και την επίδραση της σύστασης σώματος, της λιπώδους μάζας στα επίπεδα βιταμίνης D. Οι Dong et al, έδειξαν ότι η φυλή (48%), η εποχή (3%), η συνολική λιπώδης μάζα (1%) και η έντονη φυσική δραστηριότητα (1%) είναι οι παράγοντες που συνεισφέρουν στο 53% της διακύμανσης των επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D, ενώ η ηλικία, το φύλο, το Tanner stage, το ύψος, το σπλαχνικό και υποδόριο λίπος ή η φυσική κατάσταση δεν συνεισφέρουν στην διακύμανση αυτή [24]. Η αυξημένη λιπώδης μάζα [65] και το ποσοστό σωματικού λίπους [26] φάνηκαν να μειώνουν τα επίπεδα της βιταμίνης D και σε άλλες μελέτες. Ωστόσο, σε άλλη μελέτη σε παιδικό πληθυσμό η λιπώδης μάζα και η άλιπη μάζα σώματος μετά από διόρθωση για το ύψος δεν φάνηκε να σχετίζεται με τα επίπεδα βιταμίνης D. Μόνο η μεγαλύτερη ηλικία, η μαύρη φυλή, οι χειμερινοί μήνες και η χαμηλή πρόσληψη βιταμίνης D σχετίστηκαν σημαντικά με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D [66].

Συσχέτιση υποβιταμίνωσης D και παχυσαρκίας έχει αποδειχθεί και σε ενήλικες, όπου η αύξηση της λιπώδους μάζας ή του ποσοστού λίπους συμβάλλει στην μείωση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D [22, 72, 76]. Οι συσχετίσεις που αναφέρονται μεταξύ λιπώδους μάζας και υποβιταμίνωσης D είτε σε ενήλικες είτε σε παιδιά μπορεί να ανατρέπονταν στην περίπτωση που μετριόταν η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία με δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους, καθώς τα υπέρβαρα άτομα μπορεί να έχουν μικρότερη έκθεση στον ήλιο και επομένως από αυτό να πηγάζει και η υποβιταμίνωση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο επιπολασμός της υποβιταμίνωσης D (επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D <25ng/ml) στο σύνολο του δείγματος και ανεξαρτήτου εποχής αγγίζει το 27%, ενώ παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ φύλου, με τα κορίτσια να εμφανίζουν πολύ υψηλότερα ποσοστά. Τους χειμερινούς μήνες ο επιπολασμός της υποβιταμίνωσης D αυξάνει στο 41,9%, ενώ το καλοκαίρι πέφτει στο 12,1%. Η διαφορά αυτή μεταξύ των εποχών υπογραμμίζει την αξία της έκθεσης στον ήλιο για την επιδερμική σύνθεση της βιταμίνης D, εφόσον και το 90% της βιταμίνης D στον ανθρώπινο οργανισμό προέρχεται από της σύνθεση στο δέρμα μέσω της UV ακτινοβολίας. Ωστόσο, οι διαφορετικές κατωφλικές τιμές που χρησιμοποιεί ο κάθε ερευνητής για τον ορισμό της υποβιταμίνωσης, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ της μαύρης και της λευκής φυλής, καθώς και οι διαφορές μεταξύ χωρών διαφορετικού γεωγραφικού πλάτους δυσκολεύουν την ορθή σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι τα ποσοστά υποβιταμίνωσης ήταν χαμηλότερα στην Ελλάδα από ότι σε Αμερική και Ευρώπη, γεγονός που μπορεί να δικαιολογηθεί από την ηλιοφάνεια στη χώρα αυτή.

Τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D συσχετίστηκαν αρνητικά με παραμέτρους σύστασης σώματος όπως ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ), το σύνολο των δερματοπτυχών, η λιπώδης μάζα (kg), η άλιπη μάζα σώματος (kg) και το κοιλιακό λίπος (%). Όσον αφορά την άλιπη μάζα σώματος, μελετώντας και το ποσοστό της η αρνητική συσχέτιση εξαλείφθηκε. Κάνοντας διόρθωση για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner, ο ΔΜΣ και η λιπώδης μάζα (kg) διατήρησαν την αρνητική συσχέτιση με τα επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D, γεγονός που υποδεικνύει την ισχυρή επίδραση του ΔΜΣ και της λιπώδους μάζας στα χαμηλά επίπεδα 25-υδροξυβιταμίνης D. Εξετάζοντας την επίδραση της εποχικότητας, τους χειμερινούς μήνες ο ΔΜΣ και η περιφέρεια μέσης σχετίζονται αρνητικά με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D, ενώ οποιαδήποτε στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε εξαλείφεται το καλοκαίρι υποδεικνύοντας την σημαντικότητα της εποχικότητας και της επίδρασης του ηλίου.

