



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ-ΚΛΙΝΙΚΟΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΟΝΑΔΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

**Σύγκριση των βιολογικών δράσεων φυσικών προϊόντων διατροφής
Απαραίτητα Ιχνοστοιχεία (Zn,Cu) σε διατροφικά προϊόντα σχολικών
κυλικείων και η σχέση τους με τη σωματική-πνευματική ανάπτυξη των
παιδιών-καταναλωτών**

ΔΗΜΗΤΡΑ ΦΙΛΙΟΥ
ΧΗΜΙΚΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ-ΚΛΙΝΙΚΟΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΟΝΑΔΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

**Σύγκριση των βιολογικών δράσεων φυσικών προϊόντων διατροφής
Απαραίτητα Ιχνοστοιχεία (Zn,Cu) σε διατροφικά προϊόντα σχολικών
κυλικείων και η σχέση τους με τη σωματική-πνευματική ανάπτυξη των
παιδιών-καταναλωτών**

ΔΗΜΗΤΡΑ ΦΙΛΙΟΥ
ΧΗΜΙΚΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2014

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα Ν.5343/32 άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος).

Ημερομηνία αίτησης της κ. Φίλιου Δήμητρας: 26-6-1998

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 371^α/22-12-1998

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων

Ευαγγέλου Άγγελος, Αναπληρωτής Καθηγητής Φυσιολογίας

Μέλη

Καλφακάκου Βασιλική, Επίκουρη Καθηγήτρια Φυσιολογίας

Τσελέπης Αλέξανδρος, Επίκουρος Καθηγητής Χημείας, Τμήματος Χημείας, Παν/μίου Ιωαννίνων

Ανασύσταση Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: Αριθμ Συνεδρ. 596^α/12-12-2006

Επιβλέπων

Καλφακάκου Βασιλική, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Φυσιολογίας

Μέλη

Ευαγγέλου Άγγελος, Καθηγητής Φυσιολογίας

Κούτρας Βασίλειος, Επίκουρος Καθηγητής Ειδικής Αγωγής, Τμήματος Νηπιαγωγών, Παν/μίου Ιωαννίνων

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 28-11-2002

«Σύγκριση των βιολογικών δράσεων φυσικών προϊόντων διατροφής-Απαραίτητα ιχνοστοιχεία (Zn, Cu) σε διατροφικά προϊόντα σχολικών κυλικείων και η σχέση τους με την σωματική-πνευματική ανάπτυξη των παιδιών-καταναλωτών».

ΛΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ : 735^α/8-5-2012

1. Αλμπάνης Τριαντάφυλλος, Καθηγητής Χημείας-Τεχνολογίας Ελέγχου και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Χημείας, Παν/μίου Ιωαννίνων
2. Ευαγγέλου Άγγελος, Καθηγητής Φυσιολογίας, Ιατρικής Σχολής, Παν/μίου Ιωαννίνων
3. Σιαμοπούλου-Μαυρίδου Αντιγόνη, Καθηγήτρια Παιδιατρικής, Ιατρικής Σχολής, Παν/μίου Ιωαννίνων
4. Καλφακάκου Βασιλική, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Φυσιολογίας, Ιατρικής Σχολής, Παν/μίου Ιωαννίνων
5. Κιόρτσης Δημήτριος-Νικηφόρος, Αναπληρωτής Καθηγητής Φυσιολογίας, Ιατρικής Σχολής, Παν/μίου Ιωαννίνων

-
6. Κούτρας Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής Αγωγής Υγείας, Τμήματος Νηπιαγωγών, Παν/μίου Ιωαννίνων
 7. Παπαδοπούλου Χρυσάνθη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Μικροβιολογίας, Ιατρικής Σχολής, Παν/μίου Ιωαννίνων

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 12-7-2013

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ

Τζαφλίδου Μαργαρίτα

Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσικής



Στη Μητέρα μου

Στο Χρήστο

Στη Χαρά

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διατροφή και οι διατροφικές συνήθειες παιδιών και εφήβων, στη σύγχρονη εποχή, χαρακτηρίζονται σε μεγάλο βαθμό από την κατανάλωση προϊόντων που είναι γνωστά ως ενδιάμεσα γεύματα (σνακ) τα οποία καταναλώνονται από ορισμένες συνθήκες μπορεί να αντικαταστήσουν κάποιο ή κάποια από τα κύρια γεύματα. Η ημερήσια πρόσληψη των απαραίτητων μεταλλικών ιχνοστοιχείων όπως ο ψευδάργυρος (Zn) ή ο χαλκός (Cu) είναι επίσης επηρεασμένη από το διατροφικό πρότυπο της νεολαίας. Τα ανωτέρω μεταλλικά ιχνοστοιχεία είναι δυνατόν να περιέχονται ελλιπώς στα προϊόντα τύπου σνακ με αποτέλεσμα, όταν αυτά υποκαθιστούν πλήρως τα γεύματα, να ενοχοποιούνται για υστέρηση της σωματοδιαφορικής ανάπτυξης και ωρίμανσης των ενδοκρινικών και μεταβολικών γενικότερα λειτουργιών του αναπτυσσόμενου οργανισμού, αλλαγές συμπεριφοράς, δομικές-λειτουργικές μεταβολές του γενετικού υλικού και διαταραχές του μεταβολισμού και των ψυχικών λειτουργιών που είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε βουλιμικές ή ανορεκτικές συμπεριφορές.

Επί πλέον στα παιδιά της γυμνασιακής ηλικίας επιβάλλονται πρότυπα εμφάνισης που είναι δυνατόν συνεργικά να επηρεάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες και να επιτείνουν τις πιθανές ελλείψεις απαραίτητων στοιχείων.

Ο ελάχιστος ελεύθερος χρόνος που διαθέτουν τα παιδιά αυτής της ηλικίας είναι ένας άλλος παράγον που τα ωθεί σε γεύματα τύπου σνακ καθώς καταναλώνονται στο σχολείο το πρωί αλλά και το απόγευμα κατά τις μετακινήσεις μεταξύ των διαφόρων εκπαιδευτικών ή άλλων δραστηριοτήτων.

Τα ιχνοστοιχεία Zn και Cu ειδικότερα είναι δυνατόν να αποτελέσουν < **δείκτη ποιότητας** > των γευμάτων, αν υπολογισθεί η **πυκνότητα των μετάλλων** αυτών στα τρόφιμα. Οι συγκεντρώσεις των απαραίτητων μεταλλικών ιχνοστοιχείων σε διάφορα τρόφιμα γεύματα, συμπεριλαμβανομένων των σνακ, καθώς και η συμβολή τους στην ημερήσια απαίτηση αποτελεί έναν από τους ερευνητικούς τομείς της Μονάδας Περιβαλλοντικής Φυσιολογίας, του Εργαστηρίου Φυσιολογίας, της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στην οποία εκπονήθηκε η εργασία αυτή υπό την επίβλεψη της υπεύθυνης της μονάδας, καθηγήτριας κυρίας Βασιλικής Καλφακάκου. Η παρούσα διδακτορική διατριβή δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς υποστήριξη, καθοδήγηση και συνεργασία. Ειδικά επιθυμώ να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κυρία

Βασιλική Καλφακάκου για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί της.

Ευχαριστώ επίσης:

Τον Καθηγητή Φυσιολογίας και Διευθυντή του εργαστηρίου Πειραματικής Φυσιολογίας κύριο Άγγελο Ευαγγέλου μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής για την καθοδήγησή του και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Τον κύριο Βασίλειο Κούτρα Αναπληρωτή Καθηγητή Αγωγής Υγείας του Τμήματος Νηπιαγωγών μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής για την ουσιαστική καθοδήγηση και τις εύστοχες υποδείξεις του.

Τον κύριο Δημήτριο Κιόρτση Καθηγητή Φυσιολογίας μέλος της Επταμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής για την επιστημονική καθοδήγησή του σε θέματα εφηβικής διατροφής.

Την κυρία Παπαδοπούλου Χρυσάνθη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Μικροβιολογίας μέλος της Επταμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής για τις πολύτιμες συμβουλές και την συμπαράστασή της.

Τον Καθηγητή Χημείας-Τεχνολογίας Ελέγχου και Προστασίας Περιβάλλοντος, κύριο Αλμπάνη Τριαντάφυλλο μέλος της Επταμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής.

Την κυρία Σιαμοπούλου-Μαυρίδου Αντιγόνη, Καθηγήτρια Παιδιατρικής μέλος της Επταμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής .τον κύριο Παναγιώτη Γκορέζη, επιστημονικό συνεργάτη του εργαστηρίου, με τη βοήθεια του οποίου ολοκληρώθηκε η συλλογή των δειγμάτων των εφήβων.

Ευχαριστώ από καρδιάς τα μέλη ΕΔΤΠ του Εργαστηρίου Φυσιολογίας, κυρίους Νίκο Γκάλκο , Παναγιώτη Γρίβα και τις κυρίες Ευτυχία Γούλα και Χριστίνα Τζίμα για την τεχνική και γραμματειακή υποστήριξη .

Τέλος τον σύζυγό μου Χρήστο Γιαννάκο για την συμπαράσταση τη συνεχή υποστήριξη και την ενθάρυνση που μου παρείχε.

Περιεχόμενα

<u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u>	1
<u>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	9
<u>1.1. Μεταλλικά ιχνοστοιχεία</u>	9
<u>1.1.1. Ελλείψεις ιχνοστοιχείων και οι επιπτώσεις τους</u>	9
<u>1.2. Βιοφυσιολογικός ρόλος των ιχνοστοιχείων ψευδαργύρου και χαλκού</u>	12
<u>1.2.1. Βιοφυσιολογικός ρόλος του ψευδαργύρου</u>	12
<u>1.2.2. Πρωτεΐνες - ένζυμα του Zn</u>	15
<u>1.2.3. Ομοιόσταση του ψευδαργύρου</u>	17
<u>1.2.3.1. Απορρόφηση του διατροφικού Zn από τα εντεροκύτταρα</u>	17
<u>1.2.3.2. Μεταβολισμός και απέκκριση του Zn</u>	19
<u>1.2.4. Ο βιοφυσιολογικός ρόλος του Cu</u>	20
<u>1.2.5. Ομοιόσταση του χαλκού</u>	23
<u>1.2.5.1. Απορρόφηση και μεταφορά του χαλκού</u>	23
<u>1.2.5.2. Μεταβολισμός και απέκκριση του Cu</u>	25
<u>1.3. Διατροφή και απαραίτητα μεταλλικά ιχνοστοιχεία</u>	26
<u>1.3.1 Διατροφικές πηγές των ιχνοστοιχείων Zn και Cu</u>	26
<u>1.3.2 Θρεπτική πυκνότητα</u>	27
<u>1.3.3. Διατροφικοί διαγνωστικοί βιοδείκτες</u>	28
<u>1.3.3.1. Αποθήκες ψευδαργύρου και χαλκού ως δείκτες διατροφικής έλλειψης</u>	28
<u>1.3.4 Διατροφικά πρότυπα για τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία</u>	30
<u>1.3.4.1. Υπολογισμός των διατροφικών προτύπων</u>	34
<u>1.3.4.2. Βιοδιαθεσιμότητα βιοαποτελεσματικότητα και βιοϊσοδυναμία παράγοντες θέσπισης διατροφικών προτύπων</u>	35
<u>1.3.4.3. Επίδραση της γενετικής πολυμορφίας στις τιμές των διατροφικών απαιτήσεων</u>	36
<u>1.3.4.4. Διατροφικά πρότυπα και εφηβική ηλικία</u>	37
<u>1.3.4.5. Διεθνής εναρμόνιση θρεπτικών προτύπων</u>	37
<u>1.4. Εφηβεία διατροφή και σωματοδιανοητική ανάπτυξη</u>	38
<u>1.4.1. Διαιτητικές προτιμήσεις των εφήβων</u>	39
<u>1.4.1.1. Δείκτες της διατροφικής αξίας των σνακ</u>	40
<u>1.4.2 Σωματική ανάπτυξη των εφήβων</u>	42

1.4.2.1. Εκτίμηση της παχυσαρκίας στους εφήβους.....	42
1.4.2.2. Εφηβική Παχυσαρκία στην Ελλάδα.....	44
1.4.2.3. Μεταλλικά ιχνοστοιχεία και παχυσαρκία	44
1.4.2.4. Παχυσαρκία και έλλειψη ψευδαργύρου	46
1.4.2.5. Σχέση ψευδαργύρου-λεπτίνης στη ρύθμιση της πρόσληψης της τροφής και την μετάβαση στην αναπαραγωγική λειτουργία.....	47
1.4.3. Διατροφή και νοητική ανάπτυξη	49
1.4.3.1. Νοητική ανάπτυξη και διαιτητικές επιρροές από την πρώιμη παιδική ηλικία έως την εφηβεία.....	49
1.4.3.2. Ο ρόλος του ψευδαργύρου στη νοητική ανάπτυξη των εφήβων.....	50
1.4.4. Διατροφική εκπαίδευση των εφήβων	52
1.5. Εξαρτήματα του δέρματος και μεταλλικά ιχνοστοιχεία	53
1.5.1. Φυσιολογία των τριχών του τριχωτού της κεφαλής	53
1.5.1.1. Μορφολογία και κερατινοποίηση της ανθρώπινης τρίχας.....	53
1.5.1.2. Ενσωμάτωση και εγκατάσταση μεταλλικών ιχνοστοιχείων στις φάσεις ανάπτυξης του τριχοθυλακίου.....	55
1.5.2. Τρίχες του τριχωτού της κεφαλής ως βιοδείκτες της έκθεσης σε μέταλλα.....	57
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	61
2.1. Πληθυσμιακά δεδομένα.....	61
2.1.1. Πληθυσμιακό δείγμα.....	61
2.1.2. Κριτήρια επιλογής του δείγματος.....	61
2.1.3. Κατάταξη των παιδιών σε κατηγορίες με κριτήριο τον δείκτη μάζας σώματος.....	62
2.2. Τροφικά δείγματα.....	62
2.2.1. Συλλογή και κατηγοριοποίηση των σνακ	62
2.3. Δείγματα τριχωτού της κεφαλής.....	63
2.3.1 Αποθήκευση των δειγμάτων.....	64
2.4. Ανάλυση των δειγμάτων.....	64
2.4.1. Προετοιμασία των δειγμάτων (όξινη πέψη)	64
2.4.2. Υλικά αναφοράς.....	65
2.4.3. Ποσοτική ανάλυση των μετάλλων ψευδαργύρου και χαλκού	65
2.4.3.1. Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα.....	65
2.5. Υπολογιστικά δεδομένα.....	67
2.5.1. Ενεργειακές απαιτήσεις του πληθυσμιακού δείγματος.....	67

<u>2.5.2. Απαιτήσεις στα ιχνοστοιχεία ψευδάργυρο και χαλκό</u>	67
<u>2.5.3. Υπολογισμός της πυκνότητας των μετάλλων ψευδαργύρου και χαλκού (Zn density, Cu density)</u>	68
<u>2.6. Ερωτηματολόγιο</u>	68
<u>2.7. Στατιστική ανάλυση</u>	69
<u>3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</u>	71
<u>3.1. Χαρακτηριστικά του πληθυσμιακού δείγματος</u>	71
<u>3.2. Χαρακτηριστικά διατροφικού δείγματος</u>	73
<u>3.2.1. Χαρακτηριστικά των σνακ, που προσφέρονται από τα κυλικεία και την ελεύθερη αγορά</u>	73
<u>3.2.2. Κατανάλωση σνακ, βάσει ερωτηματολογίων</u>	78
<u>3.3. Συγκέντρωση Zn και Cu στο τριχωτό της κεφαλής</u>	88
<u>3.3.1 Σύγκριση της συγκέντρωσης Zn και Cu του τριχωτού της κεφαλής μεταξύ των δύο φύλων</u>	88
<u>3.3.2. Συσχέτιση της συγκέντρωσης Zn και Cu του τριχωτού της κεφαλής με το ΔΜΣ και το φύλο</u>	92
<u>3.4. Σχολική επίδοση και συγκεντρώσεις Zn,Cu τριχωτού κεφαλής και σνακ</u>	94
<u>4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</u>	99
<u>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	109
<u>6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	111
<u>7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	119
<u>8.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	145

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ACTH	Adrenocorticotrophic Hormone
Ctr1	Copper Transport Protein
DALY's	Disability-Adjusted Life Years
DRI's	Dietary Reference Intake's
EAR	Estimated Average Requirement
FAO	Food and Agri-culture Organization
FNB	Food and Nutrition Board
hCG	human Chorionic Gonadotropin
IAEA	International Atomic Energy Agency
IOM	Institute of Medicine
IziNCG	International Zinc Nutrition Consultative Group
MI	Micronutrient Initiative
MRE	(Metal Response Element)
MRP	Maillard reaction product
MTs	Metallothioneins
MUFA	Monounsaturated Fatty Acids
NNR	Naturally Nutrient Rich
NRF	Nutrient Rich Foods
PRI	Population Referance Intake
RDA	Recommended Dietary Allowance
SFA	Saturated Fatty Acids
UNICEF	United Nations Children's Fund
WHO	World Health Organization
ZIP	Zrt- and Irt-like protein
ΔΜΣ	Δείκτης Μάζας Σώματος
CcO	Οξειδάση του Κυτοχρώματος c
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΣΗΔ	Συνιστώμενη Ημερήσια Δόση

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Μεταλλικά ιχνοστοιχεία

1.1.1. Ελλείψεις ιχνοστοιχείων και οι επιπτώσεις τους

Βασική δομή της ζωής είναι το κύτταρο. Στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν περίπου 10^{15} διαφοροποιημένα κύτταρα.

Η διατήρηση της καλής υγείας του ανθρώπου απαιτεί την πρόσληψη επαρκών ποσοτήτων οργανικών ουσιών (πχ, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπαρά οξέα και βιταμίνες) αλλά και ανόργανων μεταλλικών στοιχείων (π.χ. ασβέστιο, σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό, ιώδιο, μαγγάνιο, μαγνήσιο και άλλα) [**Πίνακας 1.1**]. Τα χημικά αυτά συστατικά καλούνται και “σπονδυλική στήλη της επιβίωσης και εξέλιξης του ανθρώπινου είδους”. (Fanzo J., et al, 2011).

Στοιχειακή ανάλυση αρκετών εκατοντάδων φυτών και περίπου διακοσίων ειδών ζώων αποκάλυψε ότι τα βιολογικά συστήματα αποτελούνται από σχετικά ελαφρά στοιχεία, με βάση τον Περιοδικό Πίνακα, και σε αναλογία παρόμοια με αυτή που τα στοιχεία αυτά συναντώνται στην επιφάνεια της γης.

Μεταξύ των μάκρο και ιχνοστοιχείων τα Na, K, Li, Mg, Ca, Mo, Mn, Fe, Co, Cu και Zn κατατάσσονται στα απαραίτητα μέταλλα τα δε ιόντα τους παρουσιάζουν ισχυρές ικανότητες σχηματισμού συμπλόκων.

Εκτός από τα απαραίτητα μέταλλα κάποια άλλα αναγνωρίστηκαν ως ωφέλιμα για την ζωή όπως Si, V, Cr, Ni, Se, Sn, και F. Και πιθανά επίσης τα As, B, Ba, Cd, και I τα οποία πιστεύεται ότι εμπλέκονται στις πιο πρόσφατες και περισσότερο οργανωμένες μορφές ζωής. (David M. Taylor and David R. Williams 1995).

Οι διατροφικές συστάσεις για την αποφυγή ελλείψεων εξαρτώνται από την ηλικία, το φύλο, το γονότυπο, τη σωματική δραστηριότητα, την κατάσταση της υγείας και από την βιοδιαθεσιμότητα του μεταλλικού ιχνοστοιχείου.

Πίνακας 1.1. Τα 51 θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για την ζωή του ανθρώπου.

Αέρας Νερό Ενέργεια	Πρωτεΐνες (Αμινοξέα)	Λιπαρά Οξέα	Μακροστοιχεία	Ιχνοστοιχεία	Βιταμίνες
Οξυγόνο	Ιστιδίνη	Λινελαϊκό	Na	Fe	A
Νερό	Ισολευκίνη	Λινολενικό	K	Zn	D
Υδατάνθρακες	Λευκίνη		Ca	Cu	E
	Λυσίνη		Mg	Mn	K
	Μεθειονίνη		S	I	C(Ασκορβικό οξύ)
	Φαινυλαλανίνη		P	F	B1(Θειαμίνη)
	Θρεονίνη		Cl	Se	B2(Ριβοφλαβίνη)
	Τρυπτοφάνη			Si	B3(Νιασίνη)
	Βαλίνη			Mo	B5(Παντοθενικό οξύ)
				Co (B12)	B6(Πυριδοξύνη)
				B	B7(Βιοτίνη)
				Ni	B9(Φολικό οξύ)
				Cr	B12(Κοβαλαμίνη)
				V	
				As	
				Li	
				Sn	

Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε απαραίτητα ιχνοστοιχεία, όταν αυτά διετίθεντο λιγότερο επεξεργασμένα ήταν ικανοποιητική. Ελλείψεις ιχνοστοιχείων, ικανές να επηρεάσουν την υγεία των ανθρώπων, ήταν σχετικά σπάνιες. Όμως, η αύξηση του προσδόκιμου ζωής και η συχνά υψηλή επεξεργασία των τροφίμων, που οδήγησε σε απώλεια των μετάλλων και των βιταμινών, είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπτωμάτων έλλειψης των απαραίτητων ιχνοστοιχείων.

Παγκοσμίως 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση στις ημερήσια απαιτούμενες θερμίδες, ενώ τουλάχιστον 2 δισεκατομμύρια, μεταξύ των οποίων λιποβαρείς αλλά και υπέρβαροι, παρουσιάζουν ελλείψεις σε ένα ή περισσότερα απαραίτητα μικροθρεπτικά στοιχεία, φαινόμενο που ονομάζεται “ κρυφή πείνα” (hidden hunger).

Η κρυφή πείνα, σε αντίθεση με την πείνα που προέρχεται από την έλλειψη τροφής, αναφέρεται στη χρόνια έλλειψη βιταμινών και ανόργανων συστατικών, χωρίς εμφανή σημεία προειδοποίησης αλλά τελικά με καταστροφικές συνέπειες. Απαντάται τόσο σε βιομηχανικές όσο και σε υπο-ανάπτυξη χώρες (Garcia, O.P et al 2009) και μπορεί να

οδηγήσει σε νοητική υστέρηση, μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα, κακή υγεία ή και θάνατο. Ένας στους τρεις άνθρωπος παγκοσμίως υποφέρει από κρυφή πείνα. Περισσότερο πλήττονται οι γυναίκες και τα παιδιά από τις χαμηλού εισοδήματος ομάδες στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Οι ελλείψεις της βιταμίνης Α, του ψευδαργύρου και του σιδήρου αποτελούν τρεις από τους 19 μεγαλύτερους παράγοντες κινδύνου στους οποίους απόδίδονται παγκόσμια οι θάνατοι (WHO,2009).

Πρόσφατες εκτιμήσεις (Black R. et al, 2008) υποστηρίζουν ότι η μητρική και η παιδική υποθρεψία είναι η βασική αιτία 3,5 εκατομμυρίων θανάτων, θεωρείται ότι συμμετέχει κατά 35% στο σύνολο των ασθενειών των παιδιών κάτω των 5 ετών και κατά 11% στο παγκόσμιο DALY's (Disability-Adjusted Life Years), δηλαδή το άθροισμα των ετών ζωής που χάθηκαν είτε λόγω πρόωρης θνησιμότητας είτε λόγω αναπηρίας .

Επίσης 1200 εκατομμύρια έφηβοι, δηλαδή το 19% του παγκόσμιου πληθυσμού, είναι διατροφικά το πλεόν ευάλωτο τμήμα του. Οι διατροφικές απαιτήσεις των εφήβων αυξάνονται λόγω της ταχείας ανάπτυξης, με αποτέλεσμα τον επιπολασμό ελλείψεων σε απαραίτητα ιχνοστοιχεία που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την εξέλιξή τους. Οι πιθανοί μηχανισμοί εξαρτώνται από την ειδική σημασία κάθε ιχνοστοιχείου στις βιοσυνθετικές διαδικασίες.

Τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία όπως Zn, Cu, Se δρουν και ως αντιοξειδωτικά και μπορούν να παίξουν κομβικό ρόλο στην άμυνα του σώματος. Η έλλειψη από το καθημερινό διαιτολόγιο αντιοξειδωτικών ουσιών θεωρείται σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης καρκίνου καθώς και πολλών εκφυλιστικών ασθενειών (Cardoso C. et al 2013), διότι σχετίζονται με μια σειρά βιοχημικών αλλαγών και φυσιολογικών λειτουργιών (Cousins R.J., 2006). Διεθνείς ομάδες και οργανισμοί ασχολούνται με την έλλειψη ιχνοστοιχείων στους ανθρώπινους πληθυσμούς όπως:

- ✧ Institute of Medicine (IOM)
- ✧ International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG)
- ✧ Micronutrient Initiative (MI)
- ✧ EURRECA
- ✧ WHO
- ✧ Food and Agri-culture Organization (FAO)

- ✧ International Atomic Energy Agency (IAEA)
- ✧ UNICEF

Από τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία ο ρόλος των ψευδαργύρου και χαλκού διακρίνεται ως ιδιαίτερα σημαντικός καθώς τα δύο μεταλλικά ιχνοστοιχεία εμφανίζονται με ιδιάζοντα συνεργικό-ανταγωνιστικό χαρακτήρα στα βιοσυστήματα. Ο ψευδάργυρος είναι το αφθονότερο στοιχείο στον ανθρώπινο οργανισμό και την τελευταία δεκαετία πέραν της συμμετοχής του σε περισσότερα από 500 ενζυμικά συστήματα του ευκαρυωτικού κυττάρου φαίνεται να παίζει κύριο ρόλο στη λειτουργία του νευρικού συστήματος. Η σχέση του με το χαλκό που αποτελεί βασικό οξειδοαναγωγικό στοιχείο αντίστοιχων ενζυμικών συστημάτων, είναι κρίσιμη καθώς το πηλίκό τους, είτε στα τρόφιμα είτε στην κυκλοφορία είτε στους ιστούς, φαίνεται να κινείται σε ορισμένα φυσιολογικά όρια, ώστε οι δράσεις τους να καλύπτουν τις ανάγκες των οργανισμών.

1.2. Βιοφυσιολογικός ρόλος των ιχνοστοιχείων ψευδαργύρου και χαλκού

1.2.1. Βιοφυσιολογικός ρόλος του ψευδαργύρου

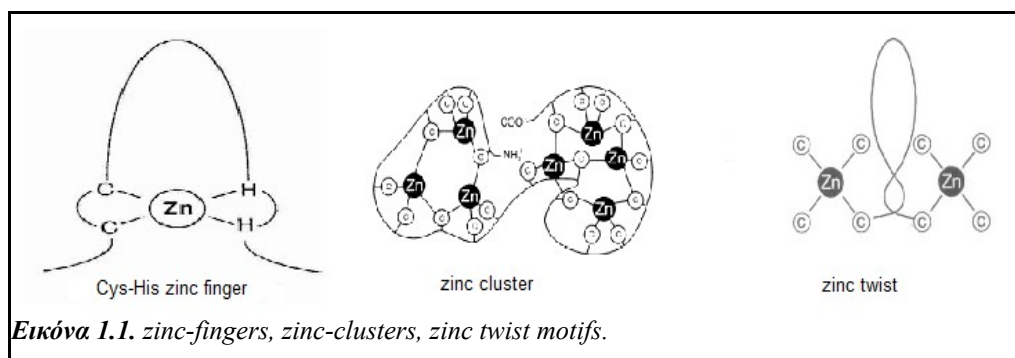
Είναι ένα στοιχείο εξαιρετικής βιολογικής αξίας για τον άνθρωπο (Hambidge K.M., 2007). Σε αντίθεση με το σίδηρο, όπου το 80% βρίσκεται αποκλειστικά συνδεδεμένο με την ομάδα της αίμης, ο ψευδάργυρος απαντάται ανάμεσα σε χιλιάδες πρωτεΐνες δυσχεραίνοντας την διάκριση της παρουσίας του και του ρόλου του σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Maret W., 2009).

Ο ψευδάργυρος είναι το δεύτερο, μετά το σίδηρο, μεταλλικό στοιχείο σε αφθονία στον ανθρώπινο οργανισμό. Συμμετέχει στα βιολογικά συστήματα ως δισθενές κατιόν (Zn^{+2}) ενώ τα σύμπλοκα που σχηματίζει είναι ανιονικά, κατιοντικά ή ουδέτερα. Τα περισσότερα σύμπλοκά του είναι τετραεδρικά. Τα ιόντα του είναι πανταχού παρόντα με υψηλή ενδοκυτταρική συγκέντρωση με τρεις βασικούς ρόλους, δομικό ρυθμιστικό και καταλυτικό (Cousins RJ., 2006) και νέα ευρήματα δείχνουν ότι λειτουργεί ως μόριο μεταγωγής σήματος σε βιολογικές διεργασίες όπως ανοσοβιολογική απόκριση και συναπτική διαβίβαση (Fukada T., 2011)

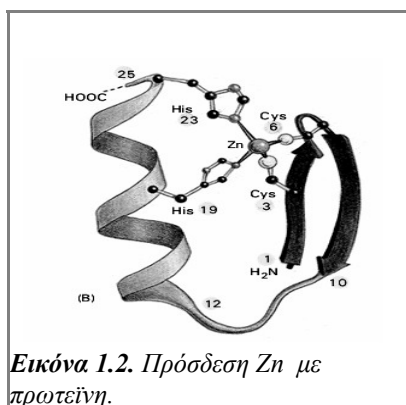
Ο ψευδάργυρος απαιτείται για την ενεργότητα 3000 πρωτεϊνών και των έξι κυρίων τάξεων των ενζύμων σύμφωνα με τους επίσημους κανόνες συστηματικής κατάταξης

τους. Οι εκτιμήσεις αυτές εξάγονται με τη βοήθεια της βιοπληροφορικής που συνετέλεσε στην κατανόηση του ψευδαργυρικού πρωτεώματος και των λειτουργιών των ψευδαργυροπρωτεϊνών. Ο αριθμός των επιδράσεων μεταξύ του ψευδαργύρου και των πρωτεϊνών είναι δυνητικά μεγαλύτερος. Αντιμέτωποι με ένα τέτοιο ευρύ φάσμα λειτουργιών οι οποίες επηρεάζουν όλους τους τομείς της κυτταρικής φυσιολογίας οι ερευνητές έχουν αρχίσει να αποκωδικοποιούν τους μοριακούς μηχανισμούς του κυτταρικού ομοιοστατικού ελέγχου του ψευδαργύρου ειδικά των μεταφορέων και των μεταλλοθειονινών (Maret W., 2013).

Ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητος για τη δημιουργία χαρακτηριστικών πρωτεϊνικών δομών (zinc fingers, zinc-twists, zinc-clusters) [Εικόνα1.1], παραγόντων σύνδεσης με το DNA και ορμονικών υποδοχέων. Συμμετέχει επίσης στους μηχανισμούς μεταβολισμού του DNA (O'Dell BL, 2000). Ο αριθμός των γονιδίων με δομές zinc fingers υπερβαίνει το 3% των περίπου 32000 ανθρώπινων γονιδίων που έχουν εντοπισθεί.



Η ευρεία χρησιμοποίηση του Zn^{+2} στα περισσότερα μεταλλοένζυμα οφείλεται στο ότι είναι οξύ (κατά Lewis) και αντιδρά έντονα με άτομα δότες ηλεκτρονίων. Η ανακάλυψη των “zinc-fingers motifs” το 1985 απέδειξε τον δομικό ρόλο του ψευδαργύρου ο οποίος δεσμεύεται τετραεδρικά συνήθως από κυστεΐνες ή ιστιδίνες [Εικόνα1.2].



Οι δομές “zinc-finger” εντοπίζονται σε μεγάλη ποικιλία πρωτεϊνών συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που εμπλέκονται στην κυτταρική διαφοροποίηση ή τον πολλαπλασιασμό, τη μεταγωγή σήματος την κυτταρική προσκόλληση ή τη μεταγραφή (Janet C King 2011).

Ένα σημαντικό ποσοστό του κυτταρικού ψευδαργύρου βρίσκεται στον πυρήνα και φαίνεται να συμμετέχει στη διατήρηση της γενετικής σταθερότητας και την ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης (Dreosti i.e., 2001).

Συμμετέχει στη σταθεροποίηση της κυτταρικής μεμβράνης και τη ρύθμιση της λειτουργίας της. Τόσο η ανάπτυξη των κυττάρων όσο και η κυτοκίνηση εξαρτώνται από το κυτταρικό περιεχόμενο σε ψευδάργυρο.

Περισσότερο από 85% του συνολικού σωματικού ψευδάργυρου βρίσκεται στους σκελετικούς μυς και στα οστά. (King & Keen, 1999). Είναι απαραίτητος για την ομαλή αύξηση και ανάπτυξη των θηλαστικών και υπάρχει σε ποσότητα 1.3 - 2.3 g στο ανθρώπινο σώμα. Η οδός απορρόφησης του Zn από την διατροφή, είναι μέσω του λεπτού εντέρου και είναι της τάξης των 15 mg/ ημέρα.

Η βιολογική αξία του Zn είναι μεγάλη και μπορεί να ταξινομηθεί ως εξής:

Είναι συμπαραγοντας ενζύμων.

Η DNA και η RNA πολυμεράση είναι μεταλλοένζυμα του Zn και κύρια συστατικά του μεταβολισμού των νουκλεϊκών οξέων.

Είναι απαραίτητος για τη δομή των νουκλεϊκών οξέων.

Ο καταβολισμός των νουκλεϊκών οξέων αναστέλλεται από τον Zn.

Συμμετέχει στην πρωτεϊνοσύνθεση.

Οι περισσότερες φάσεις της κυτταρικής διαίρεσης απαιτούν Zn.

Έχει σταθεροποιητική δράση στα κύτταρα (Ho E., 2004)

Συμμετέχει σε διάφορα μεμβρανικά συστήματα, όπως των αιμοπεταλίων, των μαστοκυττάρων των μακροφάγων, των μικροσωληνίσκων του εγκεφάλου, των σπειραματικών κυττάρων, των λευκών αιμοσφαιρίων, των σκελετικών μυών, του λεπτού εντέρου, των ηπατικών λυσοσωμάτων και των νεφρών (Kalfakakou V. et al., 1986).

Η είσοδος και η έξοδος του Zn από τα κύτταρα και τους ιστούς ελέγχεται από πολύ αποτελεσματικούς μηχανισμούς ομοιόστασης τέτοιους, ώστε να μην έχουν αναφερθεί προβλήματα από τυχόν υπερβολική συσσώρευση Zn, όπως συμβαίνει για παράδειγμα με τα Fe, Cu, Hg, Cd, Pb κ.α.

Οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες σε συνδυασμό με τις σταθερές συνδέσεις του με τα μακρομόρια και τη σπουδαία ευελιξία του, τον καθιστούν ισχυρά προσαρμόσιμο, ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες των πρωτεϊνών και των ενζύμων που εκτελούν διάφορες βιολογικές λειτουργίες.

1.2.2. Πρωτεΐνες - ένζυμα του Zn

Ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό του Zn (περίπου 50%) υπάρχει στο κυτταρόπλασμα και στα οργανίδια του, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό (30 – 40%) είναι στον πυρήνα και το υπόλοιπο ποσοστό βρίσκεται στην κυτταρική μεμβράνη. Ο ψευδάργυρος του

πλάσματος είναι κυρίως συνδεδεμένος με την λευκωματίνη (70%) ο υπόλοιπος δεσμεύεται από την α_2 – μακροσφαιρίνη (18%) καθώς και άλλες πρωτεΐνες και αμινοξέα όπως ιστιδίνη και κυστεΐνη. Δεν έχει όμως ακόμα αποδειχθεί πειραματικά αν τυχόν χαμηλά επίπεδα ψευδαργύρου στο πλάσμα οφείλονται σε κακή διατροφή ή σε μεταβολική ανακατανομή του (Gibson RS. et al., 2008). Οι τιμές του Zn του πλάσματος είναι περίπου 100μgZn/100ml πλάσματος και αντιπροσωπεύει περίπου το 1% του ολικού ψευδαργύρου.