Όσον αφορά την φυσική δραστηριότητα παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση με τα επίπεδα της 25-υδροξυβιταμίνης D μόνο για την οργανωμένη φυσική δραστηριότητα (αθλήματα) και συγκεκριμένα τους χειμερινούς μήνες. Η θετική συσχέτιση αυτή δείχνει πόσο σημαντική είναι η άσκηση, καθώς αυξάνει άμεσα αλλά και έμμεσα τα επίπεδα της βιταμίνης D μέσω μεγαλύτερης έκθεσης στον ήλιο σε δραστηριότητες εξωτερικών χώρων και μικρότερο σωματικό βάρος και λιπώδη μάζα στα πιο δραστήρια άτομα.

Στην παρούσα μελέτη τα κορίτσια μπορούν να χαρακτηριστούν ως «ευαίσθητη» ομάδα καθώς παρουσίαζαν πολύ υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης από τα αγόρια και συσχετίσεις βιταμίνης D με όλες τις παραμέτρους σύστασης σώματος καθώς και με την οργανωμένη φυσική δραστηριότητα. Τα αυξημένα αυτά ποσοστά μπορεί να οφείλονται στην μικρότερη έκθεση στον ήλιο, καθώς τα κορίτσια είναι λιγότερο δραστήρια αλλά ίσως και στο αυξημένο κοιλιακό λίπος που μπορεί τελικά να συνδέει την υποβιταμίνωση με την κεντρική παχυσαρκία γεγονός που απαιτεί περαιτέρω μελέτη.

Η παχυσαρκία επηρεάζει τα επίπεδα βιταμίνης D και σημειώνεται μια τάση όπου όσο αυξάνεται το σωματικό βάρος τόσο αυξάνεται και η συχνότητα εμφάνισης της υποβιταμίνωσης D. Δηλαδή, τα παχύσαρκα παιδιά έχουν υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης D από τα φυσιολογικού βάρους παιδιά, αποτελέσματα που ωστόσο στην παρούσα μελέτη δεν φάνηκαν να είναι στατιστικά σημαντικά. Ο λόγος που τα παχύσαρκα παιδιά παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά υποβιταμίνωσης D από τα φυσιολογικά μπορεί να είναι είτε λόγω αυξημένου σωματικού βάρους και λιπώδους μάζας, είτε λόγω χαμηλότερων επιπέδων φυσικής δραστηριότητας είτε λόγω μικρότερης έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία είτε εν τέλει λόγω συνδυασμού των παραπάνω παραγόντων. Στην παρούσα λοιπόν μελέτη κατόπιν ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης μετά από διόρθωση για το φύλο και το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης κατά Tanner, στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε μόνο μεταξύ επιπέδων 25-υδροξυβιταμίνης D και οργανωμένης φυσικής δραστηριότητας το χειμώνα. Τα αποτελέσματα αυτά λοιπόν επιβεβαιώνουν και πάλι ότι τα παιδιά που είναι λιγότερο δραστήρια παρουσιάζουν και χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D και προειδοποιούν ότι τους χειμερινούς μήνες είναι ιδιαίτερα σημαντικό το παιδί να συμμετέχει σε αθλήματα για την βελτίωση των επιπέδων βιταμίνης D. Η σχέση αυτή κρύβει ίσως την επίδραση της εποχικότητας και υποδεικνύει μια έμμεση επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς με αύξηση των αθλημάτων αυξάνεται και η έκθεση στον ήλιο όταν πρόκειται για δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους.

Μολοταύτα, η παρούσα μελέτη δεν θα μπορούσε να επιδείξει αιτιώδεις σχέσεις, αλλά μόνο να παράγει υποθέσεις για τον πιθανό ρόλο της σύστασης σώματος και της φυσικής δραστηριότητας στην συχνότητα εμφάνισης υποβιταμίνωσης D μεταξύ παιδιών σχολικής ηλικίας. Βεβαίως, είναι απαραίτητες περαιτέρω μελέτες στην παιδική ηλικία, με την χρήση κοινών κατωφλικών τιμών που θα ορίζουν την υποβιταμίνωση D. Με την παρούσα μελέτη δίνεται έναυσμα για μελλοντικές προοπτικές τυχαιοποιημένες μελέτες, για την καλύτερη κατανόηση των παραγόντων κινδύνου εμφάνισης υποβιταμίνωσης D και ταυτόχρονα για τον βέλτιστο σχεδιασμό αντιμετώπισης του προβλήματος από πλευράς πολιτικής δημόσιας υγείας.

Η σύσταση σώματος και η φυσική δραστηριότητα αποτελούν τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση υποβιταμίνωσης και μια τέτοια προσέγγιση για αλλαγή του τρόπου ζωής είναι αναγκαία από τα πρώτα στάδια της ζωής του ατόμου. Με μικρές αλλά σημαντικές αλλαγές διασφαλίζεται η καλή υγεία στην παιδική ηλικία και ταυτόχρονα στην ενήλικη ζωή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Vander A, S.J., Luciano D and Tsakopoulos M., *Φυσιολογία του ανθρώπου*. Ιατρικές Εκδόσεις Πασχάλιδης, 2001.
2. Michael J Gibney, H.H.V., Frans J Kok, *Introduction to Human Nutrition*. 2007: Blackwell Science Ltd, The Nutrition Society 2002.
3. Rovner, A.J. and K.O. O'Brien, *Hypovitaminosis D among healthy children in the United States: a review of the current evidence*. Arch Pediatr Adolesc Med, 2008. **162**(6): p. 513-9.
4. Stroud, M.L., et al., *Vitamin D - a review*. Aust Fam Physician, 2008. **37**(12): p. 1002-5.
5. Hoolihan, M.B.a.L., *Bone Health in Children and Adolescents: Implications for Client Counseling* 2011.
6. Groff, J. and G. SAS, *Advanced nutrition and human metabolism*, Belmont CA, West/Wadsworth (2005).
7. Lamberg-Allardt, C., *Vitamin D in foods and as supplements*. Prog Biophys Mol Biol, 2006. **92**(1): p. 33-8.
8. Holick, M.F., *Vitamin D deficiency*. N Engl J Med, 2007. **357**(3): p. 266-81.
9. Cashman, K.D., *Vitamin D in childhood and adolescence*. Postgrad Med J, 2007. **83**(978): p. 230-5.
10. Baynes, J.W. and M.H. Dominiczak, *Medical Biochemistry*. 2006.
11. Burnett-Bowie, S.M., *Vitamin D and fat: the chicken versus the egg*. Menopause, 2009. **16**(4): p. 637-8.
12. Mithal, A., et al., *Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D*. Osteoporos Int, 2009. **20**(11): p. 1807-20.
13. Dawson-Hughes, B., et al., *Estimates of optimal vitamin D status*. Osteoporos Int, 2005. **16**(7): p. 713-6.

14. Saintonge, S., H. Bang, and L.M. Gerber, *Implications of a new definition of vitamin D deficiency in a multiracial us adolescent population: the National Health and Nutrition Examination Survey III*. Pediatrics, 2009. **123**(3): p. 797-803.
15. Lips, P., *Vitamin D status and nutrition in Europe and Asia*. J Steroid Biochem Mol Biol, 2007. **103**(3-5): p. 620-5.
16. Lapatsanis, D., et al., *Vitamin D: a necessity for children and adolescents in Greece*. Calcif Tissue Int, 2005. **77**(6): p. 348-55.
17. Μανιός, Ι., *Διατροφική Αξιολόγηση*, Ι. Εκδόσεις. 2007: Π.Χ Πασχαλίδης.
18. Hypponen, E. and C. Power, *Vitamin D status and glucose homeostasis in the 1958 British birth cohort: the role of obesity*. Diabetes Care, 2006. **29**(10): p. 2244-6.
19. Looker, A.C., *Do body fat and exercise modulate vitamin D status?* Nutr Rev, 2007. **65**(8 Pt 2): p. S124-6.
20. Wortsman, J., et al., *Decreased bioavailability of vitamin D in obesity*. Am J Clin Nutr, 2000. **72**(3): p. 690-3.
21. Moschonis, G., et al., *Association between serum 25-hydroxyvitamin D levels and body composition in postmenopausal women: the postmenopausal Health Study*. Menopause, 2009. **16**(4): p. 701-7.
22. Arunabh, S., et al., *Body fat content and 25-hydroxyvitamin D levels in healthy women*. J Clin Endocrinol Metab, 2003. **88**(1): p. 157-61.
23. Parikh, S.J., et al., *The relationship between obesity and serum 1,25-dihydroxy vitamin D concentrations in healthy adults*. J Clin Endocrinol Metab, 2004. **89**(3): p. 1196-9.
24. Dong, Y., et al., *Low 25-hydroxyvitamin D levels in adolescents: race, season, adiposity, physical activity, and fitness*. Pediatrics, 2010. **125**(6): p. 1104-11.
25. Foo, L.H., et al., *Relationship between vitamin D status, body composition and physical exercise of adolescent girls in Beijing*. Osteoporos Int, 2009. **20**(3): p. 417-25.
26. McKinney, K., C.R. Breitkopf, and A.B. Berenson, *Association of race, body fat and season with vitamin D status among young women: a cross-sectional study*. Clin Endocrinol (Oxf), 2008. **69**(4): p. 535-41.