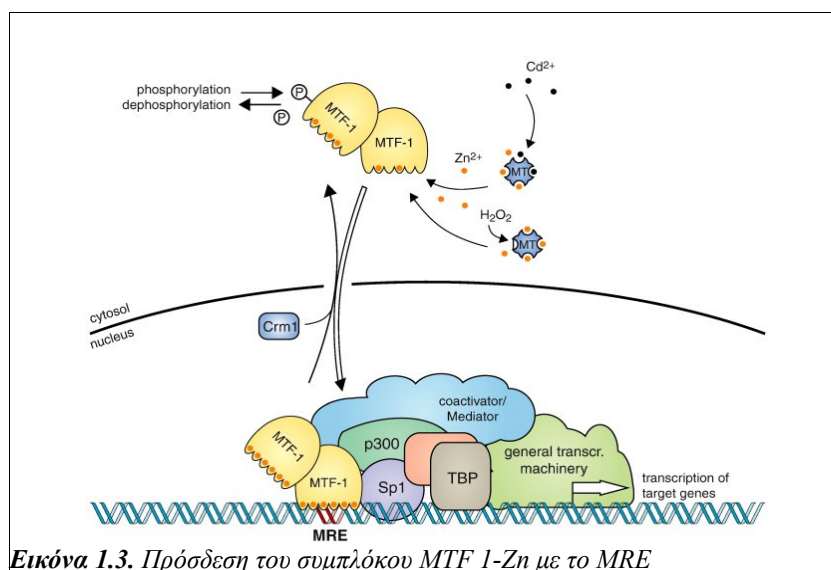
Μέσα στο κύτταρο ο Zn είναι συνδεδεμένος με μακρομόρια κυρίως με πρωτεΐνες, ένζυμα ή νουκλεοτίδια. Φαίνεται να υπάρχει ένα ρυθμιστικό σύστημα το οποίο αποθηκεύει, μεταφέρει και μεταβιβάζει Zn από έναν τύπο μακρομορίου σε άλλο. Ένα από τα συστατικά αυτής της ρυθμιστικής αλυσίδας είναι οι μεταλλοθειονίνες (MTs) οι οποίες είναι ένα μέσο προσωρινής αποθήκευσης ψευδαργύρου, με δυνατότητα δέσμευσης 7

ατόμων του σε ένα μόνο μόριό τους.

Υπάρχουν σε 4 ισομορφές MT-1, MT-2, MT-3 (που εντοπίζεται στον εγκέφαλο) και MT-4 που βρίσκεται στο πλακώδες επιθήλιο. Τα γονίδια που τις κωδικοποιούν στον άνθρωπο βρίσκονται στο χρωμόσωμα 16. Είναι μικρού μεγέθους πρωτεΐνες πλούσιες σε σουλφυδρυλομάδες, στερούνται ενζυμικής ενεργότητας, διανέμουν τον ψευδάργυρο στο μεταβολικό δίκτυο μέσω ενός οξειδοαναγωγικού μηχανισμού, βοηθούν στην αποτοξίνωση από τοξικά μέταλλα όπως το κάδμιο και προστατεύουν από το οξειδωτικό στρες (Krezel, 2007).

Υψηλότερη συγκέντρωση μεταλλοθειονίνης απαντάται στο συκώτι τα νεφρά το έντερο και το πάγκρεας. Στα δύο τελευταία όργανα τα επίπεδα MTs ανταποκρίνονται ταχύτατα στη διατροφική μεταβολή του ψευδαργύρου υποδεικνύοντας τον ρόλο των μεταλλοθειονινών στην διατήρηση της ομοιόστασής του (Coyle P. et al., 2002). Η ρύθμιση της έκφρασής τους επάγεται από μέταλλα, μέσω μεταγραφικών παραγόντων. Ένας από αυτούς ο MTF-1 ο οποίος αποκτά ικανότητα πρόσδεσης στην αλληλουχία στόχο που ονομάζεται MRE (Metal Response Element), μετά από την σύνδεσή του με τον ψευδάργυρο (Nzengue et al., 2009).

Το σύμπλοκο ψευδαργύρου-MTF-1 [Εικόνα 1.3] αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα για τη ψευδαργυροεπαγόμενη ρύθμιση του γονιδίου των μεταλλοθειονινών (Günther et al., 2012). Η μεταλλοθειονίνη του πλάσματος αλλά και των ερυθροκυττάρων είναι ευαίσθητη στον διατροφικό ψευδάργυρο (J. King. 2011).



Εικόνα 1.3. Πρόσδεση του συμπλόκου MTF 1-Zn με το MRE

1.2.3. Ομοιόσταση του ψευδαργύρου

1.2.3.1. Απορρόφηση του διατροφικού Zn από τα εντεροκύτταρα

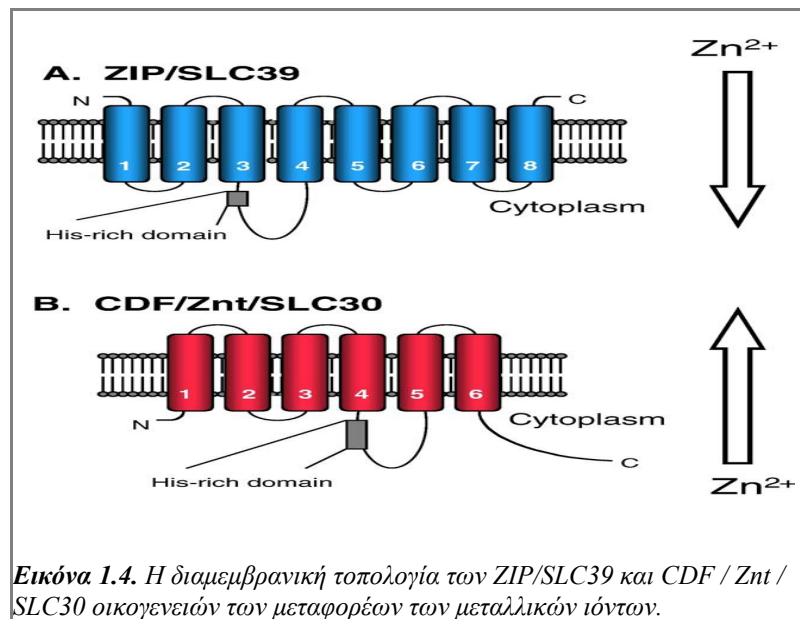
Ο ψευδάργυρος απελευθερώνεται από τα τρόφιμα ως ελεύθερο ιόν κατά την πέψη (Cousins R.J., 2006). Για τους ενήλικες ο μέσος όρος απαιτούμενου Zn είναι 10 – 15 mg/ημέρα και αυξάνεται σε 20 - 25 mg/ημέρα κατά την περίοδο της εγκυμοσύνης και της γαλουχίας. (Prasad AS., 1998).

Το γαστρεντερικό σύστημα είναι κεντρικής σημασίας για την συστηματική ομοιόσταση του ψευδαργύρου. Η απορρόφησή του γίνεται από τη νήστιδα και τον ειλέο (Lee H., 1989). Τόσο ο Zn όσο και ο Cu έχουν κοινές θέσεις πρόσδεσης στην παρυφή της ψηκτροειδούς μεμβράνης γι' αυτό και η συγκέντρωση του ενός επηρεάζει τη συγκέντρωση του άλλου.

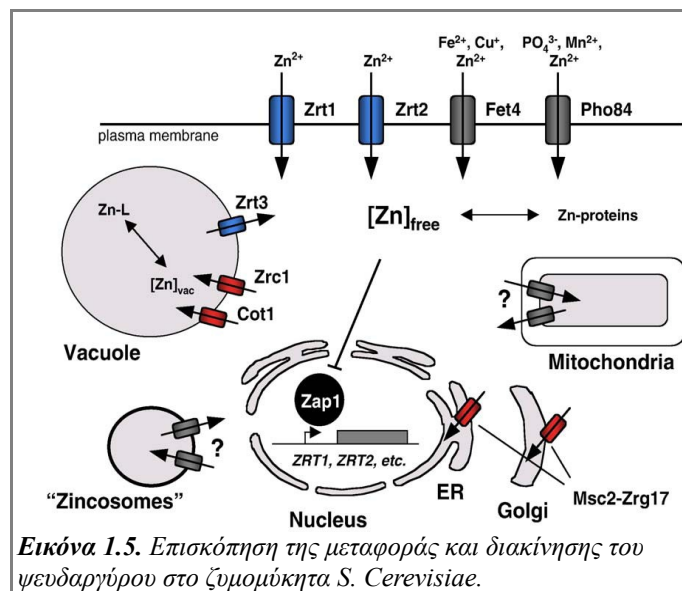
Η απορρόφηση του Zn πιστεύεται ότι γίνεται τόσο με παθητική διάχυση όσο και με τη συμμετοχή φορέων και αυξάνει ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού (Ford D., 2004). Επίσης, θεωρείται ότι ρυθμίζεται από ένα μηχανισμό feed back (ανάδρασης). Σε λήψη τροφής με χαμηλή περιεκτικότητα σε Zn, το μεγαλύτερο ποσοστό του απορροφάται από το έντερο και μεταφέρεται απ' ευθείας στο αίμα. Σε δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε Zn, έχουμε αύξηση στην παραγωγή μεταλλοθειονινών των εντερικών κυττάρων, οι οποίες δεσμεύουν ένα μεγάλο ποσοστό του και ελαττώνουν έτσι τον Zn που μεταφέρεται στο πλάσμα. Καθώς ο Zn του πλάσματος μειώνεται, έχουμε μείωση της διέγερσης της σύνθεσης της μεταλλοθειονίνης και έτσι το κλάσμα του απορροφούμενου Zn που είναι διαθέσιμο για μεταφορά στην κυκλοφορία αυξάνει (Vallee BL, 1993).

Η απορρόφηση από τα κύτταρα και η μεταφορά του από και προς τα οργανίδια γίνεται με τη βοήθεια πρωτεϊνών μεταφορέων που διευκολύνουν την κυκλοφορία του. Οι πρωτεΐνες μεταφορείς του ψευδαργύρου στα θηλαστικά σε μεγάλο βαθμό ανήκουν σε δύο συντηρημένες οικογένειες τη ZnT (SLC30) οικογένεια και την ZIP (Zrt- and Irt-like protein, SLC39) οικογένεια.

Η πρώτη οικογένεια μεταφέρει τον ψευδάργυρο από το κυτταρόπλασμα στον εξωκυττάριο χώρο ή στον αυλό των οργανιδίων. Η δεύτερη οικογένεια ZIP, είναι υπεύθυνη για την αύξηση του ψευδαργύρου στο κυτταρόπλασμα, μεταφέροντάς τον είτε από τον εξωκυττάριο χώρο είτε από τον αυλό των οργανιδίων [Εικόνα 1.4] (Louis A. et al., 2009).



Στην [Εικόνα 1.5] παρατηρούμε επισκόπηση της μεταφοράς του ψευδαργύρου στον ζυμομύκητα *S. cerevisiae*. Οι μεταφορείς της οικογένειας ZIP εμφανίζονται με μπλε χρώμα και οι μεταφορείς της οικογένειας ZnT εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα. (Eide DJ, 2006).

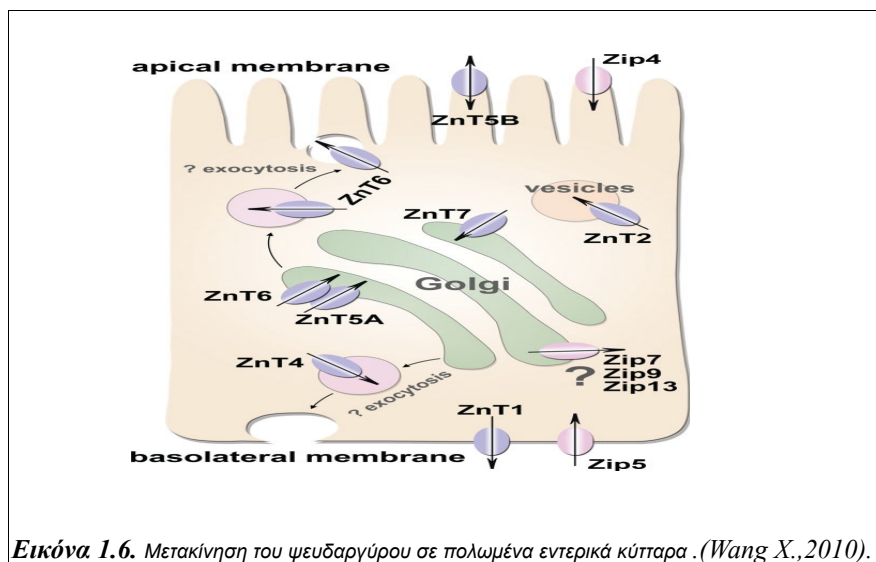


1.2.3.2. Μεταβολισμός και απέκκριση του Zn

Οι ειδικευμένες πρωτεΐνες για τη μεταφορά του ψευδαργύρου διευκολύνουν την διέλευσή του μέσω της βασηοπλευρικής μεμβράνης των εντεροκυττάρων στην πυλαία κυκλοφορία (McMahon, 1998) και από εκεί σε όλους τους ιστούς. Οι μεταφορείς του ψευδαργύρου Zip ή ZnT που εκφράζονται στα εντεροκύτταρα είναι οι ZnT1, ZnT2, ZnT4, ZnT5, ZnT6, ZnT7, Zip4 και Zip5. Το γονίδιο του ανθρώπου *ZIP4* που ευθύνεται για την εντεροπαθητική ακροδερματίτιδα, μία κληρονομική ανεπάρκεια ψευδαργύρου, μεσολαβεί στην διαιτητική πρόσληψή του από την παρυφή της ψηκτροειδούς μεμβράνης

Ο ZnT1 είναι ο μεταφορέας με τη βοήθεια του οποίου τα ιόντα ψευδαργύρου απελευθερώνονται στην κυκλοφορία του αίματος μέσω της βασηοπλευρικής μεμβράνης του πωλωμένου εντεροκυττάρου.

Η ενδοκυττάρια διακίνηση του ψευδαργύρου στα εντεροκύτταρα δεν έχει διευκρινισθεί σε μεγάλο ποσοστό. Ενδιαφέρον φαίνεται να υπάρχει στην αποκάλυψη νέων οδών που χρησιμοποιούνται από τα εντεροκύτταρα με σκοπό την απελευθέρωση του ψευδαργύρου στην κυκλοφορία του αίματος. Ένα παράδειγμα είναι η μεσολάβηση κυστιδίων εξωκύτωσης [Εικόνα 1.6].



Εικόνα 1.6. Μετακίνηση του ψευδαργύρου σε πολωμένα εντερικά κύτταρα. (Wang X., 2010).

Μεγάλες συγκεντρώσεις Zn απαντώνται στο ήπαρ χωρίς όμως αυτό να λειτουργεί ως αποθήκη (όπως στην περίπτωση του Fe). Εκεί ενωμένος με μεταλλοθειονίνες φτάνει στους νεφρούς, το πάγκρεας και σε όλους του ιστούς (Vallee BL., 1993).

Παρότι η ποσότητα του ψευδαργύρου του ορού είναι μόλις το 0,1% του συνολικού ψευδαργύρου του σώματος η ταχεία ανανέωσή του (περίπου 150 φορές την ημέρα) μεταφέρει περίπου 7400 μmol του μετάλλου δηλαδή περίπου το ένα τρίτο του συνολικού ψευδαργύρου του σώματος (Janet C. King et al,2000).

Ο Ζn απεκκρίνεται μέσω της γαστρεντερικής οδού κυρίως με τη μορφή των παγκρεατικών και χολικών απεκκρίσεων και είναι της τάξεως των 2-5 mg/ημέρα. Στην την ενδογενή παγκρεατική απέκκριση συμμετέχουν οι ZIP5, ZnT2, και ZnT1 ενώ οι ZnT2 στο θηλασμό (Louis A. et al.,2009, Lichten Laet al., 2009).

Όσο η πρόσληψη του διατροφικού ψευδαργύρου μειώνεται παρατηρείται μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφησή του με ταυτόχρονη μείωση των ενδογενών απεκκρίσεων, μηχανισμοί που αποδεικνύουν την μεταβολική αποτελεσματικότητα του μετάλλου. Μια άλλη σημαντική οδός απομάκρυνσης Ζn είναι τα ούρα, όπου χάνονται περίπου 500-800 μg Ζn/ημέρα. Αυξημένη απέκκριση Ζn μέσω ούρων παρατηρείται σε ομάδες καρκινοπαθών και μπορεί να οφείλονται σε υπερμεταβολικές ή καταβολικές καταστάσεις. Αρκετά μεγάλο ποσοστό Ζn επίσης χάνεται από τις επιδερμικές εκκρίσεις όπως τον ιδρώτα καθώς και μέσω της απόπτωσης των κυττάρων του δέρματος. Το σπέρμα είναι επίσης πλούσιο σε ψευδάργυρο και με κάθε εκσπερμάτωση αποβάλλονται περίπου 9 μmol . Μέση αύξηση μαλλιών και νυχιών έχει απώλειες της τάξης των 0,5 μmol /ημέρα. Άλλες αιτίες απώλειας Ζn είναι: ασθένειες ήπατος, διαβήτη, ασθένειες του νεφρού ολική παρεντερική θρέψη,διουρητικά φάρμακα,καθώς και χημειοθεραπευτικές ουσίες κατά του καρκίνου (Endre L. et al., 1990).

1.2.4. Ο βιοφυσιολογικός ρόλος του Cu

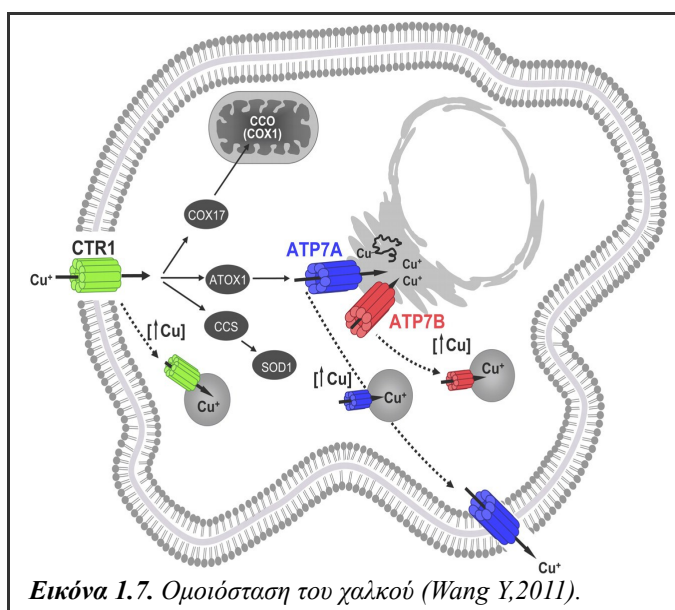
Ο χαλκός είναι ένα μεταλλικό ιχνοστοιχείο με μέγεθος πρωτεώματος μικρότερο από το 1% του συνολικού πρωτεώματος τόσο στους ευκαρυωτικούς όσο και στους προκαρυωτικούς οργανισμούς (Andreini C,2008).

Εμφανίζεται σε οξειδωτικές συνθήκες ως Cu^+ , Cu^{+2} και ως συμπράγοντας για πολλά ένζυμα, λειτουργεί σε ένα ευρύ φάσμα βιοχημικών διεργασιών όπως σύνθεση της αίμης, καρδιακή λειτουργία, μεταβολισμό του συνδετικού ιστού, διάπλαση των οστών, μυελίνωση της νωτιαίας χορδής και σύνθεση των χρωστικών των ιστών.(Puig S,2002).

Ο χαλκός έχει επίσης σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των μιτοχονδρίων, στη μεταφορά

ηλεκτρονίων και την ενζυματική σύνδεση μοριακού οξυγόνου (O_2). Κατά συνέπεια η μεταφορά του από την κυτταρική επιφάνεια σε ενδοκυτταρικά διαμερίσματα είναι κρίσιμη για πολλές βιολογικές διεργασίες.

Περίσσεια χαλκού μπορεί να είναι τοξική για τα κύτταρα. Οι κυτταρικές ανάγκες για τον χαλκό ρυθμίζονται από ένα ισχυρά συνδεδεμένο δίκτυο πρωτεϊνών που περιλαμβάνει την Ctr1 (Copper Transport Protein) πρωτεΐνη, η οποία διαμεσολαβεί στην πρόσληψή του κατά μήκος της πλασματικής μεμβράνης και οι συνοδοί του χαλκού μία ομάδα πρωτεϊνών που τον παραδίδουν σε συγκεκριμένα ένζυμα στόχους π.χ. της οξειδάσης του κυτοχρώματος, οξειδάσης της λυσίνης, οξειδασών των πολυφαινολών, αμινοξειδασών αλλά και των πολύ σημαντικών δισμουτασών υπεροξειδίων με τη μορφή χαλκοψευδαργυρικών πρωτεϊνών στο ήπαρ στα ερυθρά αιμοσφαίρια και στον εγκέφαλο αλλά και σε πολλούς άλλους ιστούς [Εικόνα 1.7].



Η μεταφορά του χαλκού στα χαλκοένζυμα προορισμού εξαρτάται από ένα περίπλοκο σύστημα μεταλλοτσαπερονών. Ο χαλκός μεταφέρεται στην μιτοχονδριακή οξειδάση του κυτοχρώματος c (CcO) μέσω ενός μονοπατιού που περιλαμβάνει τις πρωτεΐνες Cox17 και Cox1 στην κυτοπλασματική SOD μέσω ενός μονοπατιού που περιλαμβάνει την

χαλκοτσαπερόνη CCS. Επιπρόσθετα, οι κυτοπλασματικές συγκεντρώσεις ελεύθερου χαλκού διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα με την συνδρομή μεταλλοαπορροφούμενων συστημάτων όπως οι μεταλλοθειονίνες (MT) και η Ctr2 πρωτεΐνη η οποία φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην κινητοποίηση των ενδοκυττάρων δεξαμενών χαλκού στο χυμοτόπιο. (Wang Y, 2011).

Η ομοιότητα του Cu μελετάται τόσο με τη βοήθεια μικροοργανισμών μοντέλων όσο και με τον χαρακτηρισμό της μοριακής βάσης των γενετικών ασθενειών σχετιζόμενων με αυτόν, όπως νόσοι Menkes και Wilson. Μεταλλάξεις σε ένα από τα δύο ανθρώπινα γονίδια που κωδικοποιούν τις P-ATPάσες (υπέυθυνες για την μεταφορά του χαλκού) προκαλούν τις προαναφερόμενες ασθένειες, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα ελαττωματική εντερική απορρόφηση και ανισοκατανομή του Cu στο ήπαρ αντίστοιχα (Harrison M D et al 2000).

Η έλλειψη Cu συνδέθηκε, για πρώτη φορά, με την καρδιακή ανεπάρκεια το 1971, όταν παρουσιάστηκαν αιφνίδιοι θάνατοι στα βοοειδή λόγω καρδιακής βλάβης και αποδόθηκαν στη μυϊκή ατροφία και στη συνακόλουθη ίνωση του μυοκαρδίου. Ο Cu παίζει σημαντικό ρόλο στην αναπαραγωγική διαδικασία, καθώς η έλλειψή του φαίνεται να προκαλεί στειρότητα στα ινδικά χοιρίδια και στους επίμυες, ενώ στις γάτες έχει παρατηρηθεί υπερπλασία του φλοιού των επινεφριδίων καθώς και αυξημένη παραγωγή φλοιοεπινεφριδιοτρόπου ορμόνης (Adrenocorticotrophic Hormone) ACTH. Ο ρόλος του Cu είναι σημαντικός στη σύνθεση κατεχολαμινών και στη λειτουργία του μυελού των επινεφριδίων (Henkin RI. 1974, Underwood EJ. 1971). Η έλλειψη Cu, λόγω μειωμένης απορρόφησης (π.χ. ασθένεια Menkes) επηρεάζει και το κεντρικό νευρικό σύστημα κατά το στάδιο της ανάπτυξης. Έτσι γίνεται φανερό ότι ο Cu παίζει σημαντικό ρόλο στη φυσική (κινητικότητα) και διανοητική υγεία.

1.2.4.1. Πρωτεΐνες -ένζυμα του χαλκού

Οι πρωτεΐνες εκμεταλλεύονται την αναγωγική δράση του χαλκού για αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων στις οποίες ενεργεί ως συμπάράγοντας σε σημαντικές ενζυμικές οδούς. Με την ισόρροπη παρουσία του στο σώμα αποφεύγεται η τοξικότητά του και εξασφαλίζεται η απαραίτητη ποσότητα για σημαντικά ένζυμα. Η λυσινοξειδάση που περιέχει Cu^{+2} , είναι απαραίτητη για τη βιοσύνθεση του συνδετικού ιστού ενώ η δράση του

ενζύμου αυτού στο ήπαρ συνδέεται με τη σύνθεση του κολλαγόνου κατά την ηπατική ίνωση. Άλλα είδη χαλκοενζύμων στους ιστούς των θηλαστικών είναι: η σερουλοπλασμίνη (του πλάσματος), η διαμινοξειδάση (του νεφρού), η οξειδάση του κυτοχρώματος C (μιτοχόνδρια), το υπεροξειδίο της δισμουτάσης (ερυθροκύτταρα και καρδιά), η οξειδάση των ουρικών (ήπαρ και νεφρά), η β-υδροξυλάση της ντοπαμίνης (του φλοιού επινεφριδίων) (Siegel RC., 1979, Βεζυράκη Π., 1991).

Ειδικά η οξειδάση του κυτοχρώματος c (CcO). Η CcO είναι μια διαμεμβρανική οξειδοαναγωγική αντλία πρωτονίων και αποτελεί το τελικό ένζυμο της μιτοχονδριακής αλυσίδας ηλεκτρονίων. Εντοπίζεται στην εσωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη, όπου καταλύει την αναγωγή του μοριακού οξυγόνου σε νερό και αντλεί πρωτόνια κατά μήκος της μεμβράνης στο τελευταίο στάδιο της αερόβιας κυτταρικής αναπνευστικής αλυσίδας. Η ενέργεια που αποθηκεύεται από τη ροή πρωτονίων, χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη σύνθεση ATP. Η αναγωγή του O_2 σε H_2O στο καταλυτικό κέντρο της CcO επάγει ενέργεια απαραίτητη για τη μεταγωγή πρωτονίων από το μιτοχονδριακό πλέγμα (περιοχή χαμηλής πρωτονιακής συγκέντρωσης και αρνητικού ηλεκτρικού δυναμικού) στο μεσομεμβρανικό διάστημα (που βρίσκεται σε επαφή με το κυτόπλασμα, περιοχή υψηλής πρωτονιακής συγκέντρωσης και θετικού ηλεκτρικού δυναμικού). (Γκαζώνης Π, 2008)

1.2.5. Ομοιότητα του χαλκού

1.2.5.1. Απορρόφηση και μεταφορά του χαλκού

Ο χαλκός που εισέρχεται στον οργανισμό μέσω της δίαιτας απορροφάται από το στομάχι και το λεπτό έντερο. Στους ενήλικες η ποσότητα που απορροφάται είναι 2.5 mg/ημέρα. Η απέκκριση του Cu γίνεται μέσω της χολής, η οποία αποτελεί και τη σημαντικότερη απεκκριτική του οδό. Κατά τη φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού πολύ μικρές ποσότητες Cu χάνονται από τα ούρα αλλά οι απώλειες αυτές μεγαλώνουν σε περίπτωση αμινοξυουρίας. Ο Cu εισέρχεται στην πυλαία κυκλοφορία συνδεδεμένος κύρια με λευκοματίνη και πιθανώς με αμινοξέα σαν σύμπλεγμα. Η κανονική-συστηματική μεταφορά του Cu στο ήπαρ γίνεται με τη μορφή σερουλοπλασμίνης τα επίπεδα της οποίας αυξάνονται σε συνθήκες διαφόρων εντάσεων (stress) καθώς και ασθενειών. Διάφορα διαιτητικά συστατικά όπως ίνες, φυτικά οξέα, και αμινοξέα επηρεάζουν τη μεταφορά του Cu κατά το μήκος της παρυφής της εντερικής ψηκτροειδούς μεμβράνης. Ο βαθμός

πρόσληψης του Cu στο πεπτικό σύστημα ρυθμίζεται από τον ανταγωνισμό που υπάρχει στις θέσεις των σημείων σύνδεσης. Στον εντερικό αυλό μπορεί να συμβεί μια αλληλεπίδραση των ιόντων Cu και Zn. Έχει φανεί ότι διήθηση απομονωμένου εντέρου, με διαλύματα υψηλής περιεκτικότητας Zn προκαλεί μείωση της πρόσληψης του Cu από τα βλεννογόνια κύτταρα, ενώ παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε *in vitro* πειράματα. Όμως δεν είναι και τόσο ξεκάθαρο αν η περίσσεια Zn ανταγωνίζεται έναν ειδικό υποδοχέα του Cu πάνω στην ψηκτροειδή μεμβράνη ή στις ενδοκυττάρειες θέσεις ή συναγωνίζεται με τον Cu για τις ειδικές θέσεις απορρόφησης.

Επίσης έχει παρατηρηθεί (Werman MJ. et al., 1992) ότι μια δίαιτα με χαμηλή περιεκτικότητα Zn αυξάνει την πρόσληψη και την απορρόφηση του Cu αλλά και του Zn. Τόσο ο Cu όσο και ο Zn επάγουν τη μεταλλοθειονίνη, αλλά μεγαλύτερη τάση σύνδεσης παρουσιάζει ο Cu έναντι του Zn. Αυτό εξηγεί γιατί μέτρια επίπεδα μεταλλοθειονίνης στο βλεννογόνο του εντέρου προκαλούν μείωση της απορρόφησης του Cu πριν μειωθεί η απορρόφηση του Zn. Έτσι γίνεται κατανοητό πώς ένα μέρος της αλληλεπίδρασης Cu – Zn λαμβάνει χώρα καθώς αυτά διαπερνούν το εντερικό κύτταρο για να μεταφερθούν στο πλάσμα. Ο λόγος της συγκέντρωσης Cu προς τη συγκέντρωση Zn έχει κλινική σπουδαιότητα κατά τη χορήγηση δόσεων αυτών των μετάλλων.

Η κύρια πρωτεΐνη μεταφοράς Cu στο ήπαρ είναι η λευκωματίνη, στην οποία ο Cu συνδέεται αρκετά χαλαρά στο αμινοτελικό άκρο, στο N του ιμιδαζολικού δακτυλίου της ιστιδίνης στη θέση 3 και με άλλα πεπτιδικά άζωτα. Οι θέσεις σύνδεσης του Cu στο μόριο της λευκωματίνης δεν είναι κοινές συνεπώς δεν υπάρχει ανταγωνισμός και από άλλα μέταλλα (Henkin RJ., 1974,). Το 96% του Cu που κυκλοφορεί στο αίμα των θηλαστικών βρίσκεται υπό τη μορφή της σερουλοπλασμίνης, ανήκει σε μία εξελικτικά διατηρημένη ομάδα πρωτεϊνών (multicopper oxidases) και συντίθεται στο ήπαρ. Ο ρόλος της δεν είναι αρκετά σαφής (Inoue K, 2013). Φαίνεται ότι η σερουλοπλασμίνη δρα και ως πρωτεΐνη μεταφοράς και ότι ο χαλκός της ενσωματώνεται στην οξειδάση του κυτοχρώματος και σε άλλα ένζυμα. Λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης Cu στην πρωτεΐνη αυτή, ο ανταγωνισμός μεταξύ Cu και Zn είναι αμελητέος. Μια ποσότητα Cu μεταφέρεται επίσης από την αλβουμίνη που είναι ο κύριος μεταφορέας Cu στο αίμα της πυλαίας φλέβας μεταξύ εντέρου και ήπατος. Ο χαλκός που είναι συνδεδεμένος με την αλβουμίνη του ανθρώπινου ορού θεωρείται ως η μεταφερόμενη με το αίμα μορφή του Cu^{+2} . Μικρότερη αποθήκευση Cu στο πλάσμα γίνεται στη λευκωματίνη και τα αμινοξέα στα οποία ο Cu είναι

συνδεδεμένος χαλαρά και αποτελεί την κύρια πηγή Cu των ηπατοκυττάρων. Ο Cu που προέρχεται από τη λευκωματίνη μετακινείται εύκολα από το πλάσμα προς τους ιστούς ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο με τον Cu από τη σερουλοπλασμίνη. Η σερουλοπλασμίνη έχει καθιερωθεί σαν μια πρωτεΐνη οξείας φάσης, συνεπώς κατά τη διάρκεια αλλαγών των φυσιολογικών καταστάσεων, η έκκρισή της στο πλάσμα μπορεί να αυξηθεί (Βεζυράκη Π.,1991). Η πορεία της πρόσληψης του Cu έχει ως εξής: στις πρώτες 12 ώρες έχουμε μια αργή γραμμική φάση συσσώρευσης και στη συνέχεια μια σταθερή ροή πρόσληψης-απέκκρισης Cu έτσι ώστε να υπάρχει μια εξισορρόπηση στις δεξαμενές ανταλλαγής. Ορισμένες ορμόνες όπως π.χ. η αδρεναλίνη και η γλουκαγόνη φαίνεται να διεγείρουν τη συσσώρευση του Cu σε καλλιέργειες παρεγχυματικών κυττάρων.

Ορισμένοι ερευνητές συμπέραναν ότι η ορμονική ρύθμιση του μεταβολισμού του Cu είναι παρόμοια με τους μηχανισμούς που επηρεάζουν τη μεταφορά αμινοξέων καθώς και την ενδοκυττάρια ανακατανομή του ασβεστίου .

1.2.5.2. Μεταβολισμός και απέκκριση του Cu

Περίπου τα 2/3 του σωματικού χαλκού βρίσκονται στον σκελετό και τους μυς αλλά και στο συκώτι που είναι υπεύθυνο στη διατήρηση των επιπέδων του χαλκού στο πλάσμα (Olivares & Uauy 1996, Turnlund et al, 1998). Απορροφάται κυρίως στο λεπτό έντερο και σε μικρότερο ποσοστό στο στομάχι. Τα ποσοστά απορρόφησης κυμαίνονται από περισσότερο του 50% για πρόσληψη κάτω από 1 mg/ημέρα έως λιγότερο του 20% για πρόσληψη άνω των 5 mg/ημέρα (Turnlund 1998). Η σύσταση του γεύματος από μόνη της δεν έχει μεγάλη επίδραση στη βιοδιαθεσιμότητα του χαλκού. Παρόλα αυτά πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ψευδάργυρου και σιδήρου όταν λαμβάνονται ως συμπληρώματα μπορεί να επηρεάσουν την απορρόφηση τόσο σε ενήλικες όσο και στα παιδιά (Botash et al 1992, Lonnerdal & Hernell 1994, Morais et al 1994, Turnlund 1999). Έκκριση του χαλκού μέσω της χολής ρυθμίζει την συγκέντρωσή του, ενώ η αποβολή του από τα ούρα είναι πολύ χαμηλή. Ο χαλκός της χολής δεν απορροφάται από την γαστρεντερική οδό δηλαδή δεν υπάρχει εντεροηπατική κυκλοφορία του μετάλλου. (Inoue K, 2013)

1.3. Διατροφή και απαραίτητα μεταλλικά ιχνοστοιχεία .

Τα ιχνοστοιχεία ως καθοριστικοί δομικοί και λειτουργικοί παράγοντες βασικών ενζυμικών συστημάτων και πρωτεϊνών έχουν ζωτική σημασία στις βιοχημικές διεργασίες. Διατροφικές ελλείψεις αυτών διαταράσσουν τον μεταβολισμό με πολλαπλούς και αρκετά σύνθετους τρόπους, όπως βλάβες στο DNA, μιμούμενες τους μηχανισμούς δράσης της ακτινοβολίας ή των χημικών ουσιών, δημιουργώντας σπασίματα της διπλής αλυσίδας ή οξειδωτικές βλάβες ή και τα δύο (Kenneth H., Brown et al, 2001). Μεταξύ των ιχνοστοιχείων των οποίων η διατροφική έλλειψη μιμείται τις βλάβες που προκαλούνται από την ακτινοβολία είναι και ο ψευδάργυρος (Ames B.N., 1999).

1.3.1 Διατροφικές πηγές των ιχνοστοιχείων Zn και Cu

Ο ψευδάργυρος απαντάται συχνά στα τρόφιμα όπως στο κρέας τα ψάρια και τα πουλερικά. Επίσης τα δημητριακά και τα γαλακτοκομικά προϊόντα περιέχουν αρκετά σημαντικές ποσότητες [Πίνακας 1.2]. Ωστόσο, υφίσταται μεγάλο εύρος τιμών, από τα ασπράδια αυγού, τα οποία δεν έχουν σχεδόν καθόλου ψευδάργυρο, έως τα άγρια στρείδια με 75 mg/100 g. Σπόροι και όσπρια μπορεί να είναι σχετικά πλούσιες πηγές ψευδαργύρου με περιορισμένη όμως βιοδιαθεσιμότητα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε 6-φωσφορική ινοσιτόλη. (Kenneth H, 2001).

Πίνακας 1.2. Σπουδαιότερες διατροφικές πηγές ψευδαργύρου (Kenneth H., 2001).

Τρόφιμα	Περιεκτικότητα Zn	
	mg/100 g	mg/100Kcal
Συκώτι ή νεφρά από μοσχάρι ή πουλερικά	4.2-6.1	2.7-3.8
Κρέας μοσχάρι ή χοιρινό	2.9-4.7	1.1-2.8
Ψάρια	0.5-5.2	0.3-1.
Γαλακτοκομικά (γάλα αγελαδινό ή κατσικίσιο)	0.4-3.1	0.3-1.0
Καρύδια και σπόροι (σουσάμι, αμύγδαλα)	2.9-7.8	0.5-1.4
Ψωμί από λευκό αλεύρι με μαγιά	0.9	0.3
Δημητριακά ολικής άλεση (σιτάρι, καλαμπόκι)	0.5-3.2	0.4-0.9
Φασόλια, φακές κλπ.	1.0-2.0	0.9-1.2
Λαχανικά	0.1-0.8	0.3-3.5
Φρούτα	0-0.2	0-0.6

Ο χαλκός απαντάται ευρέως σε τρόφιμα, όπως εντόσθια ζώων θαλασσινά σπόρους και ξηρούς καρπούς. Οι σπουδαιότερες πηγές Cu αναφέρονται στον **Πίνακα 1.3**.

*Πίνακας 1.3. Σπουδαιότερες διατροφικές πηγές χαλκού.**

Τρόφιμα	Περιεκτικότητα Cu
	mg/100g
Βοδινό συκώτι μαγειρεμένο	2.15-2.19
Στρείδια	3.07-4.01
Γαρίδες	0.43-0.58
Κρόκος αυγού	0.39-0.42
Ξηροί καρποί	0.2-1.54
Όσπρια	0.1-0.8
Μαύρη σοκολάτα	2.49-2.78
Ξερά δαμάσκηνα	0.89-0.98
Μανιτάρια	1.79-1.93
Μέλι	2.0-2.5

**Lindow, C.W., 1929*

1.3.2 Θρεπτική πυκνότητα

Ο ορισμός «θρεπτικά τρόφιμα» δεν στηρίζεται σε καθιερωμένα πρότυπα. Σε πολλές περιπτώσεις ορίζονται έτσι λόγω της απουσίας επιβλαβών ουσιών όπως λίπη, ζάχαρη, νάτριο και άλλα, παρά από την παρουσία ευεργετικών συστατικών. Η έννοια της θρεπτικής πυκνότητας (nutritional density) οικοδομήθηκε σε σχέση με τα ποσά των βασικών θρεπτικών συστατικών που περιέχονται σε 100 Kcal ενός συγκεκριμένου τροφίμου (Drewnowski A., 2009). Μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα με ταυτόχρονη έλλειψη θρεπτικών συστατικών χαρακτηρίζουν το τρόφιμο ως ανθυγιεινό ή υποτιμητικά ως «junk food» ή «άδειες θερμίδες», σε αντίθεση με τους χαρακτηρισμούς για τα υγιεινά τρόφιμα ή πλούσια σε θρεπτικά συστατικά ή με μεγάλη θρεπτική πυκνότητα. Επιλέγοντας «θρεπτικά τρόφιμα» ο καταναλωτής θα πρέπει να προσλαμβάνει όλα τα θρεπτικά συστατικά χωρίς να υπερκαλύπτει την ημερήσια ενεργειακή απαίτηση. Η εκτίμηση της θρεπτικής επάρκειας των τροφίμων βασίζεται στη σύγκριση της παροχής θρεπτικών συστατικών σε ποσότητες ανάλογες με τη συνιστώμενη ημερήσια δόση για τα συστατικά αυτά. Η κατανάλωση τροφίμων με χαμηλή θρεπτική επάρκεια μπορεί να δημιουργήσει ελλείψεις σε ένα ή περισσότερα θρεπτικά συστατικά.

1.3.3. Διατροφικοί διαγνωστικοί βιοδείκτες

Ως διατροφικό επίπεδο (nutritional status) ενός θρεπτικού συστατικού ορίζεται ο λόγος που δημιουργείται από την απαίτηση του ιστού ως προς αυτό το συστατικό προς την βιοδιαθεσιμότητά του στον ιστό αυτό. Εάν η ανάγκη είναι μεγαλύτερη από την βιοδιαθεσιμότητα και ο λόγος μεγαλύτερος του ένα, τότε το διατροφικό επίπεδο θεωρείται ανεπαρκές (Aggett P.J., 1991). Θρεπτικά συστατικά όπως ο ψευδάργυρος το μαγνήσιο ή οι πρωτεΐνες, όπου οι φυσιολογικές ενδείξεις κατά την έλλειψή τους συνδέονται με ποικίλες βιοχημικές λειτουργίες, καθιστά δύσκολο να εντοπιστεί διατροφικός βιοδείκτης. Η διατροφική κατάσταση αξιολογείται από μία σειρά βιοχημικών και άλλων δεικτών μετά από βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη έκθεση στο θρεπτικό συστατικό και των διαφορετικών λειτουργικών συνεπειών. Σκοπός είναι η εξαγωγή τιμών αναφοράς που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν επίπεδα πρόσληψης θρεπτικών ουσιών, που συνήθως παρουσιάζονται ως μέσες απαιτήσεις με κατώτατα και ανώτατα όρια, και ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο της ανεπάρκειας ή τοξικότητας αντίστοιχα (Susan J., Fairweather-Tait, 2011).

1.3.3.1. Αποθήκες ψευδαργύρου και χαλκού ως δείκτες διατροφικής έλλειψης.

Περίπου το 95% του σωματικού ψευδαργύρου βρίσκεται μέσα στα κύτταρα. Ένα περίπλοκο σύστημα για την ομοιόστασή του διατηρεί τις κυτταρικές συγκεντρώσεις του μέσα σε ένα στενό εύρος τιμών. Μέχρι τώρα, οι προσπάθειες για τον εντοπισμό ενός δείκτη της κατάστασης ψευδαργύρου ενός οργανισμού έχουν επικεντρωθεί στον εντοπισμό των κυτταρικών δομών που κατά κύριο λόγο αντιδρούν στις αλλαγές των διατροφικών προσλήψεων σε Zn (J. C. King, 2011). Οι σημαντικότερες από αυτές στο ανθρώπινο σώμα είναι:

Κυτταρικά οργανίδια

Δεν έχουν ακόμα εντοπιστεί ενδοκυτταρικά θέσεις συγκέντρωσης του ιχνοστοιχείου, οι οποίες να ανταποκρίνονται με ευαισθησία στην έλλειψή του. Στα θηλαστικά φαίνεται ότι οι αποθήκες αυτές είναι στο σύμπλεγμα Golgi και στο ενδοπλασματικό δίκτυο. Η κυτταρική ομοιόσταση διατηρείται με την συμμετοχή των πρωτεϊνών μεταφορέων ZnT (SLC30) και της οικογένειας των ZIP πρωτεϊνών με 10 και 14 μέλη για τα θηλαστικά αντίστοιχα που εξάγουν ή εισάγουν τον ψευδάργυρο στο κύτταρο ή στα οργανίδια μέσω

των μεμβρανών (Eide D.J,2006).

Κυτταρικές μεταλλοθειονίνες

Οι κυτταρικές μεταλλοθειονίνες που δεσμεύουν περισσότερα από 7 μόρια ψευδαργύρου είναι ένα άλλο μέσο με τη βοήθεια του οποίου το κύτταρο μπορούν να αποθηκεύουν ψευδάργυρο προσωρινά για μελλοντικές ανάγκες. Ο ρόλος της μεταλλοθειονίνης στην ενίσχυση της απορρόφησης του ψευδαργύρου με χαμηλή διατροφική πρόσληψη είναι άγνωστος. Ωστόσο, η παρατηρούμενη μείωσή της στο πάγκρεας και τα νεφρά (με χαμηλά επίπεδα πρόσληψης) δρα προστατευτικά για την μείωση των απωλειών μέσω των κοπράνων και των ούρων (Coyle P, 2002). Επειδή η γονιδιακή έκφραση της μεταλλοθειονίνης ρυθμίζεται από τον ψευδάργυρο, και αποτελεί ένα από τα ισχυρότερα συστήματα δέσμευσής του, είναι πιθανό να παρέχει στο κύτταρο τη δυνατότητα διατήρησης μικρού αποθέματος του στοιχείου αυτού (Sato M., 1984, Bremner I,1987, Coyle P. 2002, Cousins R.J., 2006). Επίσης η απελευθέρωση ψευδαργύρου, όταν απαιτείται για μεταβολικές διαδικασίες από τις μεταλλοθειονίνες, προκαλεί και την αποικοδόμησή τους.

Το πλάσμα

Ο ψευδάργυρος του πλάσματος είναι άμεσα διαθέσιμος στους ιστούς και ανήκει στο σύνολο του μικρού διαθέσιμου αποθεματικού του οργανισμού. Μελέτες σε άνδρες έδειξαν ότι η μάζα του μειώνεται γρήγορα σε σοβαρή ανεπάρκεια (από 3,4mg σε 1,2mg σε 5 εβδομάδες). Αν και οι συγκεντρώσεις του στο πλάσμα αλλάζουν με την διατροφή εντούτοις δεν αποτελεί ειδικό δείκτη για την εκτίμηση του διατροφικού ψευδαργύρου.

Το τριχοθυλάκιο

Η ποσότητα του διαθέσιμου ψευδαργύρου στο τριχοθυλάκιο συσχετίζεται με τη συγκέντρωση του ιχνοστοιχείου στα μαλλιά, τα οποία έχουν προταθεί ως δείκτης μακροπρόθεσμης πρόσληψής του. Από τη νεογνική έως την πρώιμη παιδική ηλικία η συγκέντρωση μειώνεται φθάνοντας σε ένα ελάχιστο περίπου στην ηλικία 2-3 ετών, πιθανώς λόγω της σταδιακής εξάντλησης του ψευδαργύρου των ιστών λόγω της ταχείας ανάπτυξης (Gibson R.S., 1979). Με την έναρξη της προεφηβικής περιόδου τα επίπεδα αυξάνονται και φτάνουν αυτά των ενηλίκων περίπου 150μg/g (2.3 μmol/g) (Paschal D.C., 1989). Η συγκέντρωση του ψευδαργύρου στα μαλλιά διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φύλων. Τα αγόρια έχουν σταθερά μικρότερες συγκεντρώσεις από τα κορίτσια της ίδιας ηλικίας, έστω και αν τα διατροφικά και ενεργειακά πρότυπα κατανάλωσής τους είναι

συγκρίσιμα. Οι διαφορές αυτές ενδεχομένως να προκύπτουν από την αυξημένη απαίτηση των αγοριών για το ιχνοστοιχείο αυτό ή λόγω αλλαγών των συγκεντρώσεων της αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης. Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι χαμηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου στα μαλλιά κατά την παιδική ηλικία αντανακλούν χρόνιο μη ικανοποιητικό ψευδαργυρικό επίπεδο του οργανισμού. Επίσης οι χαμηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου στα μαλλιά των παιδιών συσχετίζονται σε διάφορες έρευνες και με άλλους δείκτες έλλειψης ψευδαργύρου όπως μειωμένη γευστική οξύτητα, μείωση της όρεξης, χαμηλά εκατοστημόρια ανάπτυξης, καθώς και υψηλή διατροφική μοριακή αναλογία φυτικού οξέως :Zn. (Gibson R.S., 2005).

Για τον χαλκό δεν υπάρχει ένας δείκτης που να εκτιμά την απαίτηση του ανθρώπινου οργανισμού (FNB:IOM, 2001). Για τον σκοπό αυτό κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί τα εξής: χαλκός του ορού, συγκέντρωση της σερουλοπλασμίνης, ενεργότητα της υπερόξειδισμούτάσης των ερυθροκυττάρων, χαλκός των αιμοπεταλίων, ενεργότητα της κυτοχρωμικής c οξειδάσης, συγκέντρωση του χαλκού στα ούρα και τα λευκοκύτταρα, ενεργότητα της λυσύλοξειδάσης, της διαμινοξειδάσης και της πεπτιδογλυκίνης-α-αμιδικής μονοοξυγονάσης. Όλα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί ως δείκτες για την εκτίμηση των επιπέδων του χαλκού αλλά με αντιφατικά αποτελέσματα.

Παρότι η συγκέντρωση του ψευδαργύρου και του χαλκού στον ορό δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη για την εκτίμηση των διατροφικών επιπέδων ενός ατόμου, η κατανομή των συγκεντρώσεων του σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του πληθυσμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του κινδύνου που διατρέχει ο πληθυσμός αυτός. Ειδικά για τον ψευδάργυρο δύο ακόμα δείκτες έχουν προταθεί για την εκτίμηση των επιπέδων του επιδημιολογικά στους ανθρώπινους πληθυσμούς (WHO /UNICEF/ IAEA/ IZINCG). Η συχνότητα πρόσληψης κάτω από την εκτιμώμενη μέση απαίτηση [Estimated Average Requirement (EAR)] και το ποσοστό των παιδιών κάτω των 5 ετών με αναλογία ύψους προς ηλικία μικρότερη κατά 2.0 SD της μέσης τιμής αναφοράς για την συγκεκριμένη ηλικία (Gibson 2008). Οι τρεις δείκτες προτείνονται για διεθνή χρήση.

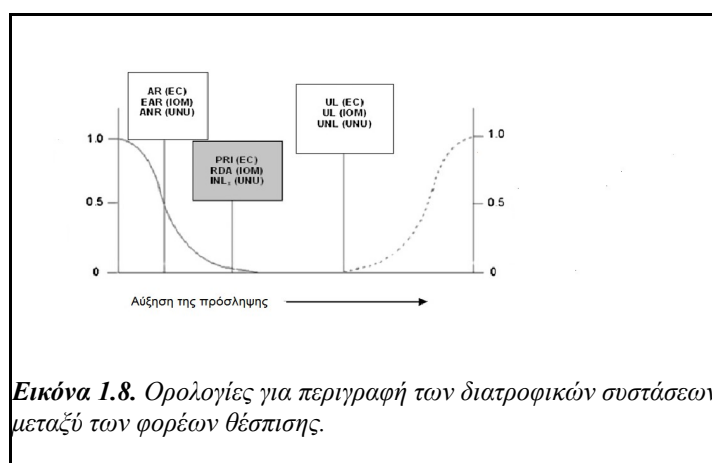
1.3.4 Διατροφικά πρότυπα για τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία

Οι διατροφικές συστάσεις για την πρόσληψη των μικροθρεπτικών στοιχείων αντιπροσωπεύουν το ποσό εκείνο που κρίνεται αναγκαίο για να αποφευχθεί η ανεπάρκεια σε όλα σχεδόν τα άτομα ενός πληθυσμού. Κατά την διαδικασία προσδιορισμού τους είναι

απαραίτητη η ύπαρξη βιοδεικτών για την εξαγωγή μέσων όρων, αλλά και για την πρόβλεψη των αρνητικών επιπτώσεων για τα πολύ χαμηλά όπως και τα υψηλά επίπεδα πρόσληψης (Fairweather-Tait S. J, 2011).

Σήμερα δεν υπάρχει τυποποιημένη προσέγγιση για την διαδικασία εξαγωγής τους, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των κρατών προκαλώντας σύγχυση στους καταναλωτές, στους παραγωγούς τροφίμων και στους υπεύθυνους χάραξης διατροφικής πολιτικής.

Φορείς και εμπειρογνώμονες που ασχολούνται με τη θέσπιση των συστάσεων χρησιμοποιούν συχνά διαφορετικές ορολογίες για να περιγράψουν τον ίδιο όρο όπως φαίνεται στην **[Εικόνα 1.8]**.



Η Ευρωπαϊκή αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων χρησιμοποιεί τον όρο PRI (Population Reference Intake) ο οποίος είναι ισοδύναμος με τον όρο RDA (Recommended Dietary Allowance), που χρησιμοποιεί το IOM (Institute of Medicine), για να προσδιορίσουν την ποσότητα ενός θρεπτικού συστατικού που θα ικανοποιεί τις ανάγκες του 97,5% ενός υγιούς πληθυσμού. Οι περισσότερες χώρες σε ολό τον κόσμο θεσπίζουν προδιαγραφές που αφορούν στην πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών για τους πληθυσμούς τους. Οι συστάσεις αυτές χρησιμεύουν ως βάση για εθνικές πολιτικές διατροφής, εκπαιδευτικά προγράμματα ή προγράμματα δράσης και κανονισμούς τροφίμων. Παραδοσιακά τα πρότυπα αυτά έχουν τεθεί σε επίπεδο που καλύπτει τις ανάγκες όλων σχεδόν των υγιών ατόμων του πληθυσμού. Ο αρχικός σχεδιασμός έγινε το 1941 και είχε ως στόχο την πρόληψη ασθενειών που προκαλούνται από διατροφικές ελλείψεις. Κυρίως όμως εκτιμούσαν την επάρκεια στο σχεδιασμό γευμάτων για ομάδες

(στρατιωτικές ή σχολικές) παρά για άτομα μεμονωμένα.Από τότε έως σήμερα έχουν γίνει πολλές αλλαγές τόσο στις τιμές όσο και στην ονομασία των θρεπτικών απαιτήσεων για ομάδες και για άτομα. Το 1994 λόγω των σημαντικών αλλαγών στον τομέα της διατροφής το IOM (Institute of Medicine) ανέλαβε την πρωτοβουλία και ανέπτυξε ένα νέο ευρύτερο σύνολο θρεπτικών συστάσεων τα DRIs (Dietary Reference Intake's).Οι εργασίες αυτές υποστηρίζονται από τις κυβερνήσεις των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά. Στον **[Πίνακα 1.4]** φαίνεται αναλυτικά το ιστορικό της ορολογίας των θρεπτικών προδιαγραφών από το 1941 έως το 2006 για τις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά.

Πίνακας 1.4. Ιστορικό και ορολογία των διατροφικών συστάσεων (1941-2006).

1941	Δημοσίευση Πρώτης Έκδοσης των RDAs.
1941-1989	RDAs .Η 10η έκδοση δημοσιεύθηκε το 1989.
1993	Η Επιτροπή Τροφίμων και Διατροφής (FNB) διοργάνωσε συμπόσιο με θέμα την Αναθεώρηση των RDAs.Τα νέα δεδομένα είχαν ως αποτέλεσμα την δημιουργία πέντε νέων τιμών με την γενική ονομασία Dietary Reference Intake (DRI)
1995	Επτά ομάδες ειδικών εξετάζουν σημαντικές θρεπτικές ουσίες .
1997	Η πρώτη έκθεση για τα DRI αφορούσε στα : ασβέστιο ,φώσφορο, μαγνήσιο,βιταμίνη D και χλώριο.
1998	Η δεύτερη έκθεση αφορούσε τα : θειαμίνη ριβοφλαβίνη,νιασίνη,βιταμίνη B6,φυλλικό οξύ,βιταμίνη B12, παντοθενικό οξύ, βιοτίνη και χολίνη.
1999	Ετος κυκλοφορίας της έκθεσης για βιταμίνες C, E, β καροτένιο και άλλα επιλεγμένα αντιοξειδωτικά.
2000-2003	Περίοδος κυκλοφορίας των εκθέσεων για τα ιχνοστοιχεία (π.χ. Σελήνιο, ψευδάργυρο), βιταμίνες A και K; ηλεκτρολύτες και υγρά, ενέργεια και μακροθρεπτικά, καθώς και άλλα συστατικά των τροφίμων όπως φυτοιστρογόνα ίνες και φυτοχημικά (π.χ.στο σκόρδο ή στο τσάι).
2006	Το IOM με την υποστήριξη των ΗΠΑ και του Καναδά ανέλαβε να ερευνήσει τις ανάγκες που δημιουργήθηκαν από την θέσπιση των RDI's και εκδίδει το : Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements (IOM, 2006).

Παράλληλα και άλλες εθνικές ομάδες όπως η Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία, Γερμανία, Αυστρία, Ελβετία και το Ηνωμένο Βασίλειο θεσπίζουν τις δικές τους θρεπτικές προδιαγραφές με αποτέλεσμα την δημιουργία σύγχυσης.Από χώρα σε χώρα υπάρχουν διαφορές τόσο στις τιμές των θρεπτικών προτύπων όσο και στους επιμέρους όρους που χρησιμοποιούνται για να τα περιγράψουν. Δεν υπάρχει δηλαδή τυποποιημένη και κοινώς συμφωνημένη ορολογία . Επιπλέον, δεν υπάρχει τυποποιημένη μέθοδος προσέγγισης για την εξαγωγή αυτών των τιμών (Janet C. King,2007).Τα διαφορετικά πρότυπα του **[Πίνακα 1.5]** εμπεριέχουν πολλούς και διαφορετικούς όρους. Στον **[Πίνακα 1.6]** παρατηρούμε τους

όρους που συνήθως χρησιμοποιούνται από διεθνείς και εθνικές ομάδες θέσπισης προτύπων (J.C. King 2007).

Πίνακας 1.5. Ορολογία διαφορετικών θρεπτικών προτύπων και εθνικές ομάδες θέσπισης

Εθνικές ομάδες θέσπισης θρεπτικών προτύπων	Ορολογία γενικών θρεπτικών προτύπων
Ευρωπαϊκή Ένωση	PRI (Population Reference Intake)
Ηνωμένο Βασίλειο	DRVs (dietary reference values)
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	NRVs (nutrient reference values)
Γερμανία Αυστρία Ελβετία	Reference Values for nutrient supply
Ηνωμένες Πολιτείες και Καναδάς	DRIs (dietary reference intakes)

Τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των όρων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν συστάσεις θρεπτικής πρόσληψης έχει αυξηθεί σημαντικά. Ένας από τους λόγους είναι ότι καλύπτουν τόσο την ανεπάρκεια όσο και την υπερσυσσώρευση. Κάθε φορά που εμφανίζονται νέα δεδομένα που αφορούν στην διατροφή του ανθρώπου, οι τιμές αυτές θα πρέπει να υποβάλλονται σε εκ νέου αξιολόγηση και αναθεώρηση. Η αναθεώρηση των τιμών πρέπει να γίνεται κάθε 5 με 10 χρόνια. (Vorster H.et al, 2007, Murphy S.P., 2007).

Πίνακας 1.6. Συνήθεις όροι που χρησιμοποιούνται διεθνώς για να περιγράψουν το φάσμα των θρεπτικών προτύπων.

EU	IOM	UN
AR Average Requirement (Μέση Απαιτήση)	EAR* Estimated Average Requirement (Εκτιμώμενη μέση απαίτηση)	ANR Average Nutrient Requirement (Μέση Θρεπτική Απαιτήση)
PRI Population Reference Intake (Πρόσληψη Αναφοράς Πληθυσμού)	RDA* Recommended Dietary Allowance (Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη)	INL_x Individual Nutrient level x = percentile chosen (Ατομικό Θρεπτικό Επίπεδο)
UL Upper tolerable nutrient Intake Level (Ανεκτό Ανώτερο Επίπεδο Πρόσληψης)	UL Upper tolerable nutrient Intake Level (Ανεκτό Ανώτερο Επίπεδο Πρόσληψης)	UNL Upper Nutrient Level (Ανώτερο Θρεπτικό Επίπεδο)

**Estimated Average Requirement (EAR)*: Εκτιμώμενη μέση απαίτηση κυρίως για εφαρμογές που αφορούν στον σχεδιασμό ή στην εκτίμηση πρόσληψης θρεπτικών ουσιών για ομάδες ατόμων και όχι για μεμονωμένα άτομα.

**Recommended Dietary Allowance (RDA)*: Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη. Εξάγεται από το EAR και καλύπτει τις απαιτήσεις για το 97% του πληθυσμού.

1.3.4.1. Υπολογισμός των διατροφικών προτύπων

“Ο υπολογισμός των διατροφικών προτύπων είναι ένα δύσκολο εγχείρημα” αναφέρει η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Παιδιατρικής Γαστρεντερολογίας Υπατολογίας και Διατροφής, μέλη της οποίας έχουν εμπλακεί στην θέσπιση των PRIs (Population Reference Intakes), των αντίστοιχων δηλαδή Ευρωπαϊκών Διατροφικών Προτύπων (Aggett P.J., 1997).

“...Οι εκτιμώμενες τιμές είναι κατά προσέγγιση και συχνά έχουν σχεδιαστεί για την ασφάλεια και όχι για την ακρίβεια. Αποτελούν αντανάκλαση των συνήθως περιορισμένων διαθέσιμων στοιχείων και την επαγωγική εξαγωγή των δεδομένων από μικρές ομάδες ατόμων σε μεγάλους ετερογενείς πληθυσμούς. Αυτή η πρακτική είναι αναξιόπιστη διότι δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με την κατανομή των θρεπτικών απαιτήσεων του πληθυσμού η οποία υπολογίζεται ότι είναι κατά Gauss. Στην πραγματικότητα είναι πιθανώς κυρτή και επηρεάζεται από ομοιοστατικούς μηχανισμούς. Η επίδραση παραγόντων όπως η συστηματική προσαρμογή, η πολυμορφική κληρονομικότητα, οι πολιτισμικές γαστρονομικές πρακτικές στην βιοδιαθεσιμότητα και τις θρεπτικές απαιτήσεις, θα πρέπει να χαρακτηριστούν καλύτερα. Εκφράζεται η ελπίδα ότι η καλύτερη κατανόηση της μοριακής και κυτταρικής βάσης του εντέρου και της συστηματικής προσαρμογής του μεταβολισμού θα βοηθήσει να διευκρινισθεί αυτή η περιοχή. Οι προδιαγραφές αυτές για θρεπτικές προσλήψεις (π.χ. PRIs population reference intakes) είναι σχεδιασμένες για πληθυσμούς και όχι για άτομα και με την ονομασία τους δηλώνουν ότι απαιτείται προσοχή στη χρήση τους. Παρά το γεγονός ότι παρέχουν ένα εργαλείο για την εκτίμηση της πιθανότητας τα μέλη ενός πληθυσμού να είναι ευάλωτα σε ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διάγνωση της θρεπτικής ένδειας σε άτομα. Η εγκυρότητα των τιμών των διατροφικών προσλήψεων μπορεί να διαπιστωθεί μόνο μετά από μακροχρόνια παρακολούθηση των πληθυσμών, διεθνή συνεργασία και συνεχή συλλογή πληροφοριών. Παρά τους περιορισμούς αυτούς οι τρέχουσες τιμές είναι μια ανεκτίμητη πηγή πληροφοριών για εκπαιδευτικά προγράμματα και χάραξη διατροφικής πολιτικής για τους πληθυσμούς...” (Aggett P.J., 1997).

1.3.4.2. Βιοδιαθεσιμότητα βιοαποτελεσματικότητα και βιοϊσοδυναμία παράγοντες θέσπισης διατροφικών προτύπων.

Βιοδιαθεσιμότητα (bioavailability) ορίζεται ως η αποδοτικότητα με την οποία ένα διαιτητικό συστατικό χρησιμοποιείται από τον οργανισμό μέσω των φυσιολογικών μεταβολικών οδών. Ο συντελεστής βιοδιαθεσιμότητας εκφράζεται ως το ποσοστό της πρόσληψης και είναι γνωστό ότι επηρεάζεται από τους εξής διαιτητικούς, γενετικούς, επίκτητους, ατομικούς ή φυσιολογικούς παράγοντες:

Την απελευθέρωση της θρεπτικής ουσίας από την τροφή

Την πρόσληψη και δέσμευσή της στον εντερικό αυλό

Την μεταφορά του μέσω του εντερικού βλεννογόνου (διακυτταρικά ή παρακυτταρικά) στην συστηματική, ή λεμφική κυκλοφορία.

Την συστηματική κατανομή

Την συστηματική εναπόθεση

Την μεταβολική και τη λειτουργική χρήση και

Την απέκκρισή του (νεφρική, ήπατος-χοληφόρων, του εντέρου) (Aggett J.P, 2010)

Ως εκ τούτου δεν είναι εύκολο να εκτιμήσουμε την βιοδιαθεσιμότητα λόγω των δυσκολιών που προκύπτουν κατά τη μέτρησή της. Μικρός αριθμός ερευνητικών εργασιών υπολογίζουν στο σύνολό τους τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν. Η αβεβαιότητα που προκύπτει κατά την εκτίμηση των διατροφικών συστάσεων προέρχεται σε μεγάλο ποσοστό από την ανεπάρκεια στην τεκμηρίωση των τιμών τους. Το IOM σε έκθεσή του το 2001 που περιλαμβάνει διαιτητικές συστάσεις αναφοράς ιχνοστοιχείων μεταξύ των οποίων και ο ψευδάργυρος, ισχυρίζεται ότι τα στοιχεία προέρχονται από γεύματα με χαμηλή ή καθόλου περιεκτικότητα σε φυτικά οξέα (phytate). Τα στοιχεία όμως ήταν πολύ περιορισμένα για να εκτιμηθεί ο ανασταλτικός ρόλος της εξα- και πεντα-φωσφορικής ινοσιτόλης. Έρευνα στηριζόμενη σε ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων (Miller et al, 2007) για την απορρόφηση του ψευδαργύρου, λαμβάνοντας υπόψη τη βιοχημεία του εντέρου, έδειξε ότι η έως τώρα ισχύουσα εκτιμώμενη μέση απαίτηση διπλασιάζεται όταν χορηγούνται 1000 mg φυτικών οξέων κατανεμημένα ομοιόμορφα κατά τη διάρκεια των ημερησίων γευμάτων (Hambidge K.M. et al, 2008).

Εκτός από την βιοδιαθεσιμότητα χρησιμοποιείται και ο όρος βιοαποτελεσματικότητα (bioefficacy) που εκφράζει την αποδοτικότητα με την οποία τα θρεπτικά συστατικά

απορροφώνται ή και μετατρέπονται σε κάποια ενεργό μορφή. Και οι δύο αυτοί όροι αναφέρονται στην ευρύτερη έννοια της βιοϊσοδυναμίας (bioequivalence) των θρεπτικών συστατικών. Υπάρχουν πολλαπλοί παράγοντες που επηρεάζουν την βιοϊσοδυναμία των θρεπτικών συστατικών ή των προδρόμων τους όπως ανταγωνισμού, ενίσχυσης ή αναστολής της απορρόφησης, αλληλεπιδράσεις μεταξύ άλλων χημικών μορφών και άλλοι. Επίσης η επεξεργασία των τροφίμων επηρεάζει την βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών.

Η αντίδραση Maillard είναι μία μη-ενζυματική αντίδραση που προκαλείται από τη συμπύκνωση μιας αμινο-ομάδας με μια αναγωγική ένωση, κατά την θερμική επεξεργασία των τροφίμων με αποτέλεσμα πολύπλοκες αλλαγές στη βιοχημική σύστασή τους. Διατροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε προϊόντα της αντίδρασης Maillard reaction products (MRP) επηρεάζει αρνητικά την βιοδιαθεσιμότητα του χαλκού (Delgado-Andrade C, 2012). Τα δεδομένα της σύνθεσης των τροφίμων είναι πενιχρά εμποδίζοντας την αξιολόγηση της βιοϊσοδυναμίας των θρεπτικών στοιχείων.

1.3.4.3. Επίδραση της γενετικής πολυμορφίας στις τιμές των διατροφικών απαιτήσεων.

Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων του γονιδιώματος των ανθρώπων ποικίλει σε ποσοστό από 0,2 έως 0,4%. Οι παραλλαγές της αλληλουχίας του DNA σε ένα πληθυσμό αναφέρονται ως πολυμορφισμοί, οι οποίοι αποτελούν τη μοριακή βάση για την ανθρώπινη φαινοτυπική διακύμανση. Ιστορικά η φύση και η αφθονία των παρεχόμενων τροφίμων είναι μεταξύ των πολλών περιβαλλοντικών πιέσεων που επιτρέπουν την επέκταση των πολυμορφισμών σε ανθρώπινους πληθυσμούς (King, J.C., 2007). Ο αντίκτυπος του πολυμορφισμού ενός γονιδίου στην τελική θρεπτική απαίτηση εξαρτάται από την επικράτηση και την διεισδυτικότητά του. Η ταυτοποίηση άκρως διεισδυτικών γονιδιακών πολυμορφισμών σε ένα πληθυσμό μπορεί να απαιτεί την θέσπιση θρεπτικών συστάσεων για κάθε μία γενετική υποομάδα ξεχωριστά.

Ο γενετικός πολυμορφισμός είναι γνωστό ότι επηρεάζει την διατροφική ανοχή μεταξύ των ανθρώπινων υπο-πληθυσμών και μπορεί επίσης να επηρεάσει τις διατροφικές απαιτήσεις δίνοντας αφορμή για την ανάπτυξη του πεδίου της διατροφικής γονιδιοματικής και της εξατομίκευσης των διατροφικών προσλήψεων για βέλτιστη υγεία και πρόληψη των ασθενειών με βάση το γονιδίωμα ενός ατόμου. Η κατανόηση των μοριακών μηχανισμών

που διέπουν τις επιδράσεις μεταξύ γονιδίων και θρεπτικών συστατικών αναμένεται να οδηγήσει σε νέες διατροφικές συστάσεις και διατροφικές παρεμβάσεις (Stover J.P., 2006). Μέχρι σήμερα η γνώση της ανθρώπινης γενετικής ποικιλομορφίας δεν έχει συμβάλει σημαντικά στον εντοπισμό των υπο-πληθυσμών που θα ωφεληθούν από εξατομικευμένες διατροφικές απαιτήσεις, αν και υπάρχουν παραδείγματα τροφικής δυσανεξίας. Η διατροφική γονιδιωματική, μεταξύ των άλλων, συνδυάζει τα τρόφιμα με την γενετικά καθορισμένη ικανότητα του ατόμου να απορροφά, να αφομοιώνει και να χρησιμοποιεί τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται σε αυτά. Αποφεύγει αυτά που δεν είναι κατάλληλα και εστιάζει σε αυτά που είναι ωφέλημα για την υγεία (Ruth De Busk, 2010).

1.3.4.4. Διατροφικά πρότυπα και εφηβική ηλικία.

Η ραγδαία ανάπτυξη που παρατηρείται κατά την εφηβεία δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις για ενέργεια και θρεπτικά συστατικά. Οι συνολικές απαιτήσεις είναι υψηλότερες κατά την διάρκειά της από ότι οποιαδήποτε άλλη στιγμή του κύκλου της ζωής. Η βέλτιστη διατροφή είναι απαραίτητη για την πλήρη αξιοποίηση του αναπτυξιακού γενετικού δυναμικού των εφήβων. Τα στοιχεία για την θέσπιση των διατροφικών συστάσεων προς τους εφήβους είναι περιορισμένα και για την εξαγωγή τους χρησιμοποιούνται μέθοδοι όπως παρέκταση των στοιχείων άλλης ηλικίας. Οι διατροφικές συστάσεις για τους εφήβους εξάγονται με βάση τις αντίστοιχες των ενηλίκων (extrapolation method). Η εκτίμηση των φυσιολογικών και μεταβολικών απαιτήσεων των εφήβων είναι αναγκαίο να γίνει λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες αυτής της πληθυσμιακής ομάδας. Πρόσφατη έρευνα της ομοιόστασης του ψευδαργύρου σε παιδιά σχολικής ηλικίας θεωρεί απαραίτητη την επανεκτίμηση διατροφικών απαιτήσεων για τον ψευδάργυρο για την ηλικία αυτή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της έρευνας δείχνουν ότι οι ήδη χρησιμοποιούμενες τιμές βρίσκονται σε παραπλανητικά χαμηλά επίπεδα (Hambidge, et al , 2007).

1.3.4.5. Διεθνής εναρμόνιση θρεπτικών προτύπων

Από τα ανωτέρω είναι φανερό η ανάγκη δημιουργίας εναρμονισμένης διεθνούς προσέγγισης καθορισμού τιμών αναφοράς των θρεπτικών προτύπων με αυστηρή χρήση επιστημονικών δεδομένων, με τελικό σκοπό την μετατροπή της φυσιολογικής απαίτησης

(physiological requirements) σε διατροφολογική απαίτηση (nutritional requirement). Τα Ηνωμένα Έθνη (Food and Nutrition Programme) σε συνεργασία με τον FAO (Food and Agriculture Organization), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) και την UNICEF συγκάλεσε ομάδα διεθνών εμπειρογνομόνων στην Φλωρεντία (Innocenti Center) με σκοπό την εναρμόνιση των διατροφικών προτύπων. Αρχικά συμφώνησε στην χρήση ενός όρου Nutrient Intake Values (NIVs) που περιλαμβάνει όλα τα θρεπτικά διατροφικά πρότυπα και τα στοιχεία που προκύπτουν από πρωτογενή δεδομένα. Η ομάδα προσδιόρισε τέσσερις βασικούς λόγους της ανάγκης εναρμόνισης.

1. Αντικειμενικότητα και διαφάνεια των τιμών που προέρχονται από διάφορες εθνικές περιφερειακές και διεθνείς ομάδες.
 2. Εξασφάλιση κοινής βάσης για τις ομάδες εμπειρογνομόνων.
 3. Πρόσβαση των αναπτυσσόμενων χωρών σε επιστημονικούς πόρους να εντοπίζουν και να τροποποιούν τα υφιστάμενα θρεπτικά πρότυπα για την κάλυψη του πληθυσμού τους.
 4. Παγκόσμια χρήση των διατροφικών προτύπων με στόχο την υγεία, την διατροφική πολιτική και την αντιμετώπιση ρυθμιστικών και εμπορικών ζητημάτων (King C. J., 2007)
- Στην Ευρώπη το δίκτυο EURRECA αναπτύσσει μεθοδολογίες για την τυποποίηση της διαδικασίας του καθορισμού των μικροθρεπτικών συστάσεων, με ιδιαίτερη έμφαση στις ευάλωτες ομάδες. Αποτελείται από 35 εταίρους προερχόμενους από 18 κράτη. Στην Ελλάδα οι εταίροι είναι το Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο με το εργαστήριο υγιεινής επιδημιολογίας και στατιστικής ιατρικής και η Ε.Κ.ΠΟΙ.ΖΩ (Ένωση Καταναλωτών η Ποιότητα Ζωής).

1.4. Εφηβεία διατροφή και σωματοδιανοητική ανάπτυξη .

Ένα από τα σημαντικότερα στάδια της ζωής του ανθρώπου είναι η εφηβεία η οποία αρχίζει βαθμιαία από την ηλικία των 10,5-11 χρόνων και τελειώνει επίσης βαθμιαία με την έναρξη της ενήλικης ζωής από τα 18-21 χρόνια. Διαιρείται ως αναπτυξιακή περίοδος σε τρία στάδια (Τσιάντης, 2001)

στην πρώιμη 10,5-11 έως 14 ετών

στη μέση 14 έως 16-17 ετών και

στην όψιμη 16-17 έως 20-21 ετών.

Σε αυτή την περίοδο της ζωής συμβαίνουν σημαντικές μεταβολές τόσο στη σωματική όσο και στη νοητική, ψυχική, κοινωνική και σεξουαλική του ανάπτυξη. Η εφηβεία δεν είναι απλώς η ενδιάμεση φάση μεταξύ της παιδικής ηλικίας και της ενήλικης ζωής αλλά και ένα ευαίσθητο αναπτυξιακό στάδιο με έντονο ρυθμό ανάπτυξης (Sue Y.S., Kimm, 2002).

1.4.1. Διαιτητικές προτιμήσεις των εφήβων

Οι έφηβοι παράλληλα με την ψυχοκοινωνική μετάβαση από την εξάρτηση από τους γονείς σε διαδικασίες ανεξάρτητης σκέψης και πρωτοβουλιών, συχνά επιλέγουν και αγοράζουν διατροφικά προϊόντα χωρίς ιδιαίτερα προσεγμένα κριτήρια. Οι διαιτητικές επιλογές μπορούν να παίξουν πολύ βασικό ρόλο στην προσπάθεια του εφήβου να προσδιορίσει την ταυτότητά του και οδηγηθεί στην ανάπτυξη και αρνητικών διατροφικών προτύπων που δύσκολα αποχωρίζονται στην ενήλικη ζωή τους. (Mahshid D., 2005).

Συνήθως τα άτομα που βρίσκονται στο στάδιο της εφηβείας δεν ακολουθούν τις διατροφικές συνήθειες της οικογένειάς τους και συχνά προτιμούν τα λεγόμενα «έτοιμα γεύματα», δηλαδή γεύματα εκτός σπιτιού. Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν διατροφικό κίνδυνο για τους εφήβους.

Εκτός από την ανάπτυξη και τις αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια και θρεπτικά συστατικά, η αλλαγή του τρόπου ζωής τους επηρεάζει τις διατροφικές επιλογές τους. Ο οργανισμός του εφήβου, σε αυτή την περίοδο απαιτεί για την ανάπτυξή του τη διπλάσια ποσότητα ασβεστίου, σιδήρου, ψευδαργύρου και αζώτου απ' ότι ο οργανισμός σε άλλες χρονικές περιόδους.

Επιπλέον οι έφηβοι παραλείπουν γεύματα, κυρίως το πρωινό τους. Μελέτες (Bowman S.A., et al, 2004, Putnam J, et al, 2002) έχουν δείξει ότι οι έφηβοι επιδεικνύουν αυξημένη πρόσληψη τροφίμων εύληπτων, πλούσιων σε λίπος, ζάχαρη και νάτριο και μειωμένη κατανάλωση φρούτων, λαχανικών, γαλακτοκομικών, δημητριακών ολικής άλεσης, άπαχων κρεάτων και ψαριού. Αυτές οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες συμβάλλουν παράλληλα στην ανεπαρκή πρόσληψη μικροθρεπτικών συστατικών.

Οι διατροφικές επιλογές των εφήβων είναι συνάρτηση των εξής παραγόντων:

- της δομής και των χαρακτηριστικών της οικογένειας και κυρίως των διαιτητικών συνηθειών των γονέων,
- της διαφήμισης,

των κοινωνικών και πολιτιστικών αξιών καθώς και των σωματικών προτύπων που προωθεί η βιομηχανία,
 της εικόνας του σώματός τους,
 των προσωπικών εμπειριών,
 της γεύσης και της εμφάνισης των τροφίμων,
 της ευκολίας παρασκευής ή διαθεσιμότητάς τους.(Ζαμπέλας, 2003)

Ειδικά η αξία των οικογενειακών γευμάτων στην προαγωγή της ανάπτυξης και της υγείας των παιδιών και των εφήβων τα τελευταία χρόνια έχει αναδειχθεί από πολλές επιστημονικές μελέτες. Γεύματα που καταναλώνονται με την οικογένεια, έχουν συσχετισθεί με υψηλής ποιότητας διατροφή (Hammons A.J.,2011).

Οι ανάγκες σε ενέργεια και μικροθρεπτικά στοιχεία των εφήβων καθορίζονται από το επίπεδο δραστηριότητάς τους, την ηλικία, το φύλο, τον βασικό μεταβολικό ρυθμό και τις απαιτήσεις λόγω αυξημένου ρυθμού ανάπτυξης (Ζαμπέλας,2003).

Η γρήγορη αύξηση της οστικής μάζας κατά την εφηβεία δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις σε ασβέστιο της τάξης των 1300mg ημερησίως. Έλλειψή του με ταυτόχρονη μειωμένη σωματική δραστηριότητα είναι προδιαθεσικός παράγοντας εμφάνισης οστεοπόρωσης στην ενήλικη ζωή .

Διάφορες μελέτες που αξιολογούν τις διατροφικές συνήθειες των Ελλήνων εφήβων σε επίπεδο μικρο- και μακρο-θρεπτικών συστατικών καταλήγουν ότι τα παιδιά στην Ελλάδα έχουν :

- επαρκή ενεργειακή και πρωτεϊνική πρόσληψη
- αυξημένη πρόσληψη SFA, MUFA και φωσφόρου
- επαρκή πρόσληψη ασβεστίου (Roma-Giannikou et al,1997)
- μειωμένη πρόσληψη σιδήρου, βιταμίνης Α, φυλλικού οξέως και ψευδαργύρου σε ένα ποσοστό των εφήβων . (Hassapidou,2001).

1.4.1.1. Δείκτες της διατροφικής αξίας των σνακ

Η κατανάλωση σνακ συχνά συνδέεται με ανεπιθύμητα αποτελέσματα για την υγεία και τις συνήθειες διατροφής, δεδομένου ότι επιλέγονται με βάση τη γεύση και όχι τη διατροφική αξία (Cross AT.,1994).

Τα ενδιάμεσα γεύματα (σνακ) είναι τρόφιμα που καταναλώνονται μεταξύ και αντί των

κύριων γευμάτων. Η συχνή κατανάλωσή τους συνεισφέρει θετικά στην συνολική ενεργειακή πρόσληψη. Πολλά από αυτά έχουν μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα, προερχόμενη κυρίως από κορεσμένα λίπη, με ιδιαίτερα ελκυστική γεύση προσφέροντας κυρίως γευστική απόλαυση. Το 87-88% των εφήβων στην Αμερική, ηλικίας 12-18 ετών, καταναλώνουν τουλάχιστον ένα ενδιάμεσο γεύμα ανά ημέρα, με συνολική ενεργειακή περιεκτικότητα ίση με το 25% των ημερήσιων ενεργειακών αναγκών τους. Στα Ευρωπαϊκά κράτη η ημερήσια συχνότητα κατανάλωσης ενδιάμεσων γευμάτων ανέρχεται σε 2,8τμχ. Οι τύποι των τροφίμων που συνήθως καταναλώνονται ως ενδιάμεσα γεύματα διακρίνονται από υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος ή υδατάνθρακες (ζάχαρη ή και άμυλο) και προκαλούν προσωρινά το αίσθημα του κορεσμού. Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα διατροφής των εφήβων είναι και τα τρόφιμα που διατίθενται στα κυλικεία των σχολείων. Διάφοροι δείκτες π.χ. Nutrient Rich Foods (NRF) Indexes ή NNR (Naturally Nutrient Rich) score έχουν προταθεί στην προσπάθεια δημιουργίας επίσημου συστήματος βαθμολόγησης και κατάταξης των τροφίμων με βάση την περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά συστατικά. Χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με οικονομικά δεδομένα πχ τιμή /100g προϊόντος με σκοπό τον εντοπισμό τροφίμων θρεπτικά και οικονομικά προσιτών. Αρχικά ο υπολογισμός των δεικτών βασίστηκε σε 14 θρεπτικά συστατικά (πρωτεΐνες, ασβέστιο, σίδηρο, βιταμίνες A, C, D, E, B-12, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη και φολικό οξύ, μονοακόρεστα λιπαρά, κάλιο και ψευδάργυρο). Σε πιο πρόσφατη έκθεση θεσπίστηκαν προδιαγραφές για τις φυτικές ίνες και τη βιταμίνη B-5.

Εκτίμηση του κόστους σε δολάρια 9 ομάδων τροφίμων υπό την προϋπόθεση να παρέχουν το 100% της ημερήσιας απαίτησης για τον ψευδάργυρο παρατίθεται στον [Πίνακα 1.7] (Drewnowski A., 2010).

Πίνακας 1.7. Ενδιάμεσο και μέσο κόστος σε δολάρια 9 ομάδων τροφίμων υπό την προϋπόθεση παροχής του 100% της ημερήσιας απαίτησης σε ψευδάργυρο.

Γάλα και προϊόντα γάλακτος	Κρέας Πουλερικά Θαλασσινά	Αυγά	Ξηροί καρποί Όσπρια	Δημητριακά	Φρούτα	Λαχανικά	Λίπη και Έλαια	Είδη Ζαχ/πλαστικής Χυμοί
4.66 (6.75)	4.46 (7.80)	3.05 (20.3)	2.69 (3.60)	6.18 (9.04)	39.0 (47.5)	11.8 (19.0)	25.7 (44.8)	36.7 (76.2)

Τα θρεπτικά στοιχεία που παρουσιάζουν χαμηλή διαιτητική πρόσληψη κατά την κατανάλωση υψηλής ενεργειακής πυκνότητας τροφίμων μεταξύ των εφήβων, είναι το

ασβέστιο, ο σίδηρος, η βιταμίνη Α, η βιταμίνη Β-6, το φυλλικό οξύ, το μαγνήσιο, και ο ψευδάργυρος (Kant, et al, 2003). Η συχνότητα κατανάλωσης των ενδιάμεσων γευμάτων φαίνεται ότι δεν σχετίζεται σημαντικά με την παχυσαρκία, ενδεχομένως η ποιότητά τους να επηρεάζει τον κίνδυνο παχυσαρκίας (Newby P.K., 2007, Jennings, A., 2011).

Στην Ελλάδα σύμφωνα με την νομοθεσία Ν.118/31.8.2006 στα σχολικά κυλικεία επιτρέπεται η πώληση υγιεινών τροφίμων όπως φρέσκα ή αποξηραμένα φρούτα σε ατομική συσκευασία, μπισκότα χαμηλά σε λιπαρά, σταφιδόψωμο, τοστ ολικής άλεσης χωρίς μαγιονέζα, γάλα χαμηλό σε λιπαρά, σοκολατούχο γάλα χαμηλό σε λιπαρά, γιαούρτι χωρίς συνθετικές γλυκαντικές ουσίες, ρυζόγαλο και άλλα.

1.4.2 Σωματική ανάπτυξη των εφήβων

1.4.2.1. Εκτίμηση της παχυσαρκίας στους εφήβους

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι εκτίμησης της κατανομής του λίπους στο ανθρώπινο σώμα. Ο πλέον εύχρηστος από αυτούς είναι ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ). Ο ΔΜΣ ορίζεται ως το βάρος σε kg διά του τετραγώνου του ύψους σε m (Kg/m^2). Η χρήση του παρέχει ένα γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο, παρ' ότι αδρό, υπολογισμού της συχνότητας των υπέρβαρων και των παχύσαρκων τόσο μεταξύ των ενηλίκων όσο και μεταξύ των εφήβων.

Οι ενήλικες θεωρούνται παχύσαρκοι όταν έχουν ΔΜΣ τουλάχιστον 30 kg/m^2 και υπέρβαροι όταν έχουν ΔΜΣ $25\text{--}29,9 \text{ kg/m}^2$.

Για τα παιδιά και τους εφήβους όμως δεν ισχύει η παραπάνω κατάταξη. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος κατατάσσει τα παιδιά ως παχύσαρκα όταν έχουν ΔΜΣ μεγαλύτερο από ένα όριο το οποίο μεταβάλλεται (συγκεκριμένα μεγαλώνει) με την ηλικία. Αρχίζει από $20,1 \text{ kg/m}^2$ για αγόρια και κορίτσια 2 ετών και φθάνει σε 30 kg/m^2 για 18 ετών (και παρόμοια για υπέρβαρα παιδιά). Το όριο αυτό βασίζεται σε δεδομένα από διάφορες χώρες και θεωρείται ότι εκτιμά το σωματικό λίπος των παιδιών. [Πίνακας 1.8].

Πίνακας 1.8. Διεθνείς οριακές τιμές για το Δείκτη Μάζας Σώματος για υπέρβαρους και παχύσαρκους εφήβους ηλικίας 12-16,5 ετών.*

Ηλικία	ΔΜΣ εφήβων αντίστοιχος του ΔΜΣ 25 Kg/m ² ενηλίκων.		ΔΜΣ εφήβων αντίστοιχος του ΔΜΣ 30 Kg/m ² ενηλίκων.	
	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια
12	21,22	21,68	26,02	26,67
13	21,91	22,58	26,84	27,76
14	22,62	23,34	27,63	28,57
14,5	22,96	23,66	27,98	28,87
15	23,29	23,94	28,30	29,11
15,5	23,60	24,17	28,60	29,29
16	23,90	24,37	28,88	29,43
16,5	24,19	24,54	29,14	29,56

*Cole T.J., et al, 2000

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στη αύξηση της εφηβικής παχυσαρκίας δεν έχουν πλήρως διευκρινιστεί. Θεωρούμε ότι ανήκουν σε δύο κατηγορίες τους τροποποιήσιμους παράγοντες και τους μη τροποποιήσιμους. Οι μη τροποποιήσιμοι περιλαμβάνουν την κληρονομικότητα (Birch LL.,1998) το φύλο και την εθνικότητα (Apfelbacher CJ,2008, Shrewsbury V,2008). Ένας βασικός τροποποιήσιμος παράγοντας κινδύνου είναι το ενεργειακό ισοζύγιο, δηλαδή η διαφορά ανάμεσα στην ενεργειακή πρόσληψη από τις τροφές και στην ενεργειακή δαπάνη λόγω βασικού μεταβολισμού και φυσικής δραστηριότητας. Θετικό ενεργειακό ισοζύγιο συνεπάγεται αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας με τη μορφή τριγλυκεριδίων στα λιποκύτταρα, αύξηση της λιπώδους μάζας, και αύξηση του βάρους.

Το αυξημένο βάρος συνεπάγεται αυξημένες ανάγκες για στήριξη και μετακίνηση του βάρους, με αποτέλεσμα τα παχύσαρκα άτομα να παρουσιάζουν και αυξημένη άλιπη μάζα (Διαλεκτάκου Κ,2013) και συνεπώς μεγαλύτερες ανάγκες σε ψευδάργυρο.

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης μεταξύ της κατανάλωσης σνακ και της παχυσαρκίας είναι αντιφατικά. Ένας από τους λόγους είναι και τα σοβαρά μεθοδολογικά προβλήματα που εντοπίζονται. Η υποαναφορά (underreporting) ιδίως στα σνακ είναι ένα από τα μεθοδολογικά προβλήματα (Parks EJ,2005,).

1.4.2.2. Εφηβική Παχυσαρκία στην Ελλάδα

Η παχυσαρκία αναγνωρίστηκε επίσημα ως νόσος το 1948, όταν ιδρύθηκε ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) και τη συμπεριέλαβε στη Διεθνή Ταξινόμηση των Παθήσεων (International Classification of disease). Αποτελεί πια παγκόσμιο πρόβλημα υγείας, που δεν περιορίζεται πλέον στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες αλλά επεκτείνεται και στις χώρες του υπο-ανάπτυξη κόσμου. Παλαιότερα δεδομένα (1997-1998) από 13 ευρωπαϊκές χώρες έδειξαν ότι η μεγαλύτερη συχνότητα υπέρβαρων εφήβων 13-15 ετών παρατηρείται στην Ιρλανδία, στην Ελλάδα και στην Πορτογαλία (Lissau I., et al, 2004). Οι Παρλαπάνη και Τζωτζας το 2010 συμπεραίνουν ότι η παχυσαρκία των εφήβων στην Ελλάδα αποτελεί ένα επιδημικό, εξελισσόμενο πρόβλημα, που φαίνεται να είναι σοβαρότερο σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, ιδίως του βορρά, και ευθύνεται σημαντικά για την εκδήλωση μεταβολικών και άλλων επιπλοκών σε πρώιμη ηλικία.

1.4.2.3. Μεταλλικά ιχνοστοιχεία και παχυσαρκία

Η ανεπάρκεια ιχνοστοιχείων εξακολουθεί να αποτελεί σοβαρό πρόβλημα υγείας και σε πληθυσμούς των ανεπτυγμένων χωρών. Μεταξύ των παραγόντων κινδύνου που μπορεί να συμβάλουν στην αύξηση των ποσοστών της παχυσαρκίας, όπως δείχνουν πρόσφατες έρευνες, είναι και τα χαμηλά επίπεδα ορισμένων ιχνοστοιχείων. Τα υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα έχουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις βιταμινών και ανόργανων συστατικών στο αίμα σε σύγκριση με τα μη-υπέρβαρα και μη-παχύσαρκα άτομα, ενώ οι πληροφορίες που αφορούν στο μηχανισμό δράσης τους είναι ανεπαρκείς (Aasheim E.T., et al, 2008, Kimmons J.E., et al, 2006, Singh R.B., et al, 1998).

Διατροφικές ανεπάρκειες που έχουν σχετιστεί με την παχυσαρκία περιλαμβάνουν τα εξής: Τα αντιοξειδωτικά, όπως βιταμίνη E (alpha-tocopherol), βιταμίνη C (ascorbic acid), βήτα-καροτένιο, βιταμίνη A, D, βιταμίνες του συμπλέγματος B, ασβέστιο, σίδηρο ψευδάργυρο και σελήνιο (Garcia, Olga et al, 2009). Η διαπίστωση ότι παχύσαρκα παιδιά με χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D μετά από απώλεια βάρους βελτίωσαν τα επίπεδά της υποδεικνύει ότι η παχυσαρκία μπορεί να είναι η αιτία της ανεπάρκειας αυτής (Reinehr T., et al, 2007). Κλινικές δοκιμές αναφέρουν ότι σε ισοθερμιδική διαίτα μειώνεται η παχυσαρκία όταν τα ποσοστά ασβεστίου αυξάνονται. (Jacqmain Met al2003,Loos RJet al,2004), που δείχνει ότι η έλλειψη του ασβεστίου αυξάνει τον κίνδυνο της παχυσαρκίας. Επιπλέον η αύξηση

της πρόσληψης ασβεστίου αναστέλλει την λιπογένεση και ενισχύει την οξείδωση των λιπιδίων.(Zemel MB et al 2004,Ott ES et al 2001). Επίσης όταν χορηγείται ενέσιμο ρετινοϊκό οξύ σε ποντίκια ελαττώνεται ο σχηματισμός λιπώδους ιστού που επίσης υποστηρίζει ότι το προϋπάρχον επίπεδο βιταμίνης Α μπορεί να καθορίζει τα επίπεδα παχυσαρκίας.(Jeyakumar SM et al 2006,Jeyakumar SM et al 2008)

Στα παχύσαρκα άτομα συμβαίνει αναδιανομή σε διαφορετικούς ιστούς κάποιων ιχνοστοιχείων όπως ο σίδηρος και η βιταμίνη D τα οποία περιορίζονται στον λιπώδη ιστό. (McGill et al 2008,Rammos G et al 2008,Wortsman J et al 2000,Yanoff LB et al 2007,Menzie CM et al 2008). Η ανακατανομή αυτή έχει ως συνέπεια την μειωμένη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων αυτών στο αίμα. Η αιτιολογία της έλλειψης μικροθρεπτικών στοιχείων στα παχύσαρκα άτομα μπορεί να είναι πολυπαραγοντική. Οι (Yanoff et al 2007) ισχυρίζονται ότι η υποσιδηραιμία στα παχύσαρκα άτομα μπορεί να σχετίζεται με την ανεπαρκή πρόσληψη του σιδήρου ή την μειωμένη βιοδιαθεσιμότητά του που προκαλείται από τις επαγόμενες από τη φλεγμονή λιποκίνες.

Είναι ρεαλιστικό να θεωρηθεί ότι πολλαπλοί βιολογικοί και συμπεριφορικοί μηχανισμοί μπορεί να οδηγούν σε ελλείψεις και άλλων μικροθρεπτικών στοιχείων. Τα παχύσαρκα άτομα ανήκουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου και γίνεται περισσότερο σαφές ότι οι ελλείψεις ιχνοστοιχείων μπορεί να είναι σοβαροί παράγοντες στη αύξηση του επιπολασμού της παχυσαρκίας και ότι αποτελούν μέρος του φάσματος των μεταβολικών διαταραχών που σχετίζονται με αυτή. Δεν έχουν ακόμη καθορισθεί οι μηχανισμοί που διέπουν τη σχέση μεταξύ διατροφικών ελλείψεων και παχυσαρκίας. Τα ποσοστά της παχυσαρκίας αυξάνονται ταχύτερα σε ορισμένες περιοχές του κόσμου όπου οι ελλείψεις τους είναι συχνότερες. (Monteiro CA et al 2007, Monteiro CA et al 2004). Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι η έλλειψη ιχνοστοιχείων συμβάλλει στην αύξηση των ποσοστών παχυσαρκίας. Δεν είναι σαφές ωστόσο αν η συσχέτιση αυτή αποτελεί την αιτιώδη σχέση.Εάν δηλαδή οι ανωτέρω ελλείψεις προκύπτουν ως αποτέλεσμα της παχυσαρκίας (σε αλλαγές του μεταβολισμού των μικροθρεπτικών συστατικών στα παχύσαρκα άτομα) ή προκύπτουν από την ανεπαρκή πρόσληψη σε σχέση με τη συνολική μάζα του σώματος ή και τα δύο. Οι προσπάθειες για την περαιτέρω αποσαφήνιση των ρόλων των διαφόρων μικροθρεπτικών συστατικών στην παχυσαρκία μπορεί να οδηγήσει στην περαιτέρω κατανόηση των υποκείμενων παθολογιών και να διευκολύνει την ανάπτυξη νέων στρατηγικών πρόληψης και θεραπείας που θα μειώσουν το βάρος των

χρόνιων ασθενειών που προκύπτουν από αυτή (Olga P García et al 2009).

1.4.2.4. Παχυσαρκία και έλλειψη ψευδαργύρου

Η συσχέτιση μεταξύ του ψευδαργύρου και της παχυσαρκίας έχει διερευνηθεί σε μοντέλα ανθρώπων και ζώων. Επιδημιολογικές μελέτες αναφέρουν ότι η χαμηλή πρόσληψη ψευδαργύρου και η χαμηλή συγκέντρωσή του στο αίμα συνδέονται με αυξημένο επιπολασμό της παχυσαρκίας (Cole CR, 2008) και των συνοδών νοσημάτων μεταξύ των οποίων καρδιαγγειακά νοσήματα και διαβήτης. Η έλλειψη ψευδαργύρου ήταν παράγοντας κινδύνου για ανάπτυξη κεντρικής παχυσαρκίας (central adiposity) σε ένα αστικό πληθυσμό ενηλίκων στην Ινδία. (Singh RB et al 1998). Μελέτη έδειξε μεγαλύτερη αύξηση της μάζας λιπώδους ιστού σε παιδιά με μέτριο έως μικρό ύψος (ύψος/ηλικία Z-score <1,1) με συμπλήρωμα ψευδαργύρου αλλά δεν υπήρχε παρόμοια επίδραση μεταξύ παιδιών με κανονικό ύψος με πρόσληψη υγρού ψευδαργύρου. (Arsenault JE et al 2007). Οι Gibson et al. Ισχυρίζονται ότι το φύλο μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο για αυτά τα αντιφατικά αποτελέσματα. Η μελέτη αυτή διαπιστώνει ότι τα αγόρια με τα χαμηλότερα επίπεδα ψευδαργύρου ήταν παχύτερα και βαρύτερα από τα αγόρια με επαρκή συγκέντρωση, ενώ δεν υπήρχε τέτοιου είδους διαφορά μεταξύ των κοριτσιών (Gibson RS, et al 2000). Τα παχύσαρκα παιδιά με έλλειψη ψευδαργύρου έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να γίνουν και παχύσαρκοι ενήλικες. Σε ζωικά μοντέλα η κατάσταση μεταξύ έλλειψης και μη έλλειψης ψευδαργύρου (με συμπληρώματα) συσχετίστηκε με αύξηση και μείωση της παχυσαρκίας αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά δεν ήταν ανεξάρτητα από τη συνολική πρόσληψη λίπους (Chen MD et al 1996 Simon SF et al 2001, Tallman DL et al 2003). Επίσης μετά από χρόνιο περιορισμό του ψευδαργύρου σε θηλυκούς αρουραίους παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού του σωματικού λίπους και μείωση της μυϊκής μάζας των απογόνων (Padmavathi IJN et al 2009). Ο ψευδάργυρος επίσης λειτουργεί ως ρυθμιστής της όρεξης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί εν μέρει να οφείλεται στην σχέση του ψευδαργύρου με τη λεπτίνη, (Tallman DL et al 2003) ορμόνη η οποία παράγεται και εκκρίνεται από τον λευκό λιπώδη ιστό (Dodson M., 2010), δρα σε υποθαλαμικά κέντρα και συμμετέχει σε πληθώρα φυσιολογικών διαδικασιών, όπως τον έλεγχο του ενεργειακού ισοζυγίου. Υποστηρίζεται ότι ανεπάρκεια του ψευδαργύρου οδηγεί σε ανορεξία απώλεια βάρους κακή απόδοση των τροφίμων και μειωμένη ανάπτυξη. Το γεγονός ότι παχύσαρκα

άτομα έχουν χαμηλά επίπεδα ψευδαργύρου και υψηλά επίπεδα λεπτίνης υποδηλώνει ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ του ψευδαργύρου της διατροφής και της λεπτίνης. Φαίνεται ότι υπάρχει πολύπλοκη σχέση μεταξύ ρύθμισης πρόσληψης τροφής, λεπτίνης και ψευδαργύρου. (Zhang, Y et al 1994)

1.4.2.5. Σχέση ψευδαργύρου-λεπτίνης στη ρύθμιση της πρόσληψης της τροφής και την μετάβαση στην αναπαραγωγική λειτουργία

Η λεπτίνη ελέγχει την πρόσληψη της τροφής μέσω των υποδοχέων της στον υποθάλαμο. Η έλλειψή της συνδέεται με αυξημένη σύνθεση του νευροπεπτιδίου Y (NPY), ένα ορεξιογόνο πεπτίδιο που διεγείρει την λήψη της τροφής, και εκδήλωση παχυσαρκίας (Sousa-Ferreira L, 2011). Επίσης όμως διεγείρει την ορμόνη απελευθέρωσης κορτικοτροπίνης (CRH) στον παρακωιλιακό πυρήνα με ανασταλτική επίδραση στην πρόσληψη τροφής (Harris RB, 2010). Ψευδάργυρος απαιτείται για τη σύνθεση της σεροτονίνης ενός νευροδιαβιβαστή που διεγείρει την αίσθηση του κορεσμού και μειώνει την πρόσληψη της τροφής (Johnson S. 2001). Χορήγηση ψευδαργύρου σε υψηλές δόσεις φαίνεται να αναστέλλει την δέσμευση της ντοπαμίνης στους υποδοχείς D1 και D2 που είναι σημαντικοί στην ανασταλτική δράση της στην πρόσληψη της τροφής. Αυτά τα φαινομενικά αντιφατικά αποτελέσματα, στη σχέση μεταξύ νευροδιαβιβαστών και ψευδαργύρου, υποδεικνύουν ότι ο Zn μπορεί να παίζει ένα ρόλο ρυθμιστή στην πρόσληψη τροφής μέσω νευροδιαβιβαστών.

Ο Zn βρίσκεται στα α και β κύτταρα του παγκρέατος. Είναι ιδιαίτερα απαραίτητος στα β κύτταρα για την παραγωγή, αποθήκευση και απελευθέρωση της ινσουλίνης, της οποίας η έκκριση μειώνεται σε ανεπάρκεια ψευδαργύρου. Ο Zn αυξάνει τη δραστηριότητα της σηματοδοτικής οδού της ινσουλίνης. In vivo η έλλειψη Zn ψευδαργύρου προκαλεί τόσο μείωση της έκκρισης ινσουλίνης όσο και περιορισμό της κυτταρικής αντίδρασης στην ινσουλίνη. Συνεπώς η έλλειψη ψευδαργύρου είναι δυνατόν να μειώσει την έκφραση του γονιδίου ob, δηλαδή την παραγωγή λεπτίνης, που διεγείρεται από την ινσουλίνη.

Προσαρμοστικές αντιδράσεις στην πτώση των επιπέδων της λεπτίνης είναι αύξηση της όρεξης, μείωση της θερμογένεσης και της κινητικής δραστηριότητας αναστολή του άξονα του θυρεοειδούς και άλλες. (Ahima RS, 2006). Ο ψευδάργυρος μπορεί να επάγει την έκκρισή της ενώ η αντίσταση στη λεπτίνη (κατάσταση κορεσμού στο μηχανισμό μεταφοράς της) που παρατηρείται στην κοινή παχυσαρκία μπορεί να είναι αποτέλεσμα

της έλλειψης του ψευδαργύρου(Chen MD,2000).Σε αυτή την περίπτωση ο ψευδάργυρος είτε επηρεάζει απευθείας την έκφραση του γονιδίου της είτε προκαλεί έμμεσα την παραγωγή της αυξάνοντας τη χρησιμοποίηση της γλυκόζης.(Ott ES,2001) Ποντίκια και άνθρωποι με ανεπάρκεια λεπτίνης είναι παχύσαρκοι,διαβητικοί και στείροι. Εμφανίζουν νευροενδοκρινικές ανωμαλίες, όπως έλλειψη εφηβικής ανάπτυξης, ανεπαρκή σύνθεση και έκκριση των γοναδοτροπινών και των στεροειδών των γονάδων. Οι υποδοχείς της λεπτίνης εκφράζονται κυρίως σε ιστούς και όργανα που σχετίζονται με τον έλεγχο της φυσιολογίας της αναπαραγωγής (υποθάλαμος- υπόφυση -γενετικοί αδένες). Χρήση ανταγωνιστών της λεπτίνης σε αρουραίους κατά την πρώιμη μεταγενετική ζωή εμπόδισε την ανάπτυξη των ωοθηκών και μείωσε σε μεγάλο βαθμό τα αρχέγονα θυλάκια.(Attig L.,2011) Χορήγηση λεπτίνης μετά από νηστεία μείωνει την καταστολή της έκκρισης της ωχρινιτρόπου ορμόνης (luteinizing hormone LH),δράση που πιστεύεται ότι μεσολαβείται από τον εγκέφαλο.Οι νευρώνες του κοιλιακού προμαστιακού πυρήνα(ventral premammillary nucleus PMV) εκφράζουν πυκνή συγκέντρωση των υποδοχέων της λεπτίνης και δρουν σε περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με την αναπαραγωγικό έλεγχο.(Rondini TA et al 2004) Κατά το προεφηβικό στάδιο τα αναπαραγωγικά όργανα των ob/ob ποντικών είναι όμοια με αυτά του άγριου τύπου, αλλά και τα δύο φύλα των ob/ob ποντικών δεν θα επιτύχουν τη σεξουαλική ωρίμανση χωρίς την χορήγηση λεπτίνης. Στα αρσενικά ποντίκια το βάρος του προστάτη και των όρχεων μειώνεται, τα σπερματικά σωληνάρια περιέχουν λιγότερα σπερματοζωάρια και τα κύτταρα Leydig είναι μικρότερα. (Elias C. et al,2013)

Πρόσφατα δείχτηκε ότι η λεπτίνη αναστέλει άμεσα την έκκριση τεστοστερόνης που διεγείρεται από την ανθρώπινη χοριονική γοναδοτροπίνη hCG (human chorionic gonadotropin) σε καλλιέργεια κυττάρων Leydig μέσω ενός λειτουργικού ισότυπου υποδοχέα της λεπτίνης και σε συγκεντρώσεις εντός του εύρους των παχύσαρκων ανδρών. Τελικά πολλές μελέτες δείχνουν ότι τα επίπεδα λεπτίνης συσχετίζονται αρνητικά με την τεστοστερόνη και πρόσφατα προτάθηκε ότι η τεστοστερόνη είναι δυνατόν να ρυθμίζει την έκφραση του ob γονιδίου. Όλα τα παραπάνω εγείρουν την πιθανότητα η λεπτίνη να ρυθμίζει άμεσα την ορχική στεροειδογένεση στους ανθρώπους. Επίσης φαίνεται ότι η λεπτίνη αποτελεί καλύτερο προγνωστικό παράγοντα για τα χαμηλά επίπεδα ανδρογόνων στην παχυσαρκία.

Ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητο συστατικό της RNA πολυμεράσης. Έλλειψή του ίσως

προκαλεί μείωση της έκφρασης του γονιδίου της λεπτίνης.(Mohammad MK,2012).Ακόμα και οριακή έλλειψη ψευδαργύρου μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη έκκριση λεπτίνης (Kwun IS,2007),(Baltaci AK,2012).Ο ψευδάργυρος μπορεί να είναι μεσολαβητής των δράσεων της λεπτίνης και ίσως να ερμηνεύεται μέσω μηχανισμών επαγόμενων από τις ελεύθερες ρίζες .(Konukoglu D et al,2004)

1.4.3. Διατροφή και νοητική ανάπτυξη

Η γνωστική ανάπτυξη της προσχολικής ηλικίας είναι προγνωστική της μετέπειτα σχολικής επίδοσης (Engle,2010)

Η γνωστική λειτουργία περιλαμβάνει ένα σύνολο ανώτερων νοητικών λειτουργιών μεταξύ των οποίων, την προσοχή, τη μνήμη, τη σκέψη, τη μάθηση, και την αντίληψη που πραγματοποιούνται στον εγκέφαλο, το όργανο του σώματος με τις υψηλότερες μεταβολικές απαιτήσεις (Benton D 2010).

Η ανάπτυξη του εγκεφάλου είναι μια μακρόχρονη και πολύπλοκη διαδικασία. Είναι ταχύτερη κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής ,σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα και διατροφικές ελλείψεις καθιστούν τον εγκέφαλο ευάλωτο , επιφέρουν μόνιμες αλλαγές στη δομή του και συνεπώς επηρεάζουν τη λειτουργία του. Ο υποσιτισμός, στη πρώιμη παιδική ηλικία, μπορεί να περιορίσει μακροπρόθεσμα την πνευματική ανάπτυξη. Παιδιά με ιστορικό υποσιτισμού επιτυγχάνουν χαμηλότερα αποτελέσματα στα τεστ νοημοσύνης από εκείνα που τρέφονται σωστά.

1.4.3.1. Νοητική ανάπτυξη και διαιτητικές επιρροές από την πρώιμη παιδική ηλικία έως την εφηβεία

Η γνωστική ανάπτυξη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με μικρο-και μακρο-ανατομικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά την παιδική ηλικία (Ghosh et al, 2010).Η ωρίμανση συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου κατά την παιδική ηλικία συνδέεται με την ανάπτυξη ειδικών γνωστικών λειτουργιών όπως η γλώσσα η ανάγνωση και η μνήμη. (Nagy et al., 2004; Deutsch et al., 2005; Giedd et al., 2010) Εως το τέλος της προσχολικής ηλικίας η συναπτική πυκνότητα πλησιάζει αυτή των ενηλίκων. Ανάπτυξη των μετωπιαίων λοβών οι οποίοι πιστεύεται ότι ελέγχουν ανώτερες νοητικές λειτουργίες όπως σχεδιασμός και αλληλούχιση, φαίνεται να συμβαίνει σε εκρήξεις ανάπτυξης (growth spurts). Αυτές είναι κατά τα 2 πρώτα χρόνια της ζωής, μετά πάλι μεταξύ 7 και 9 ετών και επίσης περίπου

στα 15 ετη (Thatcher, 1991; Bryan et al., 2004, Nyaradi A,2013).

Η εφηβεία είναι επίσης μια σημαντική και ευαίσθητη περίοδος ανάπτυξης κατά την οποία όπως φαίνεται ερευνητικά ,συμβαίνει διαρθρωτική αναδιοργάνωση του εγκεφάλου, γνωστική ωρίμανση και κυρίως σημαντικές εξελίξεις του προμετωπιαίου φλοιού (Blakemore et al,2010). Η ανάπτυξη ορισμένων υποφλοιωδών δομών όπως ο ιππόκαμπος η αμυγδαλή και τα βασικά γάγγλια,με κεντρικό ρόλο στη διαμεσολάβηση λειτουργιών όπως μνήμη, εκτελεστική λειτουργία και συναίσθημα συνεχίζεται μέχρι το τέλος της εφηβείας.

Τα θρεπτικά στοιχεία μέσω της διατροφής, παρέχουν δομικά συστατικά που παίζουν σημαντικό ρόλο στη σύνθεση των νευροδιαβιβαστών και το μεταβολισμό ορμονών, και είναι σημαντικά συστατικά των ενζυμικών συστημάτων του εγκεφάλου (Zeisel,2009), (De Souza.2011). Οι διάφορες ομάδες τροφίμων, που συνδυαστικά καταναλώνει ο άνθρωπος, περιέχουν βιοδραστικά συστατικά με συνεργική ή ανταγωνιστική δράση. Η σημασία των διαιτητικών επιρροών στη γνωστική ανάπτυξη είναι μεγάλη κυρίως μέσω των θρεπτικών συστατικών ω-3 λιπαρών οξέων,βιταμίνης B-12, φυλλικού οξέος, ψευδαργύρου ,σιδήρου και ιωδίου (Nyaradi A.,2013).

Η γνωστική ανάπτυξη ακολουθεί ένα γενετικό πρόγραμμα και επηρεάζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες μεταξύ των οποίων και η διατροφή (Bhatnagar and Taneja,2001,Giedd et al., 2010). Τέτοιου είδους περιβαλλοντικές επιδράσεις μπορούν να τροποποιήσουν την γονιδιακή έκφραση μέσω επιγενετικών μηχανισμών,σύμφωνα με τους οποίους η λειτουργία του γονιδίου μεταβάλλεται μέσω διεργασιών μεθυλίωσης του DNA, τροποποίησης των ιστονών και ρυθμιστικής δράσης του μη κωδικοποιητικού RNA, χωρίς μεταβολές της αλληλουχίας του γονιδίου. Αυτοί οι επιγενετικοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν μακράς διάρκειας ή ακόμα και κληρονομήσιμες αλλαγές . Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι το επιγονιδίωμα είναι ευαίσθητο σε μία ποικιλία περιβαλλοντικών ερεθισμάτων, όπως η διατροφή, κατά τη διάρκεια ειδικών περιόδων της ανάπτυξης. (Lillycrop K et al ,2012)

1.4.3.2. Ο ρόλος του ψευδαργύρου στη νοητική ανάπτυξη των εφήβων

Ο Zn είναι ένα ζωτικής σημασίας θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος (Caulfield et al 1998,M.Balck 1998, H Sandstead 2000) διότι:

ψευδαργυροεξαρτώμενα ένζυμα ενέχονται στην ανάπτυξη του εγκεφάλου.

πρωτεΐνες της μορφής zinc-finger συμμετέχουν στη δομή του εγκεφάλου και στην διαδικασία της νευροδιαβίβασης.

ψευδαργυροεξαρτώμενοι νευροδιαβιβαστές σχετίζονται με τη λειτουργία της μνήμης.

ο Zn συμμετέχει στην παραγωγή πρόδρομων ενώσεων των νευροδιαβιβαστών. η μεταλλοθειονίνη-III είναι μία πρωτεΐνη που δεσμεύει τον ψευδάργυρο στους νευρώνες.

Στα ζώα σοβαρή ανεπάρκεια ψευδαργύρου κατά την περίοδο της ταχείας ανάπτυξης του εγκεφάλου επηρεάζει την συναισθηματική ανάπτυξη και την μάθηση καθώς την προσοχή και την μνήμη .(M.S. Golub et al 2000) Δυσκολίες στη μάθηση και την απομνημόνευση παρατηρήθηκαν σε νεογνά που γεννήθηκαν από γονείς ελλειμματικούς σε ψευδάργυρο.

Στον άνθρωπο, σημαντικά ευρήματα συνδέουν την ανεπάρκεια του ψευδαργύρου με την ελλειμματική προσοχή, την δραστηριότητα την κινητική ανάπτυξη και τη νοητική απόδοση . Μετά από χορήγηση 10 mg/ημέρα θεικού ψευδαργύρου επί 7 μήνες, ανεξάρτητα από περιοριστικούς παράγοντες όπως το φύλο η ηλικία η εκπαίδευση της μητέρας η κοινωνικοοικονομική θέση της οικογένειας ή η διατροφική κατάσταση παρατηρήθηκε ότι, η ομάδα που έλαβε συμπλήρωμα ψευδαργύρου έναντι της ομάδας ελέγχου ήταν πιθανότερο να εμφανίσουν δραστηριότητες αντί νοθρότητας να ασχολιθούν με το παιχνίδι περισσότερο και να εμφανίσουν λιγότερες αντιδράσεις συναισθηματικής έκρηξης όπως π.χ. κλάμα. (M.E. Bentley et al 1997). Στους ανθρώπους η σοβαρή έλλειψη ψευδαργύρου μπορεί να προκαλέσει ανώμαλη λειτουργία της παρεγκεφαλίδας, αλλαγές συμπεριφοράς και συναισθηματικών αντιδράσεων . Τα ευρήματα αυτά είναι παρόμοια με άλλων ερευνητών που αφορούν στην επίδραση της ανεπάρκειας του ψευδαργύρου στις πρώτες εδομάδες της ζωής όταν έχει σχηματισθεί μία “σταγόνα” από νευρώνες (L.E. Caulfield et al 1998 ,A.E. Favier 1992). Τα επίπεδα του ψευδαργύρου της μητέρας κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης μπορεί να έχουν μεγάλη σημασία για την εξασφάλιση της βέλτιστης ανάπτυξης του κεντρικού νευρικού συστήματος του εμβρύου διότι η ταχεία νευρογένεση και δομική ανάπτυξη εμφανίζονται πριν από το τρίτο τρίμηνο (L.E. Caulfield et al 1998). Ο Penland υποστήριξε ότι η μειωμένη δραστηριότητα σε παιδιά προσχολικής ηλικίας και εφήβους θα μπορούσε να σημαίνει συντήρηση του ψευδαργύρου προς όφελος της ανάπτυξης και εν συνεχεία μειωμένη ανάπτυξη θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως προσαρμογή που επιτρέπει την συνεχή προσφορά του ψευδαργύρου για την προσαρμογή

της συμπεριφοράς.(Penland J.G., et al, 2000). Οριακή και μέτρια έλλειψη ψευδαργύρου αναφέρεται τόσο στις αναπτυσσόμενες όσο και στις αναπτυγμένες χώρες σε παιδιά με διαταραχή στην ανάπτυξή τους. Οι συνέπειες της ανεπάρκειας του ιχνοστοιχείου στην συμπεριφορά και την ανάπτυξη συχνά αξιολογούνται από τα αποτελέσματα σε τυχαιοποιημένες μελέτες με συμπληρώματα ψευδαργύρου σε πληθυσμούς που πιστεύεται ότι είναι σε έλλειψη (Jackson, M. J., 1989). Στην εφηβεία οι άνθρωποι μπορεί να είναι πιο επιρρεπείς στην έλλειψη του ψευδαργύρου λόγω των αυξημένων φυσιολογικών απαιτήσεων και των διατροφικών συνηθειών που υιοθετούν στην ηλικία αυτή.

1.4.4. Διατροφική εκπαίδευση των εφήβων

Οι διατροφικές συνήθειες επηρεάζονται από την αλληλεπίδραση μεταξύ των ατόμων και των κοινωνικών, πολιτιστικών, και φυσικών περιβαλλόντων τους και όχι απλά από την γνώση της υγιεινής των τροφίμων. Τα μηνύματα διατροφής και διατροφικής συμπεριφοράς πρέπει να είναι κατάλληλα, έτσι ώστε να βοηθήσουν τα παιδιά να κάνουν σωστές επιλογές τροφίμων.(Lytle LA, et al, 1997). Η διατροφική αγωγή είναι το κλειδί στην προώθηση της δια βίου υγιεινής διατροφής και πρέπει να ξεκινά από τα πρώτα στάδια της ζωής (Guidelines for school health programs ,J Sch. Health, 1997). Η ανάπτυξη προγραμμάτων αγωγής υγείας στα σχολεία με σκοπό την υιοθέτηση υγιεινής διατροφικής συμπεριφοράς αποδείχτηκε πολύ σημαντική(Story M et al 2001).Το σχολείο αποτελεί ιδανικό φορέα για την προαγωγή της υγείας (Guidelines for school health programs MMWR.1996)

Οι περισσότερες σχολικές κοινότητες είναι μικρογραφίες της μεγαλύτερης κοινότητας, που παρέχει τις ευκαιρίες στα παιδιά να αναπτύξουν και να ασκήσουν τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη ενός υγιούς τρόπου ζωής (Lee A, et al, 2002).

Το σχολείο είναι ένα περιβάλλον στο οποίο κινούνται πολλά παιδιά για το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας , για πολλά χρόνια της ζωής τους και μπορεί έτσι να θεωρηθεί ως το κατάλληλο μέρος για την προαγωγή της υγείας (Lytle LA, 1998)

Ο δάσκαλος της τάξης αποτελεί το κλειδί στη δημιουργία των ευκαιριών μάθησης μέσα και πέρα από την τάξη(Garrow J.S., 1991). Συμβάλλει έτσι ώστε οι ικανότητες των παιδιών να αυξηθούν και τα ίδια τα παιδιά να γίνουν

παραγωγικά και να αναλάβουν υπεύθυνα την υγεία και την κοινωνική συμπεριφορά τους (Levin L.S., 1997).

Οι έφηβοι πρέπει να διδαχθούν και να αναπτύξουν άξονες οργάνωσης της γνώσης που συνδέει τη διατροφή με την καλή υγεία . Στο παρελθόν, οι γιορτές, οι διατροφικές παραδόσεις συνδεδεμένες συνήθως με τη θρησκεία και την ,κυρίως αγροτική, οικονομική δραστηριότητα, ενδεχομένως να παρείχαν ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο ένταξης και συνειδητοποίησης των πληροφοριών που αφορούσαν στη διατροφή των παιδιών . Αντίθετα σήμερα, μέσα σε μια καταναλωτική κοινωνία, με ελεύθερη καταναλωτική πρόσβαση σε πλήθος διατροφικών επιλογών (Levitsky & Youn, 2004), ίσως η οργάνωση των πληροφοριών για τις διατροφικές επιλογές τους να μην εμφανίζει αυθόρμητη επαρκή συνοχή. Αν δεχτούμε αυτή την ερμηνεία, θα μπορούσε στο μέλλον να ελεγχθεί η υπόθεση αυτή μέσα από ένα πρόγραμμα ψυχοπαιδαγωγικής παρέμβασης στα παιδιά, που θα αφορά όχι μόνο στην πληροφόρησή τους για στο θερμιδικό ισοζύγιο των τροφών και την επίπτωσή του στην παχυσαρκία, αλλά θα εμπεριέχει και ασκήσεις εκπαίδευσης στην αυτο-παρατήρηση, στην αυτο-παρακολούθηση, την αυτο-καταγραφή και τον αυτο-έλεγχο των διατροφικών συνηθειών τους ώστε αυτές να κατανοηθούν και να συνειδητοποιηθούν πληρέστερα και από τα ίδια τα παιδιά και, εντέλει, να ενσωματωθούν στο πλαίσιο μιας πιο υπεύθυνης διαχείρισης από μέρους τους (Κορώνη Μ.)

1.5. Εξαρτήματα του δέρματος και μεταλλικά ιχνοστοιχεία

Στα εξαρτήματα του δέρματος περιλαμβάνονται:

Η τριχοσμηγματογόνος συσκευή

Οι ιδρωτοποιοί αδένες

Οι όνυχες.

1.5.1. Φυσιολογία των τριχών του τριχωτού της κεφαλής

1.5.1.1. Μορφολογία και κερατινοποίηση της ανθρώπινης τρίχας

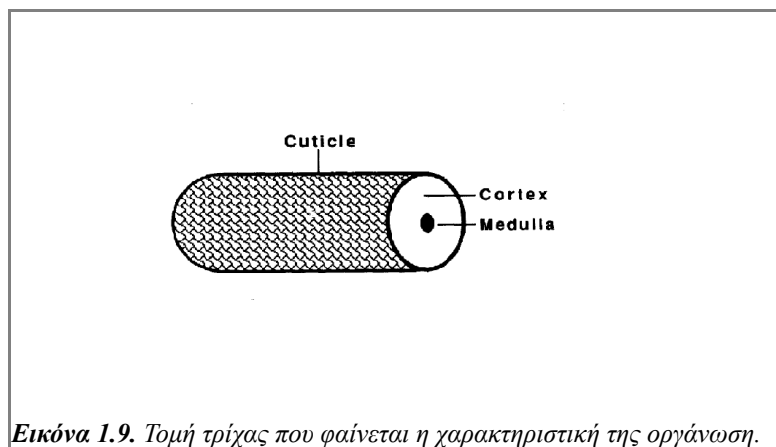
Οι τρίχες είναι λεπτές κερατινοποιημένες δομές που σχηματίζονται από μία εγκόλπωση του επιθηλίου της επιδερμίδας που ονομάζεται τριχοθυλάκιο και αποτελούνται από την ρίζα και το στέλεχος. Οι θύλακοι των εμβρυϊκών τριχών σχηματίζονται πριν την 9η εβδομάδα της εμβρυϊκής ζωής. Το χρώμα ,το μέγεθος και η διάταξή τους ποικίλλουν στο

σώμα σύμφωνα με τη φυλή, την ηλικία ,το φύλο και την περιοχή.

Το τριχοθυλάκιο, το στέλεχος της τρίχας, οι σμηγματογόνοι αδένες και οι ανελκκτήρες μύες των τριχών, αποτελούν στοιχεία της τριχοσμηγματογόνου συσκευής. Το τριχοθυλάκιο είναι επιδερμική κατάδυση που σχηματίζεται κατά τον τρίτο μήνα της κύησης, μέσα στο χόριο του δέρματος είναι δηλαδή ανατομική δομή που εξελίχθηκε για να παράγει και να εκβάλλει το στέλεχος της τρίχας. Στο κατώτερο άκρο του σχηματίζεται μια βολβοειδής διόγκωση (βολβός της τρίχας) με κοίλη κατώτερη επιφάνεια ,η οποία περιέχει μια εξειδικευμένη περιοχή της επιδερμίδας που ονομάζεται θηλή της τρίχας. Η δομή αυτή είναι εφοδιασμένη με πολλές εμύελες και αμύελες νευρικές απολήξεις, όπως και με άφθονα αιμοφόρα αγγεία τα οποία προμηθεύουν με θρεπτικά στοιχεία για αύξηση και διαφοροποίηση των κυττάρων του βολβού.

Το τμήμα της τρίχας που προεξέχει της επιδερμίδας ονομάζεται στέλεχος. Στο βολβό της τρίχας υπάρχουν πολλά μικρά βλαστικά κύτταρα έντονα πολλαπλασιαζόμενα που παράγουν το στέλεχος και το εσωτερικό έλυτρο της ρίζας ,το οποίο περιβάλλεται από το εξωτερικό έλυτρό του. Μεταξύ των κυττάρων αυτών βρίσκονται διάσπαρτα τα μελλανινοκύτταρα τα οποία παράγουν την χρωστική των τριχών την μελανίνη. (Slominski M.,2005)

Το εσωτερικό έλυτρο της τρίχας υφίσταται κερατινοποίηση για το σχηματισμό του στελέχους της το οποίο αποτελείται από δύο ή τρεις στιβάδες κερατίνης με χαρακτηριστική οργάνωση ,η εξωτερική είναι το περιτρίχιο (cuticle) το οποίο αποτελείται από σειρά επίπεδων κερατινοποιημένων κυττάρων που αλληλεπικαλύπτονται με χαρακτηριστικά οργανωμένο τρόπο. [Εικόνα 1.9]



Εικόνα 1.9. Τομή τρίχας που φαίνεται η χαρακτηριστική της οργάνωση.

Ο φλοιός (cortex), το δεύτερο στρώμα της τρίχας αποτελείται από σειρές πλήρως κερατινοποιημένων κυττάρων που προσδίδουν αντοχή στην τρίχα. Ο μυελός της τρίχας (medulla) είναι ένα μεταβλητό στοιχείο που απουσιάζει στις πολύ λεπτές τρίχες και βρίσκεται στο μέσο του στελέχους .

1.5.1.2. Ενσωμάτωση και εγκατάσταση μεταλλικών ιχνοστοιχείων στις φάσεις ανάπτυξης του τριχοθυλακίου

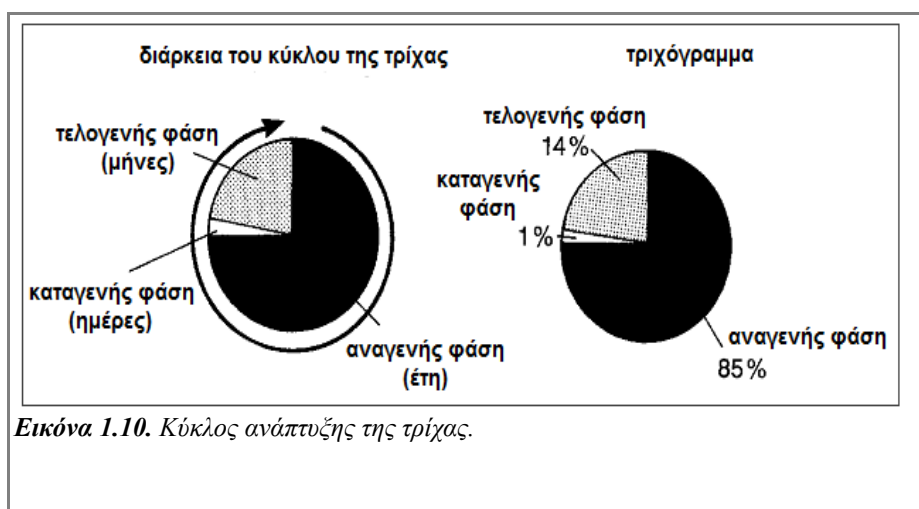
Η ανθρώπινη τρίχα δεν αυξάνεται συνεχώς αλλά περιοδικά σε τρεις διακριτές μεταξύ τους φάσεις.

Η αναγενής φάση ή φάση ανάπτυξης: χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβολική δραστηριότητα και διαρκεί 2-6 έτη.

Η καταγενής φάση: αναστέλλεται η ανάπτυξη, προετοιμάζεται η πτώση της τρίχας και διαρκεί 1-2 εβδομάδες.

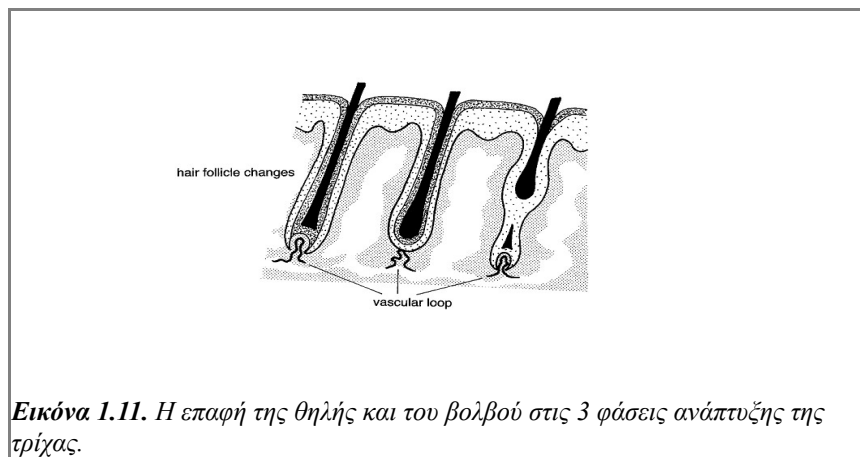
Τελογενής φάση: η νεκρή ρίζα της τρίχας παραμένει στο κεφάλι για περίπου 1-6 μήνες και μετά πέφτει.

Φυσιολογικά 85% των τριχών βρίσκονται στην αναγενή φάση ,1% στην καταγενή και περίπου 14% στην τελογενή, είναι δηλαδή νεκρές και θα αποβληθούν κατά τους επόμενους μήνες [Εικόνα 1.10].

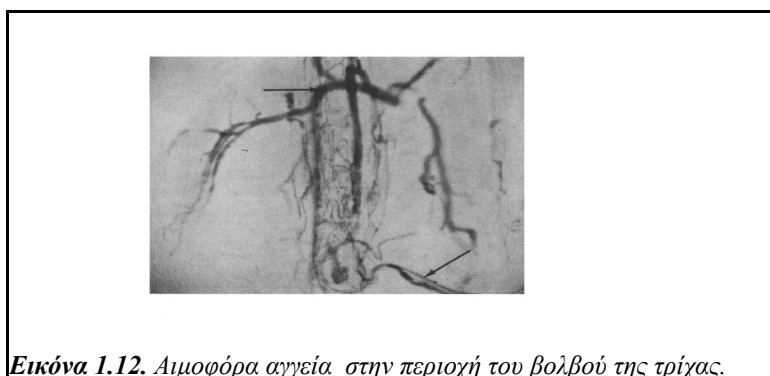


Η θηλή της τρίχας είναι στενά συνδεδεμένη με το σώμα μέσω της αιματικής κυκλοφορίας του λεμφικού συστήματος και των εξωκυτταρικών υγρών κατά την διάρκεια της αναγεννούσας φάσης ανάπτυξης. (Goldsmith L, 1991) Εκτός από τα συστατικά της τρίχας τα ιχνοστοιχεία μεταφέρονται, ενσωματώνονται στο σώμα της και την τρέφουν με τις συγκεντρώσεις που έχουν ανά πάσα στιγμή. Η τρίχα δηλαδή μπορεί να θεωρηθεί ως εκκριτικό όργανο ιχνοστοιχείων τα οποία ενσωματώνονται στο παχύτερο τμήμα του βολβού. Η ποσότητα του αποτιθέμενου στοιχείου εξαρτάται από την στιγμιαία συγκέντρωση του αίματος, της λέμφου και του εξωκυτταρίου υγρού.

[Εικόνα 1.11]



Η πληροφορία που αφορά σε μία ημέρα ενσωματώνεται σε τμήμα τρίχας μήκους 300-400μm. Κάθε τριχοθυλάκιο περιβάλλεται από ένα σύστημα τριχοειδών αγγείων αίματος στην περιοχή της ρίζας, που βεβαιώνει την συνεχή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ της ρίζας, της τρίχας και του οργανισμού [Εικόνα 1.12].



Με την χρήση ικανοποιητικά ευαίσθητων οργάνων μπορούμε να ανιχνεύσουμε περισσότερα από 60 ιχνοστοιχεία σε υγιή τρίχα. Τα στοιχεία Na, Cl, K, S, Zn, P, Cu, και Fe βρίσκονται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στο αίμα και στα μαλλιά.

1.5.2. Τρίχες του τριχωτού της κεφαλής ως βιοδείκτες της έκθεσης σε μέταλλα.

Οι ανθρώπινες τρίχες αποθηκεύουν πληροφορίες που αφορούν στην έκθεση σε ουσίες επί μακράν χρονική περίοδο. Η ποσότητα της ουσίας που ενσωματώνεται στην τρίχα είναι ανάλογη της βιοδιαθεσιμότητάς της. Η ποιοτική και ποσοτική χημική ανάλυση του τριχωτού της κεφαλής ενός ατόμου μπορεί να εκφράζει την αναλυτική αντανάκλαση της ζωής του. Αντικατοπτρίζει διατροφικές συνήθειες, περιβάλλον εργασίας καθώς και ειδικές συνήθειες που αποτυπώνονται σε αυτήν με χρονολογική σειρά.

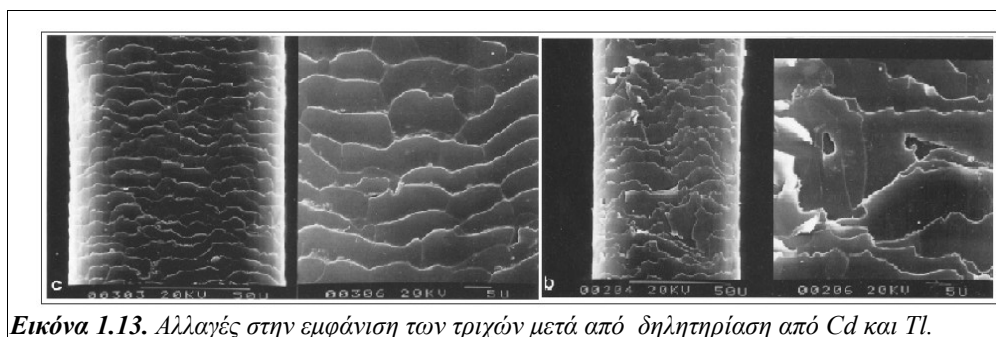
Οι ανθρώπινες τρίχες έχουν αναλυθεί ευρέως για το περιεχόμενό τους σε ιχνοστοιχεία με σκοπό να εκτιμηθούν:

πιθανή περιβαλλοντική έκθεση

το διατροφικό επίπεδο του ατόμου και

το φορτίο του σώματος σε τοξικά στοιχεία.

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα μαλλιά μπορούν να απόκαλύψουν διατροφικές ελλείψεις αλλά και υπερσυσσωρεύσεις. Μετά από δηλητηριάσεις από Cd και Tl οι νεκρές ρίζες των τριχών επιδεικνύουν ειδικές αλλαγές. [Εικόνα 1.13].(Hoffman RS,2003)



Εικόνα 1.13. Αλλαγές στην εμφάνιση των τριχών μετά από δηλητηρίαση από Cd και Tl.

Τα πλεονεκτήματα της επιλογής των τριχών ως βιολογικό υλικό είναι τα εξής:

Τα δείγματα είναι ευκόλως διαθέσιμα.

Μπορεί να ληφθούν με ελάχιστο ή καθόλου πόνο.

Δεν απαιτούνται ακριβά εργαλεία.

Δεν απαιτείται ιατρικά εκπαιδευμένο προσωπικό.

Η μεταφορά και αποθήκευση των δειγμάτων είναι απλή.

Η σχετικά υψηλή συγκέντρωση αρκετών μετάλλων, συμπεριλαμβανομένων του ψευδαργύρου και του χαλκού, διευκολύνει την ανάλυση.

Η χημική ανάλυση των τριχών, μπορεί να δείξει εκθέσεις ή ελλείψεις για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

Εκτός από τα ανωτέρω πλεονεκτήματα, πρέπει να αναφερθεί ότι η έρευνα με δείγμα το τριχωτό της κεφαλής ως βιολογικό υλικό αντιμετωπίζει τα εξής μειονεκτήματα :

η συγκέντρωση των μετάλλων όπως του ψευδαργύρου στα μαλλιά μεταβάλλεται με την ηλικία του ατόμου.

παρατηρούνται διαφορές στα φύλλα ενώ έγκυοι και θηλάζουσες αποτελούν διαφορετική πληθυσμιακή ομάδα.

η περιοχή της κεφαλής από την οποία γίνεται η δειγματοληψία μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα, λόγω του διαφορετικού ρυθμού ανάπτυξης των τριχών σε κάθε περιοχή της κεφαλής.

ελλειψη καθορισμένων φυσιολογικών ορίων.

εκθεση των δειγμάτων σε περιβαλλοντικούς ρύπους.

επιδράσεις λόγω διαφορετικής εποχής

επιδράσεις από υλικά καλλωπισμού όπως βαφές κλπ.

1.6. Σκοπός της έρευνας

1. Διερεύνηση της ποιότητας των σνακ, κυρίως ως προς τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία Zn,Cu , που διατίθενται στα σχολικά κυλικεία και το ελεύθερο εμπόριο.



Εικόνα 1.14. Αιμοφόρα αγγεία στην περιοχή του βολβού της τρίχας.

2. Καταγραφή των διατροφικών συνηθειών των μαθητών ηλικίας 12-15 ετών, βάσει ερωτηματολογίων.
3. Εκτίμηση της ανάπτυξης των ως άνω μαθητών βάσει σωματομετρικών δεικτών και συναρτήσει του φορτίου σώματος σε Zn,Cu.
4. Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ σχολικής επίδοσης και φορτίου σώματος σε Zn,Cu στους ως άνω μαθητές.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Πληθυσμιακά δεδομένα

2.1.1. Πληθυσμιακό δείγμα

Το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο μετά απο θετική γνωμοδότησή του με ειδική άδεια επέτρεψε την είσοδο στα σχολεία και την διεξαγωγή της έρευνας.

Η μελέτη διεξήχθη στο δήμο Ιωαννιτών, αστική περιοχή, πρωτεύουσα του νομού Ιωαννίνων της περιφέρειας Ηπείρου.

Αρχικά ενημερώθηκαν οι διευθυντές και το διδακτικό προσωπικό σε δέκα δημόσια Γυμνάσια του δήμου, ακολούθησε διανομή έντυπου υλικού ,σε όλα τα παιδιά , με σκοπό την ενημέρωση και την αίτηση γραπτής άδειας από τους γονείς τους. Η ανωνυμία και η προστασία των υποκειμένων της έρευνας διασφαλίσθηκε με την χρήση κωδικών αντί των ονομάτων (σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου). Η επιλογή του δείγματος έγινε και απο τις τρεις τάξεις του Γυμνασίου. Τα σχολεία από τα οποία προέρχονται τα δείγματά μας επελέγησαν με κλήρωση. Έλαβαν μέρος 503 παιδιά [267 αγόρια (53,1%) και 236 κορίτσια (46,9%)], ηλικίας 12-15 ετών, τα οποία παρακολουθούσαν το πρόγραμμα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο ερευνητή, κατά τη διάρκεια του πρωινού ωραρίου των σχολείων (09:00–13:00 π.μ.), τον Απρίλιο του 2008.

2.1.2. Κριτήρια επιλογής του δείγματος

1. Οι αυξημένες ανάγκες σε απαραίτητα ιχνοστοιχεία ψευδαργύρου και χαλκού της προεφηβικής ηλικίας .
2. Η συνεχής αύξηση κατανάλωσης σνακ από τους έφηβους.
3. Η ηλικιακή ομοιογένεια απαιτείται για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων. Οι συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στο τριχωτό της κεφαλής εξαρτώνται και από την ηλικία.
4. Μειωμένα σφάλματα στα αποτελέσματα των μετρήσεων από παράγοντες όπως κατανάλωση αλκοόλ, χρήση ναρκωτικών και νικοτίνης, βαφή μαλλιών .
5. Παρόμοια σύσταση ατμοσφαιρική και νερού εξασφαλίζεται από τη μόνιμη κατοικία των ατόμων του δείγματος στην ίδια πόλη.

2.1.3. Κατάταξη των παιδιών σε κατηγορίες με κριτήριο τον δείκτη μάζας σώματος.

Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της σωματικής διάπλασης των εφήβων. Ως κριτήρια για την κατηγοριοποίηση των παιδιών υιοθετήθηκαν οι οριακές τιμές του ΔΜΣ με βάση την εκατοστιαία κλίμακα προσαρμοσμένη για το φύλο και την ηλικία, που προτάθηκαν από το Childhood Obesity Working Group του International Obesity Task Force. (Cole TJ et al, 2000, Cole TJ et al, 2007)

2.2. Τροφικά δείγματα

2.2.1. Συλλογή και κατηγοριοποίηση των σνακ

Η προμήθεια των σνακ έγινε από σχολικά κυλικεία και από την τοπική αγορά (υπεραγορές).

Τα σνακ ταξινομήθηκαν σε δύο κατηγορίες:

- α) τα επεξεργασμένα και
- β) τα παραδοσιακά.

Και κάθε κατηγορία σε τρεις υποκατηγορίες :

- α) είδη αρτοποιίας
- β) γλυκά είδη αρτοποιίας / προϊόντα σοκολάτας και
- γ) τραγανά είδη.

Στον [Πίνακα 2.1.] αναφέρονται τα είδη των σνακ που αναλύθηκαν στο εργαστήριο ανά κατηγορία και υποκατηγορία.

Οι πληροφορίες που αναγράφονται στην συσκευασία και αφορούν στη μάζα και στο ενεργειακό περιεχόμενο των σνακ χρησιμοποιήθηκαν ως έχουν. Για τα μη συσκευασμένα είδη οι πληροφορίες αυτές υπολογίστηκαν στο εργαστήριο. Η μέτρηση της μάζας έγινε με αναλυτικό ζυγό ακρίβειας,, η εκτίμηση της περιεχόμενης ενέργειας με την χρήση διατροφικών πινάκων.

Πίνακας 2.1. Τα είδη σνακ που αναλύθηκαν στο εργαστήριο ανα κατηγορία και υποκατηγορία.

Είδη Αρτοποιίας	
<i>Επεξεργασμένα</i>	<i>Παραδοσιακά</i>
Κουλουράκι φούρνου	Παραδοσιακό κουλουράκι σουσαμένιο
Σταφιδόψωμο	Σάντουιτς με φέτα
Σάντουιτς με τυρί	Τόστ με ελληνικό τυρί γραβιέρα μετσόβου
Σάντουιτς με ζαμπόν	Τραχανάς
Σάντουιτς με ζαμπόν και τυρί	
Σάντουιτς με μαγιονέζα	
Κρουασάν με βούτυρο	
Μπισκότα	
Τόστ με ζαμπόν	
Τόστ με τυρί	
Τυρόπιτα	
Μηλόπιτα	

Είδη ζαχαροπλαστικής	
<i>Επεξεργασμένα</i>	<i>Παραδοσιακά</i>
Στρούντελ	Χαλβάς με αμύγδαλα
Μπάρες σοκολάτας	Χαλβάς με σοκολάτα
Μπισκότα γεμιστά	Παστέλι
Γκοφρέττες	Κέϊκ με ταχίνι
Κρουασάν γεμιστά	Κέϊκ με σοκολάτα και ελαιόλαδο
Κέϊκ γεμιστό	

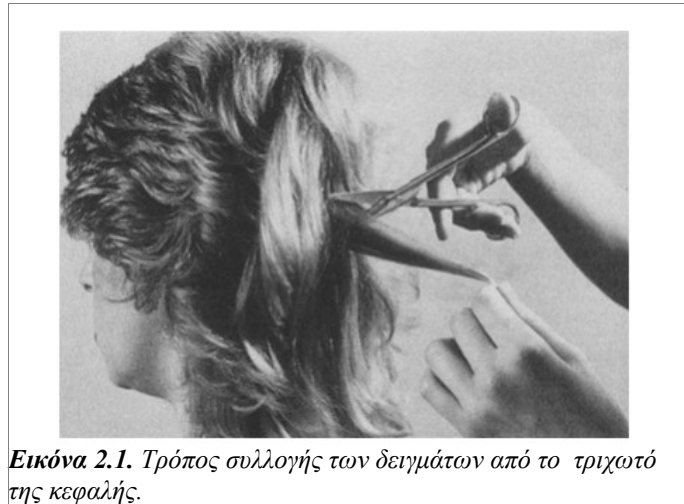
Αλμυρά και τραγανά είδη	
<i>Επεξεργασμένα</i>	<i>Παραδοσιακά</i>
Γαριδάκια	Ξηροί καρποί (Αμύγδαλα, Καρύδια, Ηλιόσπορος,
Πατατάκια	Κολοκυθόσπορος, κ.λ.π.)
Pop corn	Παστέλι
Αλμυρά και ψημένα	

2.3. Δείγματα τριχωτού της κεφαλής

Όλα τα δείγματα είχαν ως αρχή το σημείο κοντά στο κρανίο και κάθε εκατοστό αντιπροσωπεύει και ένα διατροφικό μήνα. Η δειγματοληψία έγινε από το ίδιο άτομο για όλους τους μαθητές με την εξής διαδικασία :

- Αφαιρέθηκαν περίπου 3-4 εκατοστά μαλλιά με αρχή το κρανίο.
- Χρησιμοποιήθηκε ανοξείδωτο ψαλίδι.
- Σταθερό σημείο συλλογής δείγματος: κατώτερο οπίσθιο μέρος κεφαλής, λόγω διαφορετικού ρυθμού ανάπτυξης των τριχών στις διαφορετικές περιοχές της .

- Το τριχωτό της κεφαλής του ανθρώπου αυξάνεται κατά 0.3mm ανά ημέρα (Hopps 1977) στα δείγματα του τριχωτού εκπροσωπώνται έως 4 περίπου διατροφικοί μήνες.[**Εικόνα 2.1**]



***Εικόνα 2.1.** Τρόπος συλλογής των δειγμάτων από το τριχωτό της κεφαλής.*

2.3.1 Αποθήκευση των δειγμάτων

Τα δείγματα του τριχωτού της κεφαλής αμέσως μετά την συλλογή τους τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς περιέκτες πολyaiθυλενίου (zip) και ενσωματώθηκαν στο αντίστοιχο ερωτηματολόγιο. Στον κάθε περιέκτη μεταφέρθηκε άμεσα ο κωδικός του αντίστοιχου ερωτηματολογίου. Ειδικές προφυλάξεις προς αποφυγή επιμολύνσεων ελήφθησαν κατά την ζύγηση των δειγμάτων την πέψη και την φύλαξη του τελικού προϊόντος σε ειδικούς περιέκτες πριν την ανάλυση.

2.4. Ανάλυση των δειγμάτων

2.4.1. Προετοιμασία των δειγμάτων (όξινη πέψη)

Η προετοιμασία όλων των δειγμάτων του τριχωτού της κεφαλής και των τροφίμων έγινε με την διαδικασία της όξινης πέψης. Ποσότητα δείγματος περίπου 0.5g τοποθετείται σε οβίδες Teflon-PFA και προσθέτονται 4ml νιτρικού οξέος 65% αναγνωρισμένης αναλυτικής καθαρότητας (suprapour, Merck,Darmstadt) καθώς και 0,2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου 30% (Fluka) ίδιας καθαρότητας. Οι οβίδες με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε φούρνο μικροκυμάτων Panasonic, ισχύος P=400W και η διαδικασία της όξινης πέψης

διήρκεσε 15 λεπτά. Το διαυγές διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται με δις απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 10ml και είναι έτοιμο προς ανάλυση. Παράλληλα με κάθε σειρά δειγμάτων ετοιμάζουμε τυφλά δείγματα (blanks) καθώς και δείγματα από πέψη υλικών αναφοράς (reference material) με την βοήθεια των οποίων ελέγχουμε την ύπαρξη σφαλμάτων και την αξιοπιστία της ανάλυσης. Διπλές αναλύσεις έγιναν σε 18 δείγματα.

2.4.2. Υλικά αναφοράς

Τα υλικά αναφοράς είναι ουσίες των οποίων οι ιδιότητες προσδιορίζονται με επαρκή ακρίβεια σε πιστοποιημένα εργαστήρια και με έγκυρες από τεχνικής άποψης διαδικασίες. Αποτελούν έναν από τους βασικούς άξονες στον σχεδιασμό της διασφάλισης της ποιότητας των μετρήσεων. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την βαθμονόμηση των οργάνων, για τον έλεγχο μεθόδων μέτρησης ή ακόμη και για την ακρίβεια του συνολικού αναλυτικού συστήματος ενός εργαστηρίου. Για τους σκοπούς αυτής της έρευνας και για την εξακρίβωση της ορθότητας της αναλυτικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά αναφοράς:

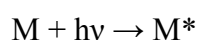
- α) Human Hair certified reference material NCS ZC81002b
- β) Olea Europaea BCR Reference Material No 62 και
- γ) Trace and major elements in skim milk powder No 063R BCR.

Με τα υλικά αυτά αναφοράς ελέγχεται η μέθοδος ανίχνευσης των μετάλλων ψευδαργύρου και χαλκού που εφαρμόστηκε για τις ανάγκες της έρευνας. Μέτρο της ορθότητας είναι η διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής που λαμβάνεται στο εργαστήριο κατά την ανάλυση των πιστοποιημένων υλικών αναφοράς και της πιστοποιημένης τιμής του, διαφορά που εκφράζεται ως % ποσοστό της πιστοποιημένης τιμής.

2.4.3. Ποσοτική ανάλυση των μετάλλων ψευδαργύρου και χαλκού

2.4.3.1. Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα

Όταν ακτινοβολία μήκους κύματος λ περνά από νέφος ατόμων, ένα μέρος της απορροφάται λόγω της διέγερσης των ατόμων.



Επομένως η ένταση της ακτινοβολίας στο μήκος κύματος που αντιστοιχεί στην ενέργεια του φωτονίου $h\nu$ θα μειωθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του ατόμου τόσο

μεγαλύτερη θα είναι και η μείωση στην ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η μείωση της έντασης του σήματος του ανιχνευτή του φωτόμετρου υπακούει στον νόμο των Lambert-Beer, που ορίζει πως όταν μονοχρωματική ακτινοβολία διέρχεται από ομοιογενές υλικό, η ισχύς της ακτινοβολίας μειώνεται ανάλογα με τον αριθμό των απορροφούμενων σωματιδίων στη διαδρομή του φωτός:

$$A = \log P_0/P = a b c$$

όπου A η απορρόφηση, P_0 η ισχύς της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, P η ισχύς της εξερχόμενης ακτινοβολίας, a η απορροφητικότητα (σταθερά), b το μήκος της διαδρομής που διανύθηκε και c η συγκέντρωση. Άρα η απορρόφηση σχετίζεται με τη συγκέντρωση του μετάλλου.

Για κάθε μέταλλο χαρακτηριστικά φάσματα φωτεινών συχνοτήτων ενεργοποιούνται στη πηγή του φωτόμετρου με τη βοήθεια μιας λυχνίας κοίλης καθόδου (hollow cathode lamp). Η κάθοδος αποτελείται από το στοιχείο που προσδιορίζουμε και η άνοδος είναι από βολφράμιο νικέλιο ή ζirkόνιο. Η λάμπα γεμίζεται με νέο ή αργό σε πίεση λίγων *torr*; αέρια που εκπέμπουν γραμμικά φάσματα. Η επιλογή του αερίου γίνεται με σκοπό την μικρότερη φασματική παρεμβολή.

Με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης με φλόγα τα προς ανάλυση μεταλλικά ιόντα, που προκύπτουν μετά την όξινη πέψη των δειγμάτων, εισάγονται στη φλόγα σαν αεροζόλ με τη βοήθεια του νεφελοποιητή και μεταφέρονται από ρεύμα αερίων στον καυστήρα. Το αρχικό βήμα είναι η εξάτμιση του διαλύτη αφήνοντας λεπτά σωματίδια άλατος αιωρούμενα στη φλόγα. Τα σωματίδια αεριοποιούνται και ο παραγόμενος ατμός ατομοποιείται. Αυτή η διεργασία οφείλεται μερικώς στην απευθείας επίδραση της θερμότητας (παραγόμενης από τη φλόγα) και μερικώς στη χημική αναγωγή των χημικών ειδών που υπάρχουν στη φλόγα. Οι μετρήσεις απορρόφησης σε φλόγα γίνονται συνήθως σε θερμοκρασίες κάτω από 3000°C και συνεπώς τα περισσότερα άτομα είναι στη θεμελιώδη κατάσταση. Τα ιοντικά φάσματα διαφέρουν από τα ατομικά και πρέπει να διατηρούμε το βαθμό ιονισμού όσο το δυνατό χαμηλότερο.

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη λάμπα απορροφάται από τα μη διεγερμένα άτομα. Ένα σταθερό σήμα, του οποίου η ένταση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του μετάλλου, καταγράφεται κατά το χρονικό διάστημα που το δείγμα εκτίθεται στη φλόγα. Οι ρυθμίσεις λειτουργίας του οργάνου για τον Zn και το χαλκό είναι οι εξής: **[Πίνακας 2.2]**

Πίνακας 2.2. Περιγραφή ρυθμίσεων λειτουργίας του φασματομέτρου. (Perkin Elmer 560).

Ρυθμίσεις λειτουργίας του οργάνου	Στοιχείο	
	Zn	Cu
Μήκος κύματος	213,9 nm	324,8 nm
Εύρος σχισμής (slit)	0,7 nm NORM	0,7 nm NORM
Ένταση ρεύματος	15 mA	15 mA
Πηγή φωτός	Λυχνία κοίλης καθόδου	Λυχνία κοίλης καθόδου
Φλόγα	Μείγμα ασετιλίνης- αέρα	Μείγμα ασετιλίνης- αέρα
Ευαισθησία:	0,018 µg/ml για 1% απορρόφηση	0,09µg/ml για 1% απορρόφηση

Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης Zn και Cu χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα 0,5 µg/ml και 1µg/ml νιτρικού ψευδαργύρου και νιτρικού χαλκού αντίστοιχα. Η παρασκευή τους έγινε με διαδοχικές αραιώσεις από πρότυπο διάλυμα συγκέντρωσης 1mg/ml (Spectrosol, BDH Chemicals Ltd Poole England). Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται με τα πρότυπα και με το τυφλό δείγμα. Η καμπύλη εργασίας ελέγχεται συχνά για να γίνονται οι κατάλληλες διορθώσεις και τα αποτελέσματα δίνονται σε µg/ml. Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή των αποτελεσμάτων στα αρχικά (στερεά) δείγματα σε µg/g.

2.5.Υπολογιστικά δεδομένα

2.5.1. Ενεργειακές απαιτήσεις του πληθυσμιακού δείγματος

Οι τιμές ενεργειακής απαίτησης που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα είναι για τα αγόρια 2500 Kcal και για τα κορίτσια 2000 Kcal (Stang & Story, 2005)

2.5.2. Απαιτήσεις στα ιχνοστοιχεία ψευδάργυρο και χαλκό

Οι συνιστώμενες ημερήσιες δόσεις για τα ιχνοστοιχεία Zn και Cu που χρησιμοποιήθηκαν στη έρευνα οι φορείς θέσπισης και η πηγή προέλευσης συνοψίζονται ως εξής:

Φορέας θέσπισης	Μεταλλικά ιχνοστοιχεία			
	Zn (mg)		Cu (mg)	
	Αγόρι	Κορίτσι	Αγόρι	Κορίτσι
EU*	9	9	0.8	0.8
WHO**	15	12	2	2

*Reports of the Scientific Committee for Food 1993

**Geneva: WHO, 1996.

2.5.3. Υπολογισμός της πυκνότητας των μετάλλων ψευδαργύρου και χαλκού (Zn density, Cu density)

Οι συγκεντρώσεις των απαραίτητων μεταλλικών ιχνοστοιχείων σε διάφορα τρόφιμα ή γεύματα , συμπεριλαμβανομένων των σνακς , καθώς και η συμβολή τους στην συνιστώμενη ημερήσια δόση (ΣΗΔ) αποτελεί έναν από τους ερευνητικούς τομείς της Μονάδας Περιβαλλοντικής Φυσιολογίας , του Εργαστηρίου Φυσιολογίας ,της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Τα ιχνοστοιχεία Zn και Cu ειδικότερα είναι δυνατόν να αποτελέσουν “δείκτη ποιότητας” των γευμάτων, αν υπολογισθεί η πυκνότητα των μετάλλων αυτών στις τροφές , δηλαδή το πηλίκο :

συγκέντρωση του μετάλλου (μg) / περιεχόμενη ενέργεια (Kcal)

Με βάση τις συνιστώμενες ημερήσιες δόσεις των μετάλλων και τις ημερήσιες θερμιδικές ανάγκες των εφήβων και των δύο φύλων, ηλικίας 12-15 ετών οι άριστοι δείκτες ποιότητας γεύματος είναι : **$6,19 \pm 0,27 \mu\text{g Zn / Kcal}$** και **$0,92 \pm 0,11 \mu\text{g Cu / Kcal}$** .

2.6. Ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο είναι το εργαλείο με το οποίο συλλέχθηκαν οι πληροφορίες των μεταβλητών ενδιαφέροντος, αποτελείται συνολικά από 3 σελίδες με 3 κύρια μέρη.

A. Συλλογή στοιχείων που αναφέρονται στο φύλο το έτος γέννησης την εμμηναρχή για τα κορίτσια και στα ανθρωπομετρικά στοιχεία, τα οποία συμπληρώθηκαν από τους μαθητές σύμφωνα με προφορικές οδηγίες. Η μέτρηση του αναστήματος πραγματοποιήθηκε με αναστημόμετρο ακρίβειας χιλιοστού. Οι εξεταζόμενοι μετρήθηκαν χωρίς παπούτσια σε επίπεδη επιφάνεια. Η μέτρηση καταγράφηκε στο πλησιέστερο 0,5 εκατοστό. Η μέτρηση του βάρους έγινε με ελαφριά ρούχα και με χρήση ζυγαριάς ακρίβειας 0.1 Kg

B. Συλλογή διατροφικών στοιχείων ποιοτικού και ποσοτικού χαρακτήρα που αφορούν στα καταναλισκόμενα σνακ ενός εικοσιτετραώρου.

Γ. Συλλογή στοιχείων γενικού ενδιαφέροντος, όπως το χαρτζιλίκι και το επίπεδο σχολικής επίδοσης όπως αυτό αποτυπώνεται ως μέσος όρος της βαθμολογίας όλων των μαθημάτων των 2 τριμήνων για την πρώτη και τον γενικό μέσο όρο προαγωγής για τους μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του γυμνασίου.

2.7. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS 14 for windows (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

Από την ανάλυση αποκλείστηκαν άτομα με ενεργειακή πρόσληψη από τα ενδιάμεσα γεύματα μεγαλύτερη ή ίση με 4500 Kcal/ημέρα, η οποία θεωρήθηκε ως μη αξιόπιστη καταγραφή (υπερκαταγραφή). Για τον λόγο αυτό αποκλείστηκαν 22 άτομα.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με 503 άτομα. Για τις ποσοτικές μεταβλητές παρουσιάζεται ο μέσος όρος (mean) και η τυπική απόκλιση (standard deviation), ενώ για τις ποιοτικές μεταβλητές οι σχετικές και απόλυτες συχνότητες (absolute and relative frequencies).

Ο έλεγχος της διαφοράς των μέσων δύο ανεξάρτητων πληθυσμών πραγματοποιήθηκε με το independent samples t-test ή ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (One Way ANOVA) ανάλογα με τον αριθμό των κατηγοριών που απαρτίζουν την κάθε ποιοτική μεταβλητή. Έλεγχοι για τη διαφορά των μέσων για ζευγαρωτές παρατηρήσεις έγιναν με σκοπό την εξακρίβωση αλλαγών μεταξύ σχολικών κυλικείων και ελεύθερης αγοράς.

Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε σε $p < 0.05$ και αναφέρεται σε δικατάλικτους ελέγχους (two-tailed tests).

Η κατάταξη των παιδιών στις κατηγορίες με την χρήση του ΔΜΣ έγινε με τη χρήση αλγορίθμου στον οποίο χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τους Cole et al.2000, Cole et al 2007.

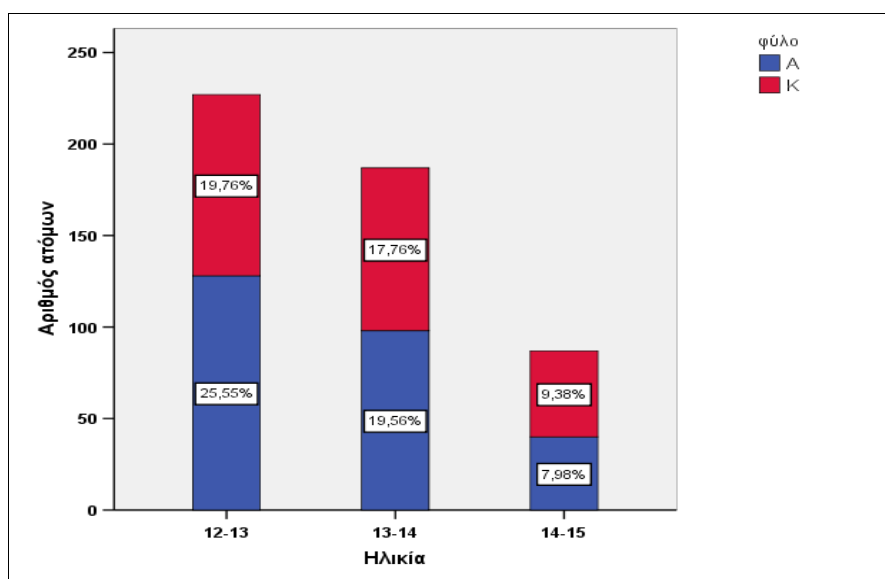
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Χαρακτηριστικά του πληθυσμιακού δείγματος

Στην έρευνα συμμετείχαν 503 παιδιά ηλικίας 12-15 ετών εκ των οποίων 267 αγόρια και 236 κορίτσια. Στον **[Πίνακα 3.1]** φαίνεται ο συνολικός αριθμός των μαθητών ανά ηλικιακή ομάδα, καθώς και το ποσοστό αγοριών (53,1%) και κοριτσιών (46,9%). Το ποσοστό (%) των μαθητών ανά φύλο και ηλικιακή ομάδα φαίνονται στο **[Γράφημα 3.1]**.

Πίνακας 3.1. Συμμετοχή ανά ηλικία και φύλο του μαθητικού πληθυσμού.

Ηλικιακή ομάδα (έτη)	Σύνολο n=503	Αγόρια n=267(53,1%)	Κορίτσια n=236(46,9%)
12-13	227 (45,1%)	128 (47,9%)	99 (41,9%)
13-14	187 (37,2%)	98 (36,7%)	89 (37,7%)
14-15	89 (17,7%)	41 (15,4%)	48 (20,3%)



Γράφημα 3.1. Ποσοστό των ατόμων που συμμετέχουν στο δείγμα ανά ηλικία και φύλο.

Η ηλικία και τα ανθρωπομετρικά στοιχεία του δείγματος παρουσιάζονται στον **[Πίνακα 3.2]** όπου φαίνεται ο συνολικός αριθμός των μαθητών και ο αριθμός ανά φύλο, οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις για το βάρος το ύψος και το ΔΜΣ.

Πίνακας 3.2. Στατιστικά στοιχεία για την ηλικία και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά συνολικά και ανά φύλο.

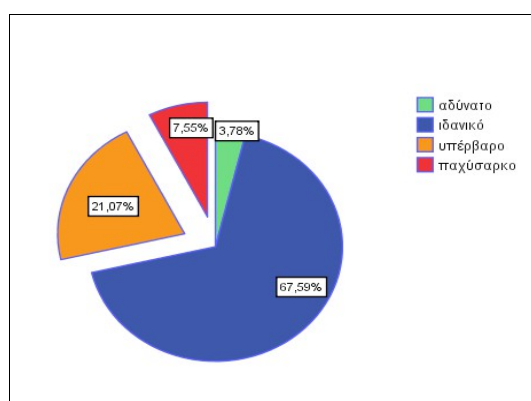
	Σύνολο n=503	Αγόρια n=267	Κορίτσια n=236	p-value
Ηλικία (έτη)*	13,42±0,85	13,35±0,84	13,49±0,86	0,439
Βάρος(Kg)*	57,65±13,17	59,95±13,90	55,03±11,77	0,000
Υψος(cm)*	164,51±8,62	167,22±9,48	161,43±6,25	0,000
ΔΜΣ(Kg/m ²)*	21,00±3,59	21,22±3,78	20,73±3,33	0,129

*Μέση τιμή±Τυπική Απόκλιση

Στο σύνολο του μαθητικού πληθυσμού τα ποσοστά των λιποβαρών, Ιδανικού βάρους, υπέρβαρων και παχύσαρκων παιδιών ήταν 3,8%, 67,6%, 21,10% και 7,6% αντίστοιχα [Πίνακας 3.3]. Στον ίδιο πίνακα φαίνονται τα ποσοστά για κάθε φύλο στις κατηγορίες ΔΜΣ. Δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων στην κάθε κατηγορία [Γράφημα 3.2].

Πίνακας 3.3. Επιπολασμός κατάστασης βάρους των μαθητών ανά φύλο, μέσω των καμπυλών αναφοράς του Δείκτη Μάζας Σώματος.

	Σύνολο N(%)	Αγόρια N(%)	Κορίτσια N(%)	p*
Λιποβαρή	19 (3,78%)	7 (2,62%)	12 (5,08%)	0,140
Ιδανικού βάρους	340 (67,59%)	173 (64,79%)	167 (70,76%)	0,138
Υπέρβαρα	106 (21,07%)	63 (23,60%)	43 (18,22%)	0,358
Παχύσαρκα	38 (7,55%)	24 (8,99%)	14 (5,93%)	



Γράφημα 3.2. Χαρακτηρισμός των μαθητών ανάλογα με το ποσοστό παχυσαρκίας.

3.2. Χαρακτηριστικά διατροφικού δείγματος.

Το διατροφικό δείγμα εστιάστηκε στα είδη σνακ που διατίθενται στα σχολικά κυλικεία και την ελεύθερη αγορά [Πίνακας 2.1] και ο έλεγχος κατευθύνθηκε προς:

- ενεργειακό περιεχόμενο
- συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων Zn, Cu
- πυκνότητα των ιχνοστοιχείων ψευδαργύρου (Znd) και χαλκού (Cud) και σύγκριση με την Znd, Cud που προκύπτει με βάση τις ημερήσιες συστάσεις από EU και WHO

3.2.1. Χαρακτηριστικά των σνακ, που προσφέρονται από τα κυλικεία και την ελεύθερη αγορά.

Για κάθε χαρακτηριστικό έγινε συσχέτιση μεταξύ επεξεργασμένων (E) και παραδοσιακών (Π) ειδών.

Στον [Πίνακα 3.4] αναγράφονται το ενεργειακό περιεχόμενο σε Kcal ,και η συγκέντρωση των μετάλλων Zn και Cu σε μg ιχνοστοιχείου, ανά συσκευασία προσφερόμενου προϊόντος, κάθε κατηγορίας και υποκατηγορίας σνακ.

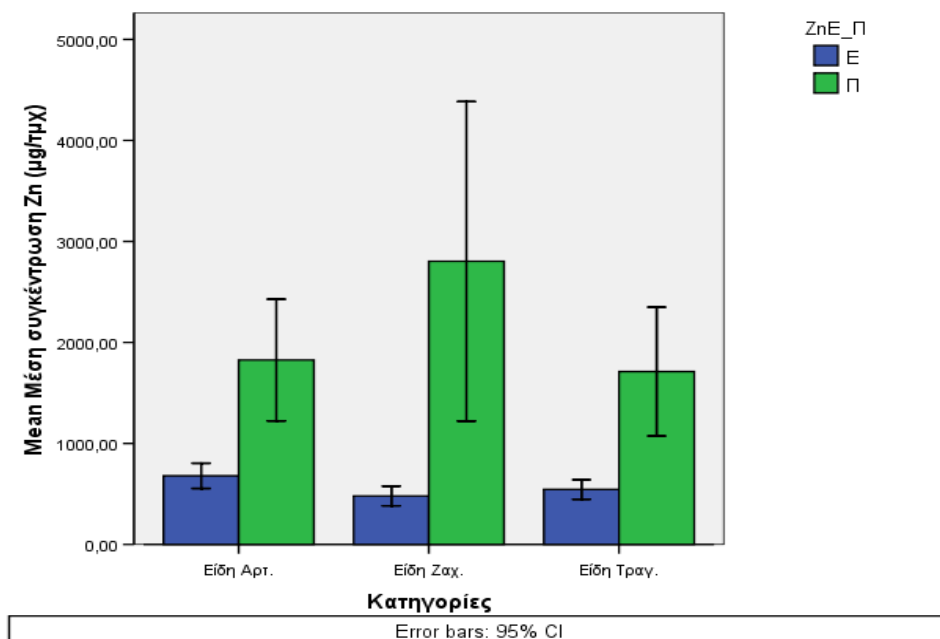
Τα παραδοσιακά σνακ έχουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,00$) υψηλότερες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου και χαλκού από τα επεξεργασμένα και για τις τρεις υποκατηγορίες προϊόντων. Η διαφορά ως προς το ενεργειακό τους περιεχόμενο δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Στο [Γράφημα 3.3] φαίνεται η διαφορά της συγκέντρωσης Zn ανά σνακ μεταξύ των επεξεργασμένων και παραδοσιακών σνακ στις τρεις υποκατηγορίες τους που αναλύθηκαν στο εργαστήριο.

Πίνακας 3.4. Μάζα(g), ενεργειακό περιεχόμενο (Kcal) και συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων Zn, Cu (μg) ανά συσκευασμένο τεμάχιο σνακ.

	Μάζα (g)*	Ενεργειακό περιεχόμενο (Kcal)*	Zn(μg/τμχ)*	Cu(μg/τμχ)*
Επεξεργασμένα				
Είδη Αρτοποιίας	102,47±18,97	377,28±92,78	679,73±251,76	138,25±35,69
Γλυκά	64,40±20,46	304,72±100,49	479,89±135,54	145,64±57,33
Αλμυρά-Τραγανά	56,08±11,42	280,51±38,12	544,42±151,99	135,30±44,54
Παραδοσιακά				
Είδη Αρτοποιίας	105,50±49,13	320,19±148,37	1825,72±573,89	286,80±71,32
Γλυκά	72,00±18,57	360,93±96,70	2170,87±912,19	643,42±253,42
Αλμυρά-Τραγανά	48,57±2,44	262,48±23,99	1832,73±392,15	535,82±210,46
	p	0,340	<0,000	<0,000

*Μέση τιμή±Τυπική Απόκλιση



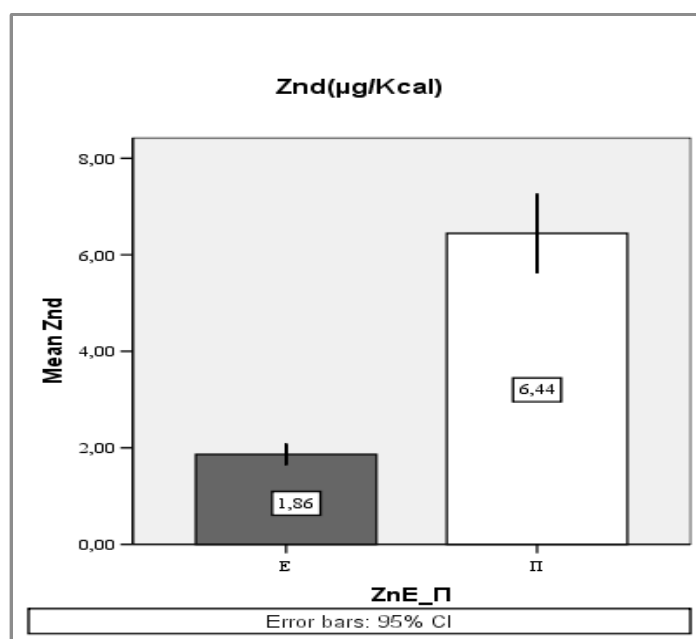
Γράφημα 3.3 Διαφορά περιεχομένου Zn μεταξύ παραδοσιακών και επεξεργασμένων σνακ.

Στον [Πίνακα 3.5] περιγράφονται χαρακτηριστικά των σνακ όπως η πυκνότητα Zn και Cu (Zn,Cu density) που ορίζεται ως εξής: Zn density (Znd)= Zn (μg)/ Kcal και Cu density (Cud)= Cu (μg) / Kcal ,εκάστου διατροφικού δείγματος, για κάθε υποκατηγορία σνακ. Η πυκνότητα των μεταλλικών ιχνοστοιχείων των παραδοσιακών σνακ είναι μεγαλύτερη από αυτή των επεξεργασμένων για όλες τις υποκατηγορίες των σνακ [Γράφημα 3.4].

Πίνακας 3.5. Znd ,Cud Επεξεργασμένων(E), Παραδοσιακών(Π) σνακ και σύγκριση μεταξύ τους.

	Znd*			Cud*		
	Είδη Αρτοποιίας	Είδη Γλυκά	Είδη Τραγανά	Είδη Αρτοποιίας	Είδη Γλυκά	Είδη Τραγανά
E	1,94±0,89	1,63±0,49	1,94±0,53	0,38±0,14	0,50±0,20	0,48±0,15
Π	6,20±1,47	5,86±1,79	7,50±1,47	1,06±0,52	1,74±0,44	2,30±0,76
p	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000

*mean ± S



Γράφημα 3.4. Σύγκριση της πυκνότητας Zn μεταξύ επεξεργασμένων και παραδοσιακών σνακ.

Στον [Πίνακα 3.6] φαίνεται η πυκνότητα ψευδαργύρου και χαλκού των διατροφικών ειδών, όπως διαμορφώνεται από τις προτεινόμενες ημερήσιες συστάσεις των αντιστοίχων μεταλλικών ιχνοστοιχείων και της ενέργειας , από την Ευρωπαϊκή Ένωση EU (Reports of the Scientific Committee for Food,1993) και από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2001) για τα δύο φύλα .

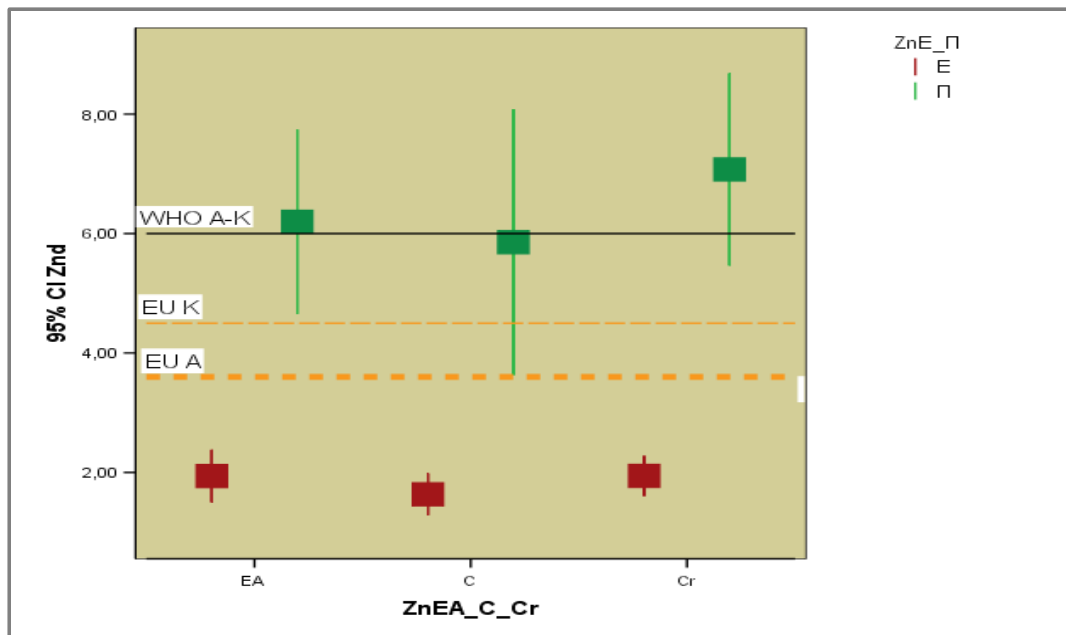
Στον ίδιο πίνακα παρατηρούμε ότι οι δείκτες Znd, Cud των συστάσεων της EU είναι αρκετά μικρότεροι από αυτούς του WHO για αγόρια και κορίτσια. [Γράφημα3.5] Η Ελλάδα ακολουθεί δεδομένα της EU.

Πίνακας 3.6. Δείκτης Znd, Cud ($\mu\text{g}/\text{Kcal}$) που εξάγεται με τη χρήση ημερησίων συστάσεων από EU και WHO.

Ημερήσιες Συστάσεις				Δείκτες			
		EU	WHO			EU	WHO
Zn(mg)	A	9	15	Znd	A	3,60	6,00
	K	9	12		K	4,50	6,00
Cu(mg)	A	0,8	2	Cud	A	0,32	0,80
	K	0,8	2		K	0,40	1,00

Στον [Πίνακα 3.7] φαίνεται ότι οι πυκνότητες Znd, Cud των **παραδοσιακών σνακ**, είναι μεγαλύτερες από τους δείκτες που προκύπτουν από τις συστάσεις EU και WHO, για αγόρια και κορίτσια. Αντιθέτως τα **επεξεργασμένα σνακ** φαίνεται να έχουν αρκετά μικρότερες πυκνότητες Znd σε σύγκριση με τους EU, WHO δείκτες, ενώ οι πυκνότητες Cud είναι παραπλήσιες με τον αντίστοιχο EU δείκτη.

Στο [Γράφημα3.5] παρατηρούμε επίσης τη σχετική διαφορά των Znd τόσο μεταξύ των υποκατηγοριών όσο και μεταξύ των δεικτών EU και WHO.



Γράφημα 3.5. Σύγκριση Znd επεξεργασμένων και παραδοσιακών σνακ με τους δείκτες EU και WHO για αγόρια και κορίτσια.

Πίνακας 3.7. Σύγκριση των *Znd* και *Cud* του διατροφικού δείγματος με τα αντίστοιχα *Znd* και *Cud* όπως διαμορφώνονται από τις συστάσεις των *EU* και *WHO*.

		Znd,Cud (μg/Kcal) Διατροφικού Δείγματος		EU				WHO			
		Znd	Cud	Znd		Cud		Znd		Cu	
				A	K	A	K	A	K	A	K
E	Αρτοπ.	1,94±0,89	0,38±0,14	3,60	4,50	0,32	0,40	6,00	6,00	0,80	1,00
	Γλυκά	1,63±0,49	0,50±0,20								
	Τραγανά	1,94±0,53	0,48±0,15								
Π	Αρτοπ.	6,20±1,47	1,06±0,52								
	Γλυκά	5,86±1,79	1,74±0,44								
	Τραγανά	7,50±1,47	2,30±0,76								

mean ± sd

Στον [Πίνακα 3.8] φαίνεται το πηλίκo της περιεκτικότητας Zn/Cu του διατροφικού δείγματος και η σύγκριση μεταξύ των υποκατηγοριών του. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του πηλίκου Zn/Cu μεταξύ επεξεργασμένων και παραδοσιακών σνακ.

Πίνακας 3.8. Πηλίκo Zn/Cu του διατροφικού δείγματος .

Zn/Cu			
	Είδη Αρτοποιίας	Είδη Γλυκά	Είδη Τραγανά
E	5,11±2,02	3,70±1,85	4,43±1,68
Π	6,45±1,61	3,31±0,32	3,61±1,32
p-value	0,065	0,267	0,220

3.2.2. Κατανάλωση σνακ, βάσει ερωτηματολογίων.

Από τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι μαθητές εκτιμήθηκε η κατανάλωση των σνακ ως προς :

- αριθμός σνακ σε τεμάχια (τμχ)
- συγκέντρωση Zn και Cu (μg/τεμάχιο)
- περιεχόμενο θερμίδων (Kcal/τεμάχιο)
- εκατοστιαία συνεισφορά τους ως προς τις ημερήσιες συστάσεις των EU και WHO
- πυκνότητα των ιχνοστοιχείων (Zn, Cu)
- πηλίκιο Zn/Cu

Τα καταναλωτικά χαρακτηριστικά των σνακ συσχετίστηκαν με τις παρακάτω μεταβλητές:

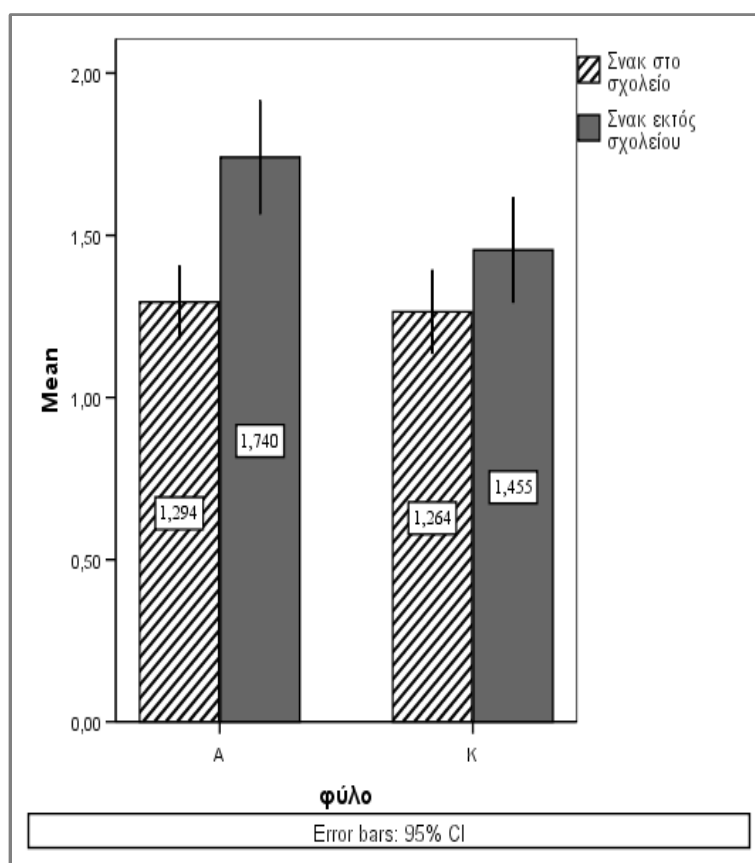
- φύλο (αγόρι-κορίτσι)
- χώρος προμήθειας σνακ (εντός ή εκτός σχολείου)
- διαχείριση χρημάτων (χαρτζιλίκι)
- δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ)

Από την ανάλυση των ερωτηματολογίων προκύπτει ότι ο μέσος αριθμός σνακ που καταναλώνουν οι μαθητές σε ένα 24ωρο είναι $2,89 \pm 1,56$ τμχ. [Πίνακας 3.9]. Τα αγόρια φαίνεται να καταναλώνουν ημερησίως περισσότερα σνακ από τα κορίτσια ($p=0,027$). Στον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι ο μέσος αριθμός σνακ που και καταναλώνουν οι μαθητές στο σχολείο δεν διαφοροποιείται ως προς το φύλο ($p=0,733$) ενώ όταν η προμήθεια γίνεται εκτός σχολείου, μετά το πέρας των μαθημάτων, η διαφορά κατανάλωσης μεταξύ των φύλων είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,019$) δηλ. τα αγόρια φαίνεται να καταναλώνουν περισσότερα σνακ εκτός σχολείου από τα κορίτσια. [Γράφημα 3.6]

Πίνακας 3.9. Ημερήσια κατανάλωση σνακ (τμχ) εντός και εκτός σχολείου συνολικά και ανά φύλο.

Φύλο	Τμχ/ημέρα*	Τμχ/ημέρα εντός σχολείου*	Τμχ/ημέρα εκτός σχολείου*	p
A+K	2,89±1,56	1,28±0,97	1,61±1,37	0,000
A	3,03±1,63	1,29±0,94	1,74±1,45	0,000
K	2,72±1,47	1,26±1,00	1,45±1,26	0,096
p	0,027	0,733	0,019	

* mean ± sd

**Γράφημα 3.6.** Ημερήσια κατανάλωση σνακ εντός και εκτός σχολείου για αγόρια και κορίτσια.

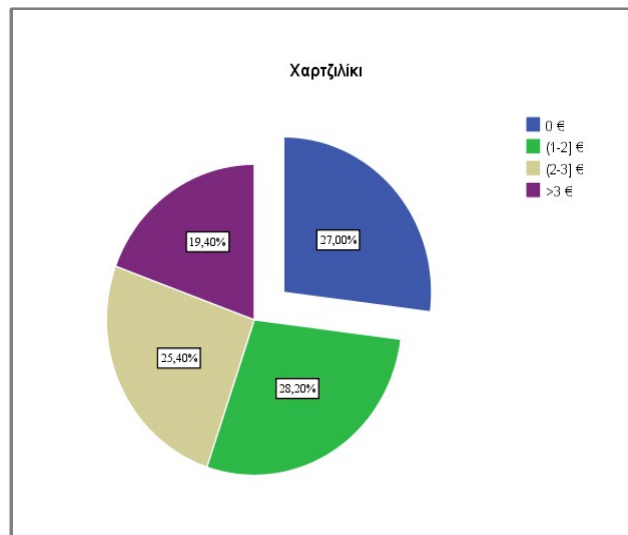
Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προκύπτει ότι με βάση το “χαρτζιλίκι” διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες μαθητών :

- όχι χαρτζιλίκι
- ναι χαρτζιλίκι (1-2] €
- ναι χαρτζιλίκι (2-3] €
- ναι χαρτζιλίκι >3 €

Παρατηρείται ότι 73% των μαθητών διαχειρίζεται “χαρτζιλίκι” . [Πίνακας 3.10] Στο [Γράφημα 3.7] φαίνεται το ποσοστό των ατόμων κάθε κατηγορίας, ως προς τη μεταβλητή “ χαρτζιλίκι”.

Πίνακας 3.10. Ταξινόμηση μαθητών με βάση το “χαρτζιλίκι”.

	Αριθμός ατόμων (ποσοστό%)	χαρτζιλίκι(€)	Αριθμός ατόμων (ποσοστό %)
Όχι	135 (27,0%)	0	135 (27,0%)
Ναι	365 (73,0%)	(1-2]	141 (28,2%)
		(2-3]	127 (25,4%)
		>3	97 (19,4%)



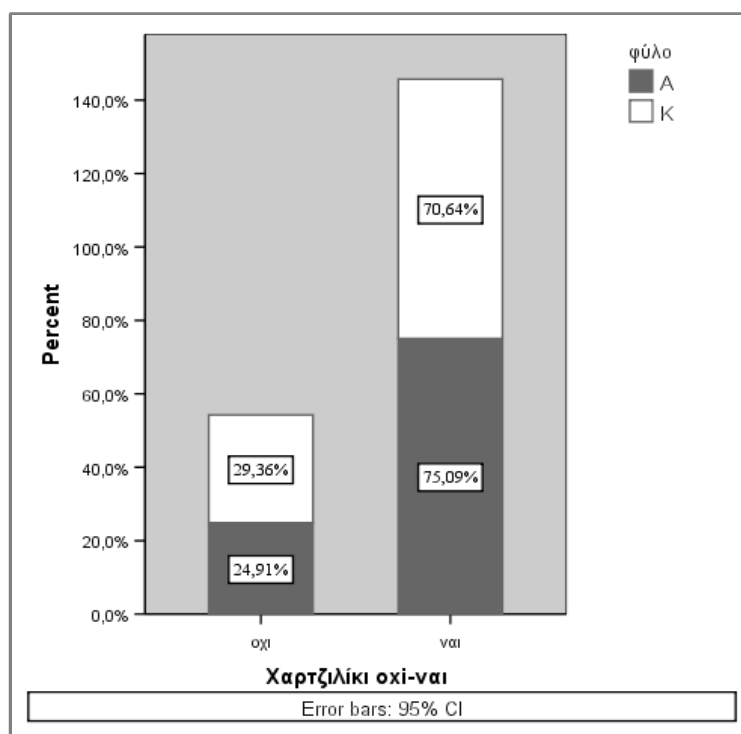
Γράφημα 3.7. Ποσοστιαία συμμετοχή εκάστης κατηγορίας μαθητών με βάση το “χαρτζιλίκι”.

Στον [Πίνακα 3.11] φαίνονται τα ποσοστά των μαθητών που διαχειρίζονται ή δεν διαχειρίζονται χαρτζιλίκι ανά φύλο. Το ποσοστό των αγοριών που παίρνει

χαρτζιλίκι είναι μεγαλύτερο (75,09%) απο αυτό των κοριτσιών. (70,64%) [Γράφημα 3.8].

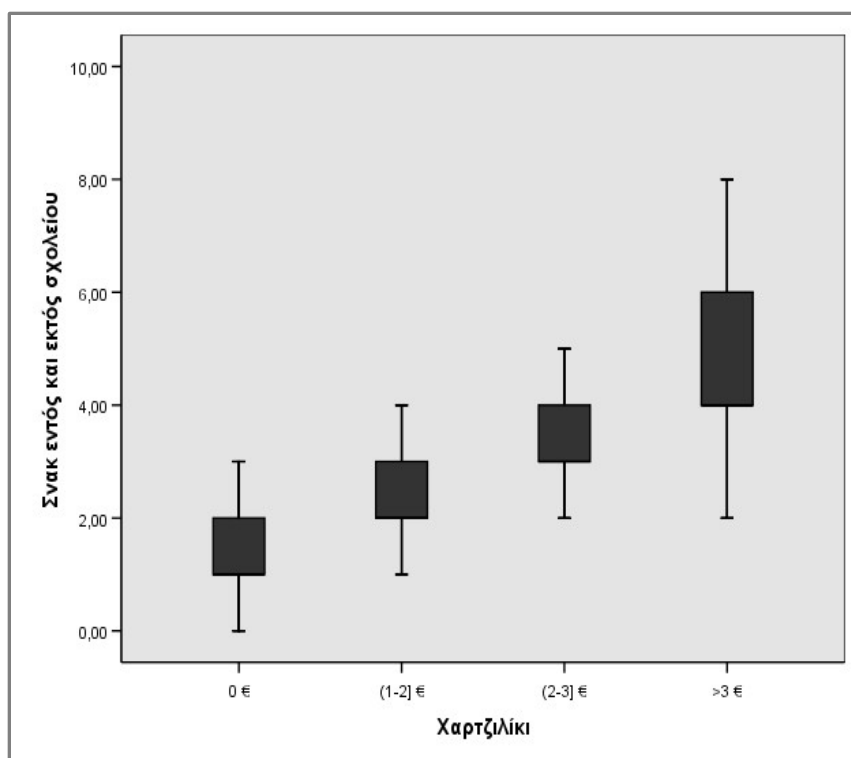
Πίνακας 3.11. Ποσοστό των μαθητών ανά φύλο που διαχειρίζεται (ναί) ή δεν διαχειρίζεται (όχι) Χαρτζιλίκι.

Φύλο	Χαρτζιλίκι	
	Οχι (%)	Ναί (%)
Αγόρια	24,91	75,09
Κορίτσια	29,36	70,64



Γράφημα 3.8. Σύγκριση της μεταβλητής όχι- ναι “χαρτζιλίκι” μεταξύ των φύλων.

Γιά την εκτίμηση της συσχέτισης μεταξύ του αριθμού σνακ που προμηθεύονται οι μαθητές και των χρημάτων που διαχειρίζονται χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Bivariate Pearson Correlation. Υπάρχει στατιστικά σημαντική πολύ ισχυρή θετική συσχέτιση ($p < 0,01$ & $r = 0,945$) μεταξύ των σνακ που καταναλώνονται εκτός σχολείου και των χρημάτων που διαχειρίζονται οι μαθητές . Στο [Γράφημα 3.9] απεικονίζεται ότι όσο αυξάνεται το χαρτζιλίκι τόσο αυξάνεται και ο συνολικός αριθμός σνακ που προμηθεύονται οι μαθητές ανά ημέρα



Γράφημα 3.9. Θηκόγραμμα της ημερήσιας κατανάλωσης σνακ (τμχ) για τις ομάδες της μεταβλητής “χαρτζιλίκι”.

Ο αριθμός σνακ που καταναλώνεται από τους μαθητές, όπως δηλώθηκε στα ερωτηματολόγια, για τις κατηγορίες κατάταξης με βάση το ΔΜΣ φαίνεται στον [Πίνακα 3.12]. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις τόσο στο σύνολο των μαθητών όσο και για κάθε φύλο ξεχωριστά.

Πίνακας 3.12. Κατανάλωση σνακ για τις κατηγορίες κατάταξης σύμφωνα με το ΔΜΣ και το φύλο*.

		Αδύνατα	Ιδανικά	Υπέρβαρα	Παχύσαρκα
A+K		2,67±1,41	2,88±1,44	2,52±1,25	2,53±1,40
Φύλο	A	2,83±1,47	2,99±1,52	2,68±1,36	2,83±1,37
	K	2,58±1,44	2,77±1,35	2,28±1,05	1,92±1,31
p		0,790	0,072	0,223	0,430

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Στον [Πίνακα 3.13] φαίνεται η σχέση (ANOVA) αριθμού σνακ που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια ενός 24ωρου, εντός και εκτός σχολείου και των κατηγοριών ΔΜΣ και δεν αναδεικνύονται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις. Συμπεραίνεται ότι οι μαθητές καταναλώνουν τον ίδιο αριθμό σνακ ανεξαρτήτως κατηγορίας ΔΜΣ τόσο εντός όσο και εκτός του σχολείου.

Πίνακας 3.13. Συσχέτιση αριθμού σνακ & ΔΜΣ (ANOVA).

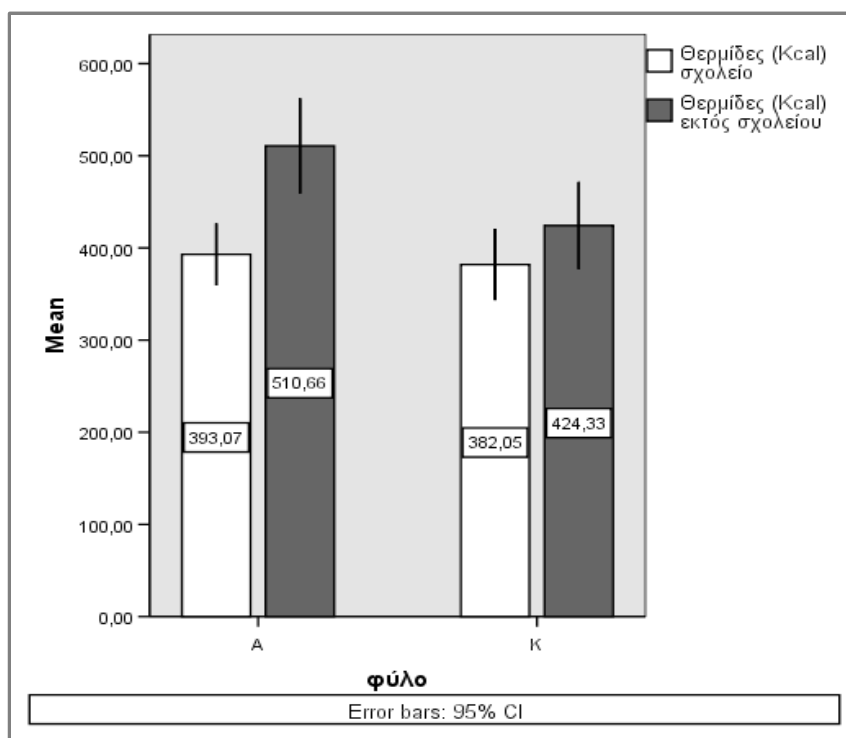
Ομάδες	Sig
Σνακ εντός σχολείου	0,131
Σνακ εκτός σχολείου	0,952
Συνολικά σνακ ανά ημέρα	0,435

Από την ανάλυση των ερωτηματολογίων προκύπτει ότι το περιεχόμενο των θερμίδων (Kcal) των σνακ που καταναλώνουν ανά ημέρα οι μαθητές διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($p<0,01$). Όταν η κατανάλωση γίνεται στο χώρο του σχολείου δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική ενεργειακή διαφορά ($p=0,670$) μεταξύ των φύλων. Όταν η κατανάλωση γίνεται εκτός του χώρου του σχολείου η διαφορά των θερμίδων που καταναλώνουν αγόρια και κορίτσια είναι σημαντική ($p=0,016$) [Πίνακας 3.14]. Το ποσοστό(%) της ημερήσιας ενεργειακής απαίτησης για κάθε φύλο που καλύπτεται από τα σνακ είναι $36,14\pm 19,09$ για τα αγόρια και $40,31\pm 21,32$ για τα κορίτσια [Γράφημα 3.10].

Πίνακας 3.14. Ενεργειακό περιεχόμενο των σνακ και εκατοστιαία συνεισφορά τους στην ημερήσια ενεργειακή απαίτηση για αγόρια και κορίτσια.

Ενέργεια (kcal)	Σχολείο*	Εκτός σχολείου*	Συνολική /ημέρα*	Συνεισφορά (%) στην ημερήσια απαίτηση *
A	393,07±276,60	510,66±425,51	903,74±477,30	36,14±19,09
K	382,04±297,89	424,32±365,58	806,38±426,41	40,31±21,32
p	0,670	0,016	0,017	

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση



Γράφημα 3.10 Θερμίδες που καταναλώνουν από σνακ αγόρια και κορίτσια στο σχολείο και εκτός σχολείου.

Η ημερήσια πρόσληψη Zn (μg) και Cu (μg) από τα σνακ που καταναλώνουν οι μαθητές ανά φύλο φαίνεται στον [Πίνακα 3.15]. Η διαφορά μεταξύ των φύλων είναι στατιστικά σημαντική και για τα δύο μεταλλικά ιχνοστοιχεία.

Τα αγόρια προσλαμβάνουν από τα σνακ ανά ημέρα μεγαλύτερες ποσότητες τόσο ψευδαργύρου όσο και χαλκού από τα κορίτσια.

Πίνακας 3.15. Πρόσληψη ψευδαργύρου και χαλκού από σνακ την ημέρα για κάθε φύλο.

Zn / day * (μg)		Cu / day * (μg)	
A	K	A	K
1762,10±922,48	1557,40±812,06	425,21±228,50	382,60±207,47
p-value		0,031	

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Πίνακας 3.16. Zn/ σνακ και Cu/ σνακ εντός και εκτός σχολείου για κάθε φύλο.

	A	K	p
Εντός σχολείου			
Zn /σνακ (μg/τμχ)*	619,85±68,13	611,00±72,56	0,215
Cu /σνακ (μg/τμχ)*	139,20±2,88	139,40±3,07	0,516
Εκτός σχολείου			
Zn /σνακ (μg/τμχ)*	557,27±64,05	553,58±68,92	0,592
Cu /σνακ (μg/τμχ)*	140,92±3,62	141,19±3,78	0,480

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Στον [Πίνακα 3.16] φαίνεται ότι το περιεχόμενο Zn και Cu ανά σνακ δεν διαφοροποιείται μεταξύ των φύλων είτε η προμήθεια γίνεται στο χώρο του σχολείου είτε εκτός αυτού.

Τα σνακ που προμηθεύονται αγόρια και κορίτσια από το σχολικό κυλικείο φαίνεται να περιέχουν περισσότερο ψευδάργυρο ανά τεμάχιο από αυτά της ελεύθερης αγοράς. Ο ίδιος έλεγχος για το χαλκό δείχνει ότι τα σνακ που προμηθεύονται εκτός σχολείου έχουν περισσότερο χαλκό από αυτά εντός σχολείου. Στον [Πίνακα 3.17] παρατηρούνται οι διαφορές αυτές στον έλεγχο κατά ζεύγη. Το ίδιο αποτέλεσμα παρατηρείται και για τα δύο φύλα.

Πίνακας 3.17. Έλεγχος κατά ζεύγη (Zn,Cu/σνακ στο σχολείο- εκτός σχολείου).

Φύλο	Ζεύγη Μεταβλητών	Zn(μg/τμχ)*	p
Αγόρι	Zn/σνακ εντός σχολείου-εκτός σχολείου	62,89±107,93	0,000
Κορίτσι		58,71±118,58	0,000
Αγόρι	Cu/σνακ εντός σχολείου-εκτός σχολείου	-0,45±0,048	0,000
Κορίτσι		-0,026±0,05	0,000

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

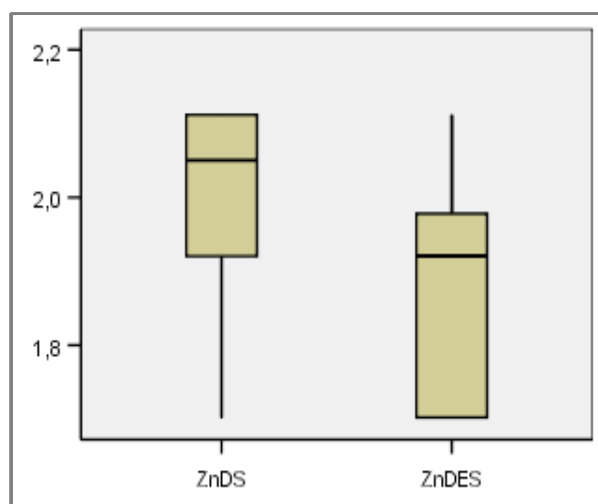
Η ZnD και η CuD είναι $1,95 \pm 0,106 \mu\text{g/Kcal}$ και $0,47 \pm 0,24 \mu\text{g/Kcal}$ αντίστοιχα. Τα προϊόντα που πωλούνται εντός του σχολείου έχουν μεγαλύτερη ZnD από αυτά που προμηθεύονται οι μαθητές το απόγευμα από την ελεύθερη αγορά. Παρατηρείται εξ'άλλου στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πυκνοτήτων των προϊόντων σνακ που πωλούνται εντός και εκτός σχολείου, αλλά η μεν ZnD είναι μεγαλύτερη εντός σχολείου η δε CuD μικρότερη. [Πίνακας 3.18]:

Πίνακας 3.18. ZnD, CuD των διατιθέμενων σνακ εντός και εκτός σχολείου.

Μέση ZnD ($\mu\text{g/Kcal}$)*		Μέση CuD ($\mu\text{g/Kcal}$)*	
1,95 $\pm$ 0,106		0,47 $\pm$ 0,24	
Εντός σχ.	Εκτός σχ.	Εντός σχ.	Εκτός σχ.
2,00 $\pm$ 0,13	1,89 $\pm$ 0,14	0,45 $\pm$ 0,03	0,48 $\pm$ 0,03
p		0,000	

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Στο [Γράφημα 3.11] φαίνεται η διαφορά των ZnD των σνακ που διατίθενται εντός και εκτός του σχολείου.



Γράφημα 3.11 Σύγκριση μεταξύ των ZnD των σνακ που διατίθενται εντός και εκτός του σχολείου.

Στον [Πίνακα 3.19] φαίνεται η σύγκριση των Znd και Cud των εκτός σχολείου προϊόντων μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των φύλων είναι στατιστικά ασήμαντες και για τα δύο ιχνοστοιχεία.

Πίνακας 3.19: Σύγκριση Znd και Cud στα εκτός σχολείου προϊόντα μεταξύ των δύο φύλων.

	Znd εκτός σχολείου (μg/Kcal)*		Cud εκτός σχολείου (μg/Kcal)*	
	A	K	A	K
	1,90±0,14	1,89±0,15	0,45±0,030	0,46±0,032
p	0,470		0,540	

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Στον [Πίνακα 3.20] φαίνεται ότι οι μαθητές που δεν διαχειρίζονται χαρτζιλίκι καταναλώνουν λιγότερα σνακ και λιγότερες θερμίδες ημερησίως από τους μαθητές που διαχειρίζονται χαρτζιλίκι, όμως η Znd των σνακ που καταναλώνουν είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των μαθητών με χαρτζιλίκι.

Πίνακας 3.20. Ημερήσια πρόσληψη ενέργειας (Kcal), Zn(μg) από τα σνακ και Znd(μg/Kcal) σε σχέση με το χαρτζιλίκι.

	Ναι χαρτζιλίκι	Όχι χαρτζιλίκι	p
Ενέργεια(Kcal)	983,86±434,10	503,31±306,74	0,000
Zn(μg)*	1904,74±841,62	1001,55±590,42	0,000
Znd (μg/Kcal)*	1,93±0,09	2,01±0,11	0,000

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Στον [Πίνακα 3.21] φαίνεται το πηλίκo Zn/Cu από τα σνακ συνολικά αλλά και για αυτά που καταναλώνονται εντός και εκτός του χώρου του σχολείου, γίνονται επίσης συγκρίσεις μεταξύ των φύλων χωρίς να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.21. Zn/Cu από τα σνακ εντός και εκτός σχολείου για αγόρια και κορίτσια.

	A	K
Zn/Cu*	4,21±0,42	4,14±0,45
p		0,069
Zn/Cu* εντός σχολείου	4,46±0,54	4,39±0,58
p		0,230
Zn/Cu* εκτός σχολείου	3,96±0,52	3,93±0,56
p		0,559

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

Στον [Πίνακα 3.22] φαίνεται το ποσοστό επι των ημερησίων συστάσεων **EU και WHO** για Kcal Zn,Cu που καλύπτονται από τα σνακ για κάθε φύλο . Οι διαφορές μεταξύ των φύλων είναι στατιστικά σημαντικές και για τις τρεις μεταβλητές ($p<0,05$).

Πίνακας 3.22. Ποσοστό % των ημερησίων συστάσεων EU και WHO σε Kcal, Zn,Cu που καλύπτουν τα σνακ στα δύο φύλα.

Φύλο	% Kcal*	% Zn*	% Cu*	Ημερήσιες Συστάσεις
A	36,14±19,09	19,58±10,25	53,15±28,56	9mgZn-0,8mgCu (EU)
		11,75± 6,15	21,26±11,42	15mgZn-2,0mgCu (WHO)
K	40,31±21,32	17,30±9,02	47,82±25,93	9mgZn-0,8mgCu (EU)
		12,97±6,77	19,13±10,37	12mgZn-2,0mgCu (WHO)

*Μέσος±Τυπική Απόκλιση

3.3. Συγκέντρωση Zn και Cu στο τριχωτό της κεφαλής

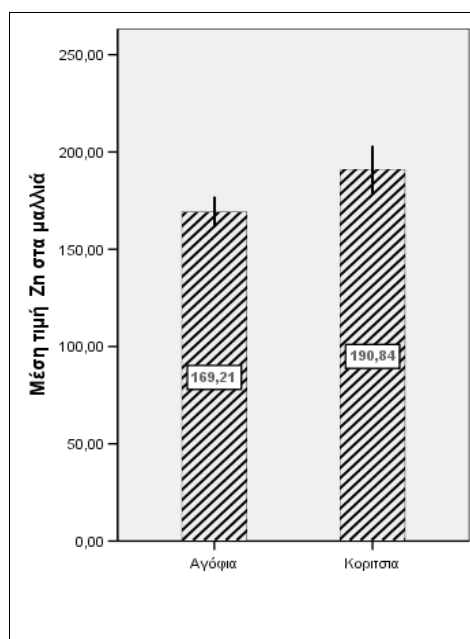
3.3.1 Σύγκριση της συγκέντρωσης Zn και Cu του τριχωτού της κεφαλής μεταξύ των δύο φύλων.

Στον [πίνακα 3.23] φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις Zn και Cu στο τριχωτό της κεφαλής στα κορίτσια είναι υψηλότερες από αυτές των αγοριών και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές ($p=0,004$, $p=0,000$) . [Γράφημα3.12] και [Γράφημα 3.13]

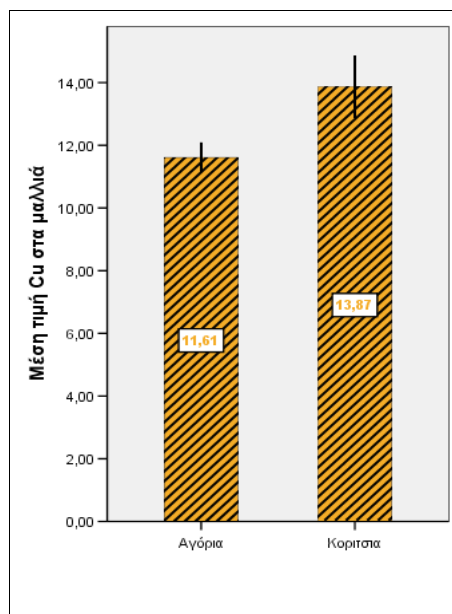
Πίνακας 3.23. Διαφορές στο περιεχόμενο των μεταλλικών ιχνοστοιχείων Zn,Cu στο τριχωτό της κεφαλής των μαθητών στα φύλα.

	Φύλο	Συγκέντρωση Zn ,Cu (μg/gr)* και Zn/Cu *	p
Zn	A	169,21±64,07	0,004
	K	190,84±93,21	
Cu	A	11,61±3,93	0,000
	K	13,87±7,71	

*Μέσος ±Τυπική Απόκλιση



Γράφημα 3.12 . Μέση συγκέντρωση ψευδαργύρου (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής στα δύο φύλα.



Γράφημα 3.13. Μέση συγκέντρωση χαλκού (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής στα δύο φύλα.

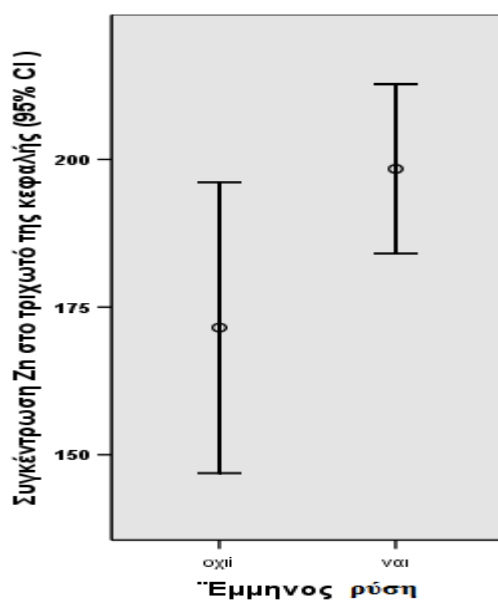
Ειδικότερα για τα κορίτσια με και χωρίς έμμηνο ρύση οι συγκεντρώσεις των δύο ιχνοστοιχείων Zn και Cu διαμορφώνονται ως εξής [Πίνακας3.24].

Πίνακας 3.24. Συγκέντρωση Zn,Cu τριχωτού κεφαλής σε κορίτσια χωρίς (όχι) και με (ναι) έμμηνο ρύση.

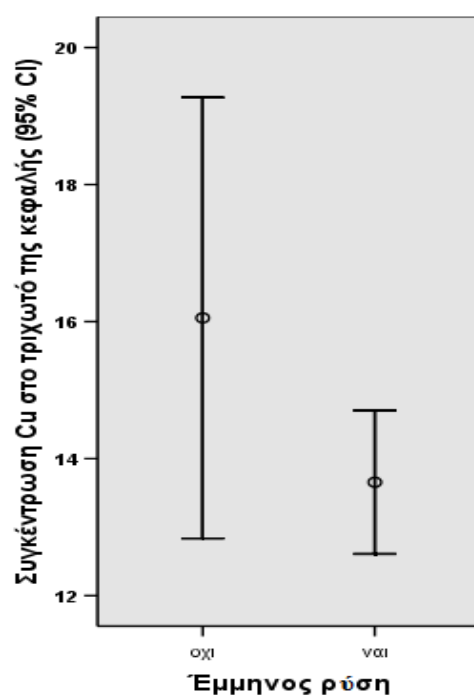
Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων Zn,Cu (μg/g) τριχωτού κεφαλής		
	Zn (μg/g)*	Cu (μg/g)*
Χωρίς έμμηνο ρύση	171,53±69,45	16,61±9,09
Μέ έμμηνο ρύση	198,40±99,55	13,66±7,34
p	0,139	0,046

*Μέσος ±Τυπική Απόκλιση

Παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση του Zn στο τριχωτό της κεφαλής είναι αυξημένη στην ομάδα με έμμηνο ρύση. Η διαφορά τους όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,139$). [Γράφημα3.14]. Στον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι η συγκέντρωση του Cu του τριχωτού της κεφαλής είναι μικρότερη στην ομάδα κοριτσιών που έχουν έμμηνο ρύση και η διαφορά μεταξύ των τιμών τους είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,046$) [Γράφημα3.15].



Γράφημα 3.14 Συγκέντρωση Zn (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής για κορίτσια χωρίς και με έμμηνο ρύση.



Γράφημα 3.15 Συγκέντρωση Cu (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής για κορίτσια χωρίς και με έμμηνο ρύση.

3.3.2. Συσχέτιση της συγκέντρωσης Zn και Cu του τριχωτού της κεφαλής με το ΔΜΣ και το φύλο

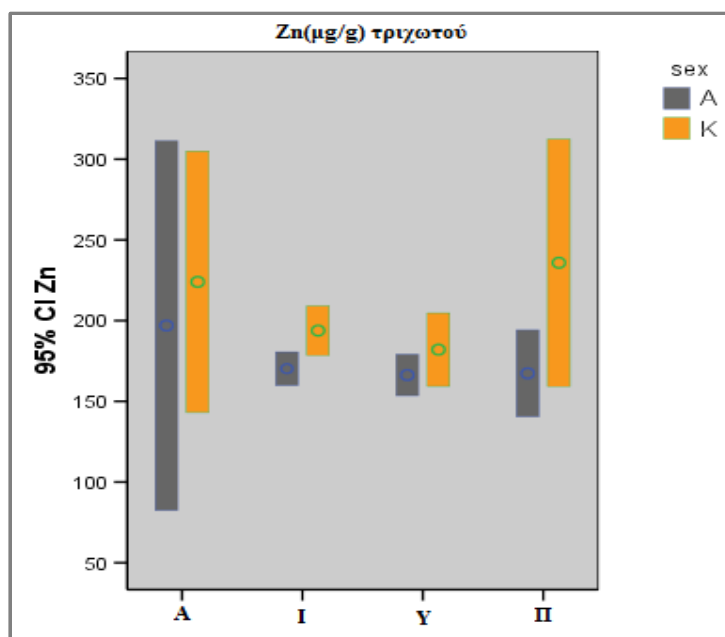
Στον [Πίνακα 3.25] εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις (μg/g) Zn, Cu στο τριχωτό της κεφαλής των μαθητών ανά κατηγορία ΔΜΣ. Στον ίδιο πίνακα παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις των απαραίτητων ιχνοστοιχείων Zn και Cu στο τριχωτό της κεφαλής των μαθητών μειώνονται καθώς ο ΔΜΣ αυξάνει χωρίς όμως οι παρατηρούμενες διαφορές να είναι στατιστικά σημαντικές. .

Πίνακας 3.25. Συγκεντρώσεις Zn, Cu στο τριχωτό της κεφαλής στις κατηγορίες ΔΜΣ

	Κατηγορίες ΔΜΣ			Sig.(ANOVA)
	Αδύνατο	Ιδανικό Βάρος	Υπέρβ.+Παχύς.	
Zn (μg/g)*	218,05±125,61	181,61±86,09	177,84±72,73	0,162
Cu (μg/g)*	14,06±7,82	13,12±6,87	12,08±5,51	0,209

*Μέσος ±Τυπική Απόκλιση

Στον [Πίνακα 3.26] παρατηρείται ότι οι διαφορές μεταξύ των φύλων είναι στατιστικά σημαντικές μόνο στην κατηγορία ΔΜΣ “Ιδανικό” και για τα δύο μεταλλικά ιχνοστοιχεία, ενώ για τις άλλες κατηγορίες (Αδύνατο, Υπέρβαρο και Παχύσαρκο) φαίνεται ότι δεν είναι στατιστικά σημαντικές.[Γράφημα 3.16] και [Γράφημα 3.17].

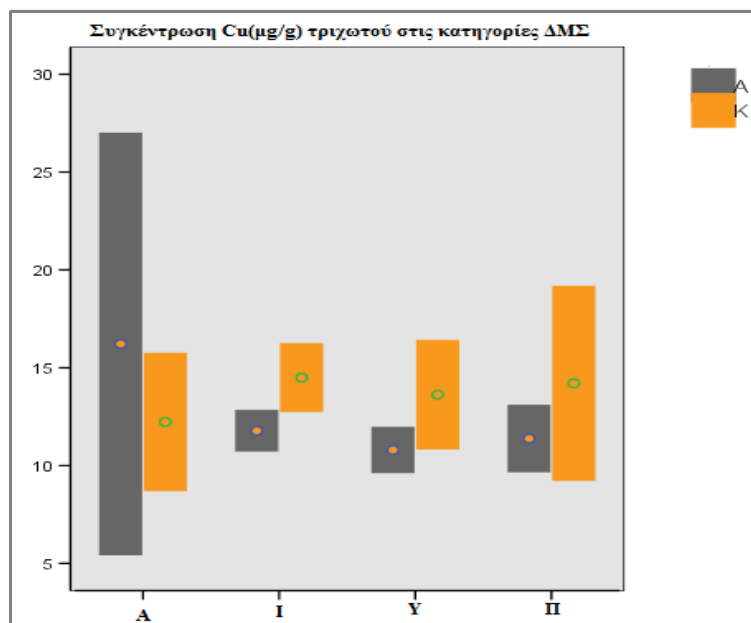


Γράφημα 3.16 Διαφορά των συγκεντρώσεων Zn τριχωτού της κεφαλής μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις κατηγορίες ΔΜΣ.

Πίνακας 3.26. Διαφορές των συγκεντρώσεων Zn και Cu μεταξύ των φύλων στις κατηγορίες ΔΜΣ.

Ιχνοστοιχείο	Φύλο	Συγκέντρωση Zn και Cu τριχωτού κεφαλής(μg/g)*	p
Αδύνατο	Zn A	226,38±137,93	0,973
	Zn K	223,97±127,44	
	Cu A	15,79± 8,44	0,308
	Cu K	12,23± 4,87	
Ιδανικό	Zn A	171,13±68,43	0,009
	Zn K	195,95±99,61	
	Cu A	11,75± 4,17	0,000
	Cu K	14,49± 8,62	
Υπέρβαρο	Zn A	163,42±45,65	0,753
	Zn K	166,49±46,51	
	Cu A	11,01± 2,86	0,081
	Cu K	12,19± 3,86	
Παχύσαρκο	Zn A	158,04±45,43	0,857
	Zn K	161,07±40,77	
	Cu A	11,38± 3,05	0,454
	Cu K	12,64± 5,49	

*Μέσος ±Τυπική Απόκλιση



Γράφημα 3.17 Διαφορά των συγκεντρώσεων Cu τριχωτού μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις κατηγορίες ΔΜΣ.

3.4. Σχολική επίδοση και συγκεντρώσεις Zn,Cu τριχωτού κεφαλής και σνακ.

Βάσει της σχολικής επίδοσης όπως διαμορφώνεται από τον μέσο όρο των βαθμών του τριμήνου σε όλα τα μαθήματα, οι μαθητές κατατάσσονται στις κατηγορίες χαμηλή μεσαία και υψηλή. Ερευνήθηκε η συσχέτιση μεταξύ της σχολικής επίδοσης και

- σνακ (τμχ/ημέρα)
- θερμίδες (Kcal των σνακ/ημέρα)
- Zn σνακ (μg Zn των σνακ/ημέρα)
- Cu σνακ (μg Cu των σνακ/ημέρα)
- Zn τριχωτού της κεφαλής (μg/g) και
- Cu τριχωτού της κεφαλής (μg/g)

Στον [Πίνακα 3.27] αναφέρεται η διαφορά των ανωτέρω χαρακτηριστικών μεταξύ χαμηλής και υψηλής σχολικής επίδοσης. Παρατηρούμε ότι όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$), εκτός από τη συνολική ποσότητα Cu που προσλαμβάνεται από τα σνακ που δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ χαμηλής και υψηλής σχολικής

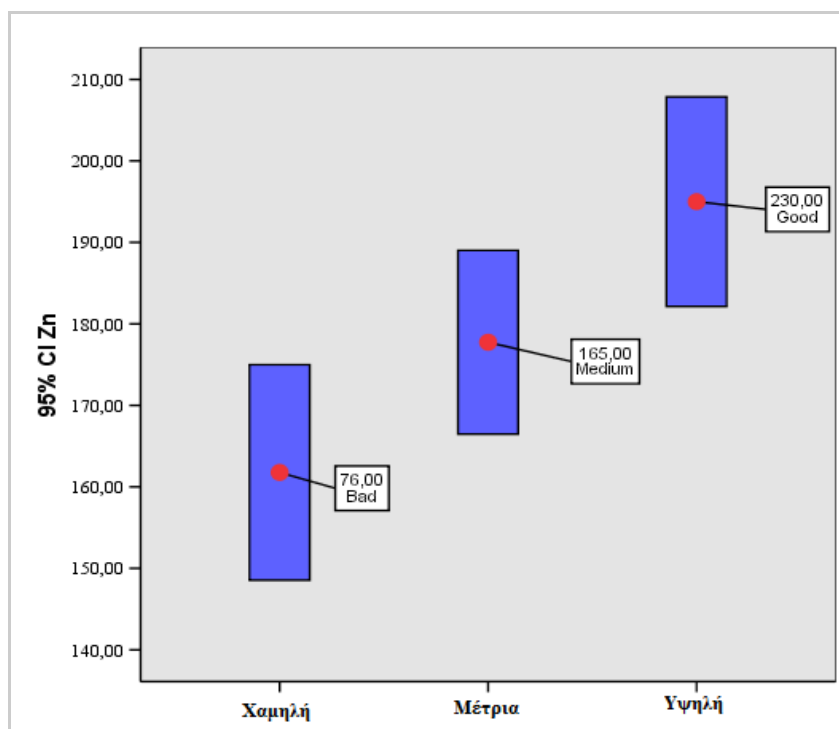
επίδοσης ($p>0,05$) .

Πίνακας 3.27: Διαφορές μεταξύ χαμηλής και υψηλής σχ. επίδοσης των σνακ-kcal-Zn-Cu από σνακ/ημέρα κ'Zn, Cu τριχωτού

	Σχολική Επίδοση		p
σνακ/ημέρα (τιμχ)*	Χαμηλή	3,24±1,55	0,022
	Υψηλή	2,78±1,47	
Kcal από σνακ/ημέρα*	Χαμηλή	963,35±450,93	0,019
	Υψηλή	827,36±426,29	
Zn από σνακ/ημέρα (μg)*	Χαμηλή	1875,46±860,89	0,015
	Υψηλή	1603,28±822,07	
Cu από σνακ/ημέρα (μg)*	Χαμηλή	454,38±218,12	0,105
	Υψηλή	391,22±205,50	
συγκέντρωση Zn του τριχωτού της κεφαλής (μg/g)*	Χαμηλή	162,52±57,86	0,002
	Υψηλή	190,87±94,51	
συγκέντρωση Cu του τριχωτού της κεφαλής (μg/g)*	Χαμηλή	11,54±3,70	0,017
	Υψηλή	13,02±6,65	

*Μέσος ±Τυπική Απόκλιση

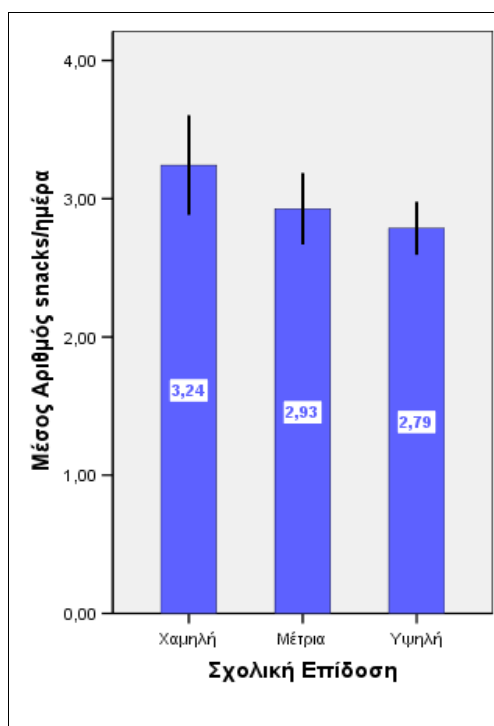
Στο **[Γράφημα 3.18]** φαίνεται ότι οι μαθητές με υψηλή σχολική επίδοση έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση Zn στο τριχωτό της κεφαλής από τους μαθητές με χαμηλή σχολική επίδοση. Ο αριθμός σνακ που καταναλώνεται από τους μαθητές την ημέρα, διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($p=0,022$) μεταξύ χαμηλής και υψηλής σχολικής επίδοσης. Η μεγαλύτερη κατανάλωση σνακ ημερησίως παρατηρείται στην ομάδα χαμηλής σχολικής επίδοσης. Οι παρεχόμενες θερμίδες από τα σνακ είναι επίσης περισσότερες ($p=0,019$) στην ομάδα με τη χαμηλή σχολική επίδοση. Στο **[Γράφημα 3.19]** φαίνεται ο μέσος αριθμός σνακ που καταναλώνεται ημερησίως από τους μαθητές για κάθε κατηγορία σχολικής επίδοσης.



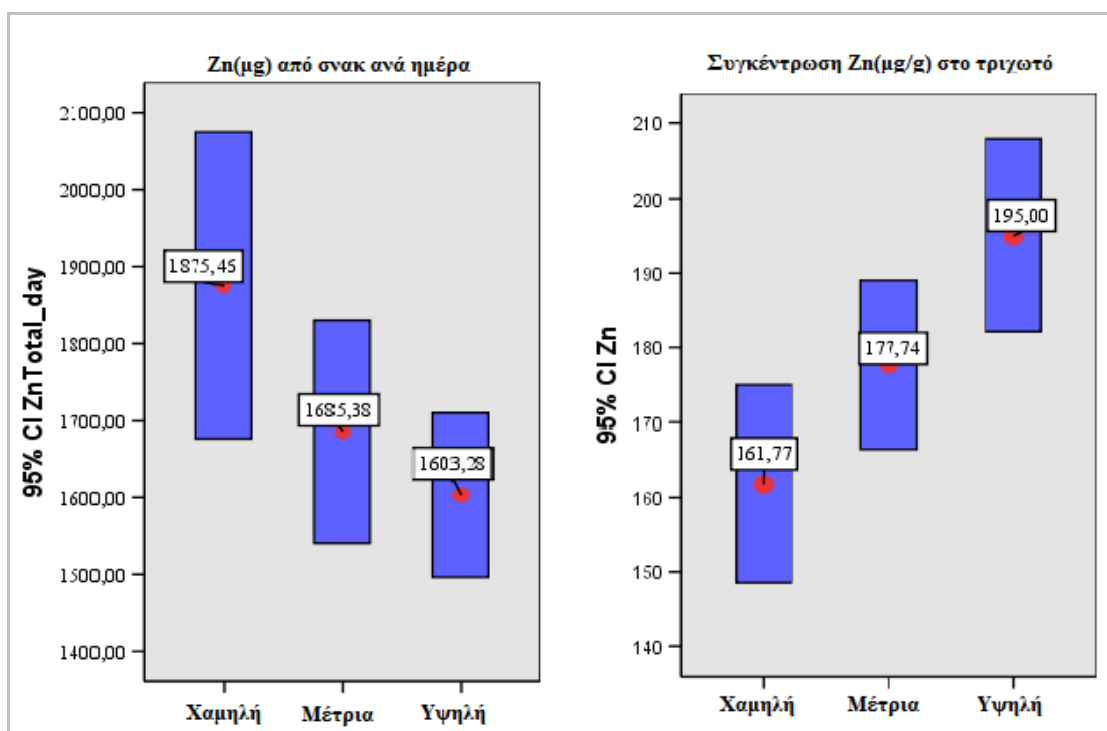
Γράφημα 3.18. Μέση συγκέντρωση Zn τριχωτού της κεφαλής στις κατηγορίες σχολικής επίδοσης (χαμηλή-μεσαία-υψηλή).

Επίσης η καθημερινή πρόσληψη ψευδαργύρου από τα σνακ είναι μεγαλύτερη ($1875,46 \pm 860,89$) στην ομάδα χαμηλής επίδοσης από την ομάδα υψηλής επίδοσης ($1603,28 \pm 822,07$), με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ($p=0,015$). [Πίνακας 3.27].

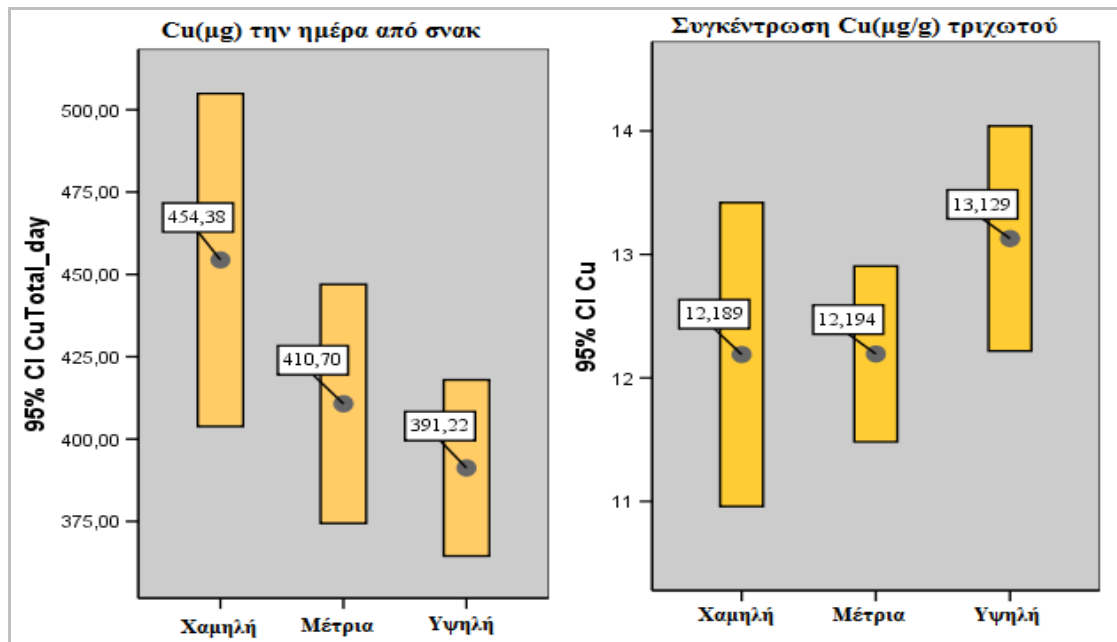
Ο χαλκός ακολουθεί παρόμοια συμπεριφορά. Στον ίδιο πίνακα παρατηρούμε ότι οι μαθητές με χαμηλή σχολική επίδοση προσλαμβάνουν περισσότερο χαλκό ($454,38 \pm 218,12 \mu\text{g}$) καθημερινά από τα σνακ από την ομάδα υψηλής επίδοσης ($391,22 \pm 205,50 \mu\text{g}$), χωρίς να είναι στατιστικά σημαντικό ($p>0,05$). Οι συγκεντρώσεις ψευδαργύρου και χαλκού στο τριχωτό της κεφαλής των μαθητών διαφέρουν επίσης μεταξύ των ομάδων όμως οι μαθητές υψηλής επίδοσης εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο ψευδάργυρο και χαλκό από την ομάδα χαμηλής επίδοσης [Γράφημα 3.20] και [Γράφημα 3.21] ($p=0,002$) και ($p=0,017$) αντίστοιχα .



Γράφημα 3.19 Μέση κατανάλωση σνακ στις κατηγορίες σχολικής επίδοσης.



Γράφημα 3.20 Ημερήσια πρόσληψη Zn(μg) από τα σνακ και συγκέντρωση Zn(μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής σε σχέση με τη σχολική επίδοση.



Γράφημα 3.21 Ημερήσια πρόσληψη Cu(μg) από τα σνακ και συγκέντρωση Cu (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής σε σχέση με τη σχολική επίδοση.

4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Οι διατροφικές αναλύσεις συμβάλλουν στη καλύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ διατροφής και νόσου, με σκοπό την ανάπτυξη αντίστοιχων παρεμβάσεων και εκπαιδευτικών προγραμμάτων . Δημογραφικά ή κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά π.χ. ηλικία, φύλο και εκπαίδευση βρέθηκε ότι διαφέρουν σε συνάρτηση με τις διατροφικές συνήθειες . Επί πλέον η πρόσληψη θρεπτικών ουσιών επηρεάζεται από τα διατροφικά πρότυπα . (Berrigan D,2003)

Οι έφηβοι συχνά αναπτύσσουν κακές διατροφικές συμπεριφορές, με αυξημένη κατανάλωση σνακ τα οποία προμηθεύονται από την ελεύθερη αγορά αλλά και από τα κυλικεία των σχολείων.

Επί πλέον η έλλειψη διατροφικών ενδείξεων στη συσκευασία σημαντικών θρεπτικών στοιχείων, όπως τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία ,δημιουργεί σύγχυση στην επιλογή προϊόντων τύπου σνακ.

Οι διαιτητικές οδηγίες συχνά συστήνουν τρόφιμα χαμηλά σε θερμίδες και πλούσια σε θρεπτικά συστατικά. Διάφορα πρότυπα-δείκτες εκτίμησης της θρεπτικής ποιότητας των τροφίμων έχουν χρησιμοποιηθεί. Σκοπός των δεικτών αυτών είναι η κατάταξη των τροφίμων βάσει της θρεπτικής τους σύνθεσης, αλλά και η βοήθεια προς τους καταναλωτές στον εντοπισμό τροφίμων που παρέχουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά σε προσιτό κόστος. (Martinette T Streppel,2012)

Η μελέτη αυτή είχε σαν αφετηρία την βασική ανάγκη να υπολογισθεί η πυκνότητα ενός απαραίτητου ιχνοστοιχείου του ψευδαργύρου, σε επεξεργασμένα σνακ, που συχνά καταναλώνουν οι έφηβοι, και να συγκριθεί με παραδοσιακά μη επεξεργασμένα σνακ. Η υπολογισθείσα πυκνότητα του ψευδαργύρου και του χαλκού, ενός άλλου απαραίτητου θρεπτικού συστατικού, χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες-εργαλεία της εκτίμησης των διαφορών τόσο σε σωματικό όσο και νοητικό επίπεδο που εντοπίζονται στους εφήβους. Το ζεύγος αυτό των ιχνοστοιχείων επιδεικνύει υψηλή συνεργική σχέση στην ψυχοδιανοητική-σωματική ανάπτυξη των παιδιών.

Η προμήθεια των επεξεργασμένων σνακ του διατροφικού δείγματος έγινε από τα σχολικά κυλικεία και την ελεύθερη αγορά όπως ακριβώς τα προμηθεύονται οι έφηβοι δηλαδή συσκευασία μιάς μερίδας. Ως εκ τούτου η αναφορά σε θρεπτικά συστατικά ή Kcal γίνεται

ανά τεμάχιο σνακ δηλαδή ανά μία συσκευασμένη μερίδα.

Ο πρώτος έλεγχος αφορά στη σύγκριση του περιεχομένου Zn και Cu μεταξύ επεξεργασμένων και παραδοσιακών σνακ, φαίνεται λοιπόν στον **πίνακα 3.4** ότι η μάζα και τα Kcal των δύο ομάδων είναι χωρίς σημαντικές διαφορές, τα επίπεδα όμως και των δύο ιχνοστοιχείων είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερα στην ομάδα των μη επεξεργασμένων σνακ.

Η επεξεργασία των τροφίμων κυρίως σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να επιφέρει σοβαρές απώλειες θρεπτικών συστατικών.(WHO,1996) Επεξεργασμένα τρόφιμα υψηλής ενεργειακής πυκνότητας προσφέρουν χαμηλή διαιτητική πρόσληψη στους καταναλωτές εφήβους σε αρκετά θρεπτικά συστατικά μεταξύ των οποίων το ασβέστιο, ο σίδηρος, η βιταμίνη A, η βιταμίνη B-6, το φυλλικό οξύ, το μαγνήσιο, και ο ψευδάργυρος (Kant, et al, 2003).

Επίσης σε πολλές περιπτώσεις τα υγιεινά τρόφιμα ορίζονται από την απουσία προβληματικών συστατικών όπως κορεσμένα λιπαρά ζάχαρη ή νάτριο και όχι από την παρουσία ευεργετικών θρεπτικών συστατικών που μπορεί να περιέχουν. Προσπάθειες να ποσοτικοποιηθεί η θρεπτική πυκνότητα των τροφίμων έχουν βασισθεί σε υπολογισμό του πηλίκου της ποσότητας θρεπτικού συστατικού ανά θερμίδα. Στον **πίνακα 3.5** φαίνεται ότι η πυκνότητα του ψευδαργύρου- Zn_d και του χαλκού- Cu_d στα παραδοσιακά είδη του διατροφικού δείγματος είναι σαφώς υψηλότερη από τα επεξεργασμένα. Σύγκριση των Zn_d, Cu_d του διατροφικού δείγματος δείχνει ότι τα παραδοσιακά και μη επεξεργασμένα σνακ έχουν έως και τριπλάσιους δείκτες από τα επεξεργασμένα.

Η χρήση των θρεπτικών πυκνοτήτων ως επισήμανση στη συσκευασία, δεδομένων των τρεχουσών διατροφικών τάσεων, είναι προσέγγιση που συμβάλλει στη λήψη αποφάσεων διατροφικής πολιτικής και στην εκπαίδευση των καταναλωτών (Drewnowski A,2005). Στο διατροφικό δείγμα των επεξεργασμένων σνακ απουσίαζαν ενδείξεις θρεπτικής πυκνότητας κάποιου απαραίτητου ιχνοστοιχείου. Συμπερασματικά, η βιομηχανική επεξεργασία που έχει γίνει στο διατροφικό δείγμα φαίνεται ότι είναι **διαδικασία που αφαιρεί θρεπτικά συστατικά** διότι όπως παρατηρείται τα επεξεργασμένα σνακ υπολείπονται των παραδοσιακών τόσο στην περιεκτικότητα όσο και στο δείκτη πυκνότητας Zn και Cu.

Αντίστοιχες τιμές Zn_d, Cu_d εξάγονται με τη χρήση ημερησίων συστάσεων από EU και WHO και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως συγκριτικοί δείκτες της θρεπτικής πυκνότητας ενός σνακ στα αντίστοιχα ιχνοστοιχεία. Στον **πίνακα 3.6** παρατηρούμε ότι οι δύο αυτοί

δείκτες διαφέρουν αρκετά. Η διαφορά αυτή αντικατοπτρίζει τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις του υπολογισμού τους από τους διαφορετικούς φορείς. Μαθηματικά μοντέλα υπολογίζουν ότι οι υπάρχουσες διατροφικές συστάσεις μπορεί να είναι αρκετά χαμηλές (Miller et al, 2007). Εξάλλου εκτιμήσεις για την εξαγωγή ημερησίων συστάσεων για τον ψευδάργυρο βασίστηκαν σε δίαιτες με μικρό ή μηδαμινό περιεχόμενο σε φυτικά οξέα, ένα αναστολέα της απορόφησης του ψευδαργύρου (K. Michael Hambidge, 2008).

Η σύγκριση της ποιότητας των τροφίμων, [Γράφημα 3.5] θα είναι εφικτή μόνο μετά την εναρμόνιση των διατροφικών συστάσεων ανάγκη που έχει επισημανθεί στην εισαγωγή. Από τον [Πίνακα 3.7] συμπεραίνουμε ότι τα παραδοσιακά διατροφικά δείγματα έχουν κατά μέσο όρο εφάμιλλη ή και μεγαλύτερη θρεπτική πυκνότητα Zn, Cu και από τους δύο δείκτες EU και WHO και προτείνονται ως επιλογές σνακ. Αντιθέτως τα επεξεργασμένα είδη του διατροφικού δείγματος επιδεικνύουν πολύ χαμηλότερες τιμές από τους δείκτες EU και WHO. **Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις διατροφικές επιλογές κατά την εφηβεία στάδιο που χαρακτηρίζεται από ταχεία ανάπτυξη και εξέλιξη αλλά και με αυξημένες ενεργειακές και διατροφικές απαιτήσεις.**

Ο αριθμός σνακ που καταναλώνουν οι μαθητές όπως προκύπτει από την συχνότητα καταγραφής στα ερωτηματολόγια είναι $2,89 \pm 1,56$. [Πίνακας 3.9] Η συχνότητα κατανάλωσης των σνακ ποικίλει ευρέως σε όλο τον κόσμο. Στις ευρωπαϊκές χώρες η συνήθεια αυτή είναι πολύ διαδεδομένη και ιδιαίτερα στους εφήβους της Σκωτίας που καταναλώνουν 2,8 σνακ ημερησίως (Savidge G et al, 2007). Ο αριθμός των σνακ που δήλωσαν τα αγόρια και τα κορίτσια δεν διαφοροποιείται όταν αυτά καταναλώνονται στο χώρο του σχολείου. [Πίνακας 3.9] Ενδεχομένως μια εξήγηση να είναι ότι το σχολικό κυλικείο προσφέρει περιορισμένη δυνατότητα επιλογής διατροφικών προϊόντων (2-3 διαφορετικά είδη). Το απόγευμα εκτός σχολικού περιβάλλοντος αναφέρουν [Πίνακας 3.9] ότι καταναλώνουν περισσότερα σνακ από ότι το πρωί κατά την διάρκεια της λειτουργίας του σχολείου. Μελέτη στην Ελλάδα σε 513 μαθητές λυκείου (αστικής, ημιαστικής και αγροτικής περιοχής) αναφέρει ότι το 50% περίπου των μαθητών επισκέπτεται τα ταχυφαγεία 1-5 φορές εβδομαδιαίως, συχνότητα η οποία εμφανίζεται στα αγόρια μεγαλύτερη ($p < 0,0001$). Στον ίδιο πίνακα παρατηρούμε ότι τα αγόρια το απόγευμα καταναλώνουν περισσότερα σνακ από τα κορίτσια. Στον πίνακα 3.10 επίσης φαίνεται ότι το 73% των μαθητών διαχειρίζεται χαρτζιλίκι και σε μεγαλύτερο ποσοστό τα αγόρια. Το χαρτζιλίκι φαίνεται ότι διαδραματίζει πολύ ισχυρό ρόλο στην κατανάλωση σνακ. Όσο

μεγαλύτερο είναι το χαρτζιλίκι που διαχειρίζονται οι μαθητές τόσο περισσότερα σνακ προμηθεύονται **[Γράφημα 3.9]**. Το συμπέρασμα ενισχύεται τις απογευματινές ώρες κατανάλωσης σνακ, δηλαδή εκτός του χώρου του σχολείου. Τα αγόρια προμηθεύονται περισσότερα σνακ από τα κορίτσια γιατί διαθέτουν μεγαλύτερο χαρτζιλίκι. Τα παιδιά ζούν σε ένα καταναλωτικό περιβάλλον, αρκετές ώρες εκτός σπιτιού, και ελεύθερη πρόσβαση σε πλήθος διατροφικών επιλογών. Οι Levitsky & Youn, 2004 υποστηρίζουν τον ισχυρό ρόλο του περιβάλλοντος στον καθορισμό της προσλαμβανόμενης ενέργειας και ενδεχομένως των θρεπτικών συστατικών.

Τα δεδομένα της έρευνας έδειξαν έναν υψηλό επιπολασμό υπέρβαρων (21,1%) και παχύσαρκων (7,6%) παιδιών στα γυμνάσια του δήμου Ιωαννιτών, που κυμάνθηκε εξίσου σε αγόρια και κορίτσια. Παρόμοια επικράτηση με αυτή, όσον αφορά στο συνολικό πληθυσμό υπέρβαρων και παχύσαρκων παιδιών έχει παρατηρηθεί στην Ισπανία (30,9%), (Martinez-Vizcaino V, 2007) την Ιταλία (36%) και τις ΗΠΑ (25,6%). Υψηλότερη όμως από ό,τι στη Γαλλία (19%) και τη Γερμανία (16%), και ακόμη υψηλότερη από ό,τι στις χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, όπως η Δανία (15%) (Lobstein T, 2004). Οι Lobstein & Frelut το 2003 εκτιμώντας την εξάπλωση της παχυσαρκίας σε παιδιά ηλικίας 7–11 ετών, από 21 Ευρωπαϊκές χώρες, είχαν κατατάξει την Ελλάδα στην τέταρτη υψηλότερη θέση, μετά από τη Μάλτα, την Ιταλία και την Ισπανία. Το αντίστοιχο ποσοστό στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής ήταν (31,9%) (Janssen I, 2005). Στη Θεσσαλονίκη το ποσοστό την περίοδο 2000-2001 ήταν 31% για τα αγόρια και 22,3% για τα κορίτσια για πληθυσμό 6-17 ετών (Krassas GE, 2001).

Μεταξύ των ομάδων με βάση το Δείκτη Μάζας Σώματος-ΔΜΣ δηλ αδύνατων, ιδανικών, υπέρβαρων και παχύσαρκων μαθητών δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον αριθμό κατανάλωσης σνακ. **[Πίνακας 3.12]** Η διαπίστωση ισχύει για τα δύο φύλα εντός και εκτός του **σχολείου**. **[Πίνακας 3.13]** **Το διατροφικό περιβάλλον του σχολείου με το κυλικείο, φαίνεται ότι δεν διαμορφώνει συνθήκες διατροφικής εκπαίδευσης.** Η μη εύρεση θετικής συσχέτισης μεταξύ της κατανάλωσης σνακ και ΔΜΣ ενδεχομένως να οφείλεται στην υποαναφορά (underreport), ένα συχνό μεθοδολογικό πρόβλημα (Parks EJ, 2005). Από πρόσφατη βιβλιογραφία φαίνεται ότι η συχνότητα κατανάλωσης των ενδιάμεσων γευμάτων δεν σχετίζεται σημαντικά με την παχυσαρκία, **ενδεχομένως η ποιότητά τους να επηρεάζει τον κίνδυνο παχυσαρκίας.** (Newby PK, 2007, Amy Jennings, 2011) Σύμφωνα με την άποψη των Manios και συν. (2004), οι οποίοι επίσης δεν

βρήκαν συσχέτιση μεταξύ της παιδικής παχυσαρκίας και των δηλώσεων πρόσληψης ενέργειας ή λίπους, απέδωσαν το γεγονός στο ότι η παιδική παχυσαρκία ορίζεται ως το αποτέλεσμα, μάλλον, της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας, παρά της αυξημένης πρόσληψής της.

Στον **[Πίνακα 3.14]** φαίνεται ότι από την κατανάλωση σνακ το % ποσοστό κάλυψης της ημερήσιας ενεργειακής απαίτησης είναι $36,14 \pm 19,09$ για τα αγόρια και $40,31 \pm 21,32$ για τα κορίτσια. Το υπόλοιπο της ενέργειας υποθέτουμε ότι καλύπτεται από τα κύρια γεύματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ η θερμιδική προσφορά των σνακ καλύπτει μεγάλα ποσοστά των ημερησίων αναγκών των παιδιών η αντίστοιχη προσφορά σε απαραίτητα ιχνοστοιχεία είναι πολύ μικρότερη και πιθανότατα δεν καλύπτεται από τα υπόλοιπα γεύματα της ημέρας.

Πρόσφατη έρευνα της ομοιόστασης του ψευδαργύρου σε παιδιά σχολικής ηλικίας θεωρεί απαραίτητη την επανεκτίμηση διατροφικών απαιτήσεων για τον ψευδάργυρο για την ηλικία αυτή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της έρευνας δείχνουν ότι οι ήδη χρησιμοποιούμενες τιμές βρίσκονται σε παραπλανητικά χαμηλά επίπεδα (Hambidge, et al, 2007).

Από τους επόμενους δύο πίνακες **[Πίνακας 3.15]** και **[Πίνακας 3.16]**, συμπεραίνουμε ότι:

- Ο αριθμός σνακ ανά ημέρα των αγοριών είναι μεγαλύτερος από των κοριτσιών.
- Το συνολικό ποσό τόσο του Zn όσο και του Cu που προσλαμβάνουν από τα σνακ ανά ημέρα τα αγόρια είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των κοριτσιών.
- Το περιεχόμενο όμως Zn και Cu ανά σνακ δεν διαφοροποιείται στα δύο φύλα

Τα σνακ που προμηθεύονται αγόρια και κορίτσια από το σχολικό κυλικείο φαίνεται να περιέχουν περισσότερο ψευδάργυρο ανά τεμάχιο από αυτά της ελεύθερης αγοράς. Ο ίδιος έλεγχος για το χαλκό δείχνει ότι τα σνακ που προμηθεύονται εκτός σχολείου έχουν περισσότερο χαλκό από αυτά εντός σχολείου. Το περιεχόμενο σε Zn (Zn/σνακ) των ειδών που πωλούνται στο σχολείο φαίνεται ότι είναι μεγαλύτερο από αυτό των ειδών εκτός σχολείου. **[Πίνακας 3.17]** Φαίνεται από τα δεδομένα μας ότι τα σχολικά κυλικεία συμβάλουν θετικά στη διατροφή των παιδιών καθώς καταγράφεται ότι τα διατιθέμενα προϊόντα (που καταναλώνονται) περιέχουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο ψευδάργυρο αλλά και πυκνότητα ψευδαργύρου. **[Πίνακας 3.18]** συγκρινόμενα με αντίστοιχα προϊόντα της ελεύθερης αγοράς. Ωστόσο διαφαίνεται ότι η απουσία διαχείρισης χρημάτων από μία

ομάδα μαθητών (27%) [Πίνακας 3.10] τα οποία καταναλώνουν σνακ που προετοιμάζονται στο σπίτι μεταβάλλει την εκτίμηση καθώς αν αυτή η ομάδα αφαιρείτο οι διαφορές μεταξύ προϊόντων εντός και εκτός κυλικείων δεν θα εμφανίζονταν στο διαπιστωμένο βαθμό.

Παρατηρείται δε ότι τα παιδιά που δεν παίρνουν χαρτζιλίκι έχουν καλύτερο δείκτη Znd στα σνακ που καταναλώνουν από αυτά που παίρνουν χαρτζιλίκι.[Πίνακας 3.20]

Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι χαμηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου στα μαλλιά κατά την παιδική ηλικία αντανακλούν χρόνιο μη ικανοποιητικό ψευδαργυρικό επίπεδο του οργανισμού. Επίσης οι χαμηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου στα μαλλιά των παιδιών συσχετίζονται σε διάφορες έρευνες και με άλλους δείκτες έλλειψης ψευδαργύρου όπως μειωμένη γευστική οξύτητα, μείωση της όρεξης, χαμηλά εκατοστημόρια ανάπτυξης, καθώς και υψηλή διατροφική μοριακή αναλογία φυτικού οξέως προς Zn. Η μέση συγκέντρωση ψευδαργύρου και χαλκού στο τριχωτό της κεφαλής παρουσιάζεται αυξημένη στα κορίτσια και είναι σύμφωνη με τη διεθνή βιβλιογραφία.[Πίνακας 3.23] Τα αγόρια έχουν σταθερά μικρότερες συγκεντρώσεις από τα κορίτσια της ίδιας ηλικίας, έστω και αν τα διατροφικά και ενεργειακά πρότυπα κατανάλωσής τους είναι συγκρίσιμα. Οι διαφορές αυτές ενδεχομένως να προκύπτουν από τις αυξημένες απαιτήσεις του οργανισμού για το ιχνοστοιχείο αυτό στους άρρενες μαθητές ή λόγω μεταβολών των επιπέδων της αυξητικής ορμόνης και της τεστοστερόνης τα οποία συνδέονται με το πηλίκο Zn/Cu.

Στα κορίτσια με έμμηνο ρύση ο ψευδάργυρος είναι χαμηλότερος ,χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά , πιθανά λόγω απώλειας μεγάλου αριθμού ερυθρών αιμοσφαιρίων πλούσιων σε Zn σε σχέση με τα κορίτσια χωρίς περίοδο ,ενώ ο χαλκός φαίνεται ότι μειώνεται μετά την έναρξη της εμμήνου ρύσεως και η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Έλλειψη χαλκού προκαλεί αναιμία η οποία επιτείνεται λόγω της απώλειας αίματος κατά την περίοδο. Πιθανά ο Zn διατηρείται σε επαρκή επίπεδα λόγω των πολλών μηχανισμών ομοιόστασης που διαθέτει για το μέταλλο ο οργανισμός μέσω μεταλλοθειονινών και μεταφορέων Zn ενώ ο Cu δεν διαθέτει εξίσου αποτελεσματικούς μηχανισμούς, παρά τις ηπατικές αποθήκες, με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή του στο τριχωτό της κεφαλής να εμφανίζεται μειωμένη

Η σαφής διαφορά των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου και χαλκού στο τριχωτό της κεφαλής μεταξύ των δύο φύλων φαίνεται ότι καθορίζεται από την ομάδα με ιδανικό ΔΜΣ, καθώς στις άλλες ομάδες ΔΜΣ οι διαφορές αυτές απαλείφονται, πιθανά λόγω δυσμεταβολικών

διαδικασιών που σχετίζονται με την ηπατική λειτουργία κυρίως. Βιβλιογραφία [Πίνακας 3.26]

Τα παχύσαρκα άτομα ανήκουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου και γίνεται περισσότερο σαφές ότι οι ελλείψεις ιχνοστοιχείων μπορεί να είναι σοβαροί παράγοντες στη αύξηση του επιπολασμού της παχυσαρκίας και ότι αποτελούν μέρος του φάσματος των μεταβολικών διαταραχών που σχετίζονται με αυτή. Δεν έχουν ακόμη αποσαφηνισθεί οι μηχανισμοί που διέπουν τη σχέση μεταξύ διατροφικών ελλείψεων και παχυσαρκίας. Πιθανά οι διαπιστωμένες πρόσφατα σχέσεις ινσουλίνης, λεπτίνης και ψευδαργύρου να προσφέρουν σημαντικές προσεγγίσεις σε αυτή τη νέα μεταβολική οδό. Ο Zn βρίσκεται στα α και β κύτταρα του παγκρέατος. Είναι ιδιαίτερα απαραίτητος στα β κύτταρα για την παραγωγή, αποθήκευση και απελευθέρωση της ινσουλίνης, της οποίας η έκκριση μειώνεται σε ανεπάρκεια ψευδαργύρου. Ο Zn αυξάνει τη δραστηριότητα της σηματοδοτικής οδού της ινσουλίνης. In vivo η έλλειψη Zn προκαλεί τόσο μείωση της έκκρισης ινσουλίνης όσο και περιορισμό της κυτταρικής αντίδρασης στην ινσουλίνη. Ο ψευδάργυρος μπορεί να επάγει την έκκριση της λεπτίνης ενώ η αντίσταση στη λεπτίνη (κατάσταση κορεσμού στο μηχανισμό μεταφοράς της) που παρατηρείται στην κοινή παχυσαρκία μπορεί να είναι αποτέλεσμα της έλλειψης του ψευδαργύρου (Chen MD, 2000). Σε αυτή την περίπτωση ο ψευδάργυρος είτε επηρεάζει απευθείας την έκφραση του γονιδίου της είτε προκαλεί έμμεσα την παραγωγή της αυξάνοντας τη χρησιμοποίηση της γλυκόζης. (Ott ES, 2001) Άνθρωποι (και ποντίκια) με ανεπάρκεια λεπτίνης είναι παχύσαρκοι, διαβητικοί και στείροι. Εμφανίζουν νευροενδοκρινικές ανωμαλίες, όπως έλλειψη εφηβικής ανάπτυξης, ανεπαρκή