27. Rajakumar, K., et al., *Vitamin D status and response to Vitamin D(3) in obese vs. non-obese African American children*. Obesity (Silver Spring), 2008. **16**(1): p. 90-5.
28. Reinehr, T., et al., *Vitamin D status and parathyroid hormone in obese children before and after weight loss*. Eur J Endocrinol, 2007. **157**(2): p. 225-32.
29. WHO. http://www.who.int/topics/physical_activity/en/index.html.
30. WHO, <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/en/index.html>.
31. WHO, *Global Recommendations on Physical Activity for Health*.
32. Dinas, P.C., Y. Koutedakis, and A.D. Flouris, *Effects of exercise and physical activity on depression*. Ir J Med Sci, 2011. **180**(2): p. 319-25.
33. Anand, S., et al., *Vitamin D deficiency, self-reported physical activity and health-related quality of life: the Comprehensive Dialysis Study*. Nephrol Dial Transplant, 2011.
34. Kluczynski, M.A., et al., *Duration of Physical Activity and Serum 25-hydroxyvitamin D Status of Postmenopausal Women*. Ann Epidemiol, 2011. **21**(6): p. 440-9.
35. Scragg, R. and C.A. Camargo, Jr., *Frequency of leisure-time physical activity and serum 25-hydroxyvitamin D levels in the US population: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey*. Am J Epidemiol, 2008. **168**(6): p. 577-86; discussion 587-91.
36. Jones, G., et al., *Vitamin D insufficiency in adolescent males in Southern Tasmania: prevalence, determinants, and relationship to bone turnover markers*. Osteoporos Int, 2005. **16**(6): p. 636-41.
37. Maimoun, L. and C. Sultan, *Effect of physical activity on calcium homeostasis and calciotropic hormones: a review*. Calcif Tissue Int, 2009. **85**(4): p. 277-86.
38. Heaney, R.P., et al., *Vitamin D3 distribution and status in the body*. J Am Coll Nutr, 2009. **28**(3): p. 252-6.
39. Bischoff-Ferrari, H.A., et al., *Vitamin D receptor expression in human muscle tissue decreases with age*. J Bone Miner Res, 2004. **19**(2): p. 265-9.
40. Pfeifer, M., B. Begerow, and H.W. Minne, *Vitamin D and muscle function*. Osteoporos Int, 2002. **13**(3): p. 187-94.

41. Scott, D., et al., *A prospective study of the associations between 25-hydroxy-vitamin D, sarcopenia progression and physical activity in older adults*. Clin Endocrinol (Oxf), 2010. **73**(5): p. 581-7.
42. Houston, D.K., et al., *Association between vitamin D status and physical performance: the InCHIANTI study*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2007. **62**(4): p. 440-6.
43. Lohman, T.G., A.F. Roche, and R. Martorell, *Anthropometric standardization reference manual*. Abridged ed. 1991, Champaign, Ill.: Human Kinetics Books. vi, 90 p.
44. Cole, T.J., et al., *Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey*. Bmj, 2000. **320**(7244): p. 1240-3.
45. 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.
46. 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.
47. Nielsen, B.M., et al., *Prediction of fat-free body mass from bioelectrical impedance among 9- to 11-year-old Swedish children*. Diabetes Obes Metab, 2007. **9**(4): p. 521-39.
48. Browning, L.M., et al., *Validity of a New Abdominal Bioelectrical Impedance Device to Measure Abdominal and Visceral Fat: Comparison With MRI*. Obesity (Silver Spring).
49. Tanner, J.M., *Growth at adolescence*. 1955, Oxford: Blackwell Scientific. 212.
50. 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.
51. Li, C., et al., *Recent trends in waist circumference and waist-height ratio among US children and adolescents*. Pediatrics, 2006. **118**(5): p. e1390-8.
52. Denney-Wilson, E., et al., *Body mass index, waist circumference, and chronic disease risk factors in Australian adolescents*. Arch Pediatr Adolesc Med, 2008. **162**(6): p.566-73
53. Jackson, R.T., et al., *Age- and gender-specific smoothed waist circumference percentiles for Kuwaiti adolescents*. Med Princ Pract, 2010. **19**(4): p. 269-74.

54. Kim, J.A. and H.S. Park, *Association of abdominal fat distribution and cardiometabolic risk factors among obese Korean adolescents*. Diabetes Metab, 2008. **34**(2): p. 126-30.
55. Tchoukalova, Y.D., et al., *Sex- and depot-dependent differences in adipogenesis in normal-weight humans*. Obesity (Silver Spring), 2010. **18**(10): p. 1875-80.
56. Fox, C.S., et al., *Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study*. Circulation, 2007. **116**(1): p. 39-48.
57. Kwon, J.H., et al., *Association of visceral fat and risk factors for metabolic syndrome in children and adolescents*. Yonsei Med J, 2011. **52**(1): p. 39-44.
58. He, Q., et al., *Sex and race differences in fat distribution among Asian, African-American, and Caucasian prepubertal children*. J Clin Endocrinol Metab, 2002. **87**(5): p. 2164-70.
59. Taylor, R.W., et al., *Sex differences in regional body fat distribution from pre- to postpuberty*. Obesity (Silver Spring), 2010. **18**(7): p. 1410-6.
60. He, Q., et al., *Higher insulin, triglycerides, and blood pressure with greater trunk fat in Tanner 1 Chinese*. Obesity (Silver Spring), 2007. **15**(4): p. 1004-11.
61. Taylor, R.W., et al., *Waist circumference as a measure of trunk fat mass in children aged 3 to 5 years*. Int J Pediatr Obes, 2008. **3**(4): p. 226-33.
62. D. Martinez-Gomez, et al., *Associations of physical activity and fitness with adipocytokines in adolescents: The AFINOS study*. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases, 2010.
63. Hohepa, M., et al., *Pedometer-determined physical activity levels of adolescents: differences by age, sex, time of week, and transportation mode to school*. J Phys Act Health, 2008. **5 Suppl 1**: p. S140-52.
64. Reis, J.P., et al., *Vitamin D status and cardiometabolic risk factors in the United States adolescent population*. Pediatrics, 2009. **124**(3): p. e371-9.
65. Alemzadeh, R., et al., *Hypovitaminosis D in obese children and adolescents: relationship with adiposity, insulin sensitivity, ethnicity, and season*. Metabolism, 2008. **57**(2): p. 183-91.

66. Weng, F.L., et al., *Risk factors for low serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in otherwise healthy children and adolescents*. Am J Clin Nutr, 2007. **86**(1): p. 150-8.
67. Looker, A.C., et al., *Serum 25-hydroxyvitamin D status of adolescents and adults in two seasonal subpopulations from NHANES III*. Bone, 2002. **30**(5): p. 771-7.
68. Bener, A., M. Al-Ali, and G.F. Hoffmann, *High prevalence of vitamin D deficiency in young children in a highly sunny humid country: a global health problem*. Minerva Pediatr, 2009. **61**(1): p. 15-22.
69. Oren, Y., et al., *Vitamin D insufficiency in a sunny environment: a demographic and seasonal analysis*. Isr Med Assoc J, 2010. **12**(12): p. 751-6.
70. Elizondo-Montemayor, L., et al., *Serum 25-hydroxyvitamin d concentration, life factors and obesity in Mexican children*. Obesity (Silver Spring), 2010. **18**(9): p. 1805-11.
71. Smotkin-Tangorra, M., et al., *Prevalence of vitamin D insufficiency in obese children and adolescents*. J Pediatr Endocrinol Metab, 2007. **20**(7): p. 817-23.
72. Looker, A.C., *Body fat and vitamin D status in black versus white women*. J Clin Endocrinol Metab, 2005. **90**(2): p. 635-40.
73. Kremer, R., et al., *Vitamin D status and its relationship to body fat, final height, and peak bone mass in young women*. J Clin Endocrinol Metab, 2009. **94**(1): p. 67-73.
74. Arguelles, L.M., et al., *Heritability and environmental factors affecting vitamin D status in rural Chinese adolescent twins*. J Clin Endocrinol Metab, 2009. **94**(9): p. 3273-81.
75. Bener, A., M. Al-Ali, and G.F. Hoffmann, *Vitamin D deficiency in healthy children in a sunny country: associated factors*. Int J Food Sci Nutr, 2009. **60 Suppl 5**: p. 60-70.
76. Vilarrasa, N., et al., *Low 25-hydroxyvitamin D concentrations in obese women: their clinical significance and relationship with anthropometric and body composition variables*. J Endocrinol Invest, 2007. **30**(8): p. 653-8.
77. Ward, M., et al., *Working patterns and vitamin D status in mid-life: a cross-sectional study of the 1958 British birth cohort*. Occup Environ Med, 2011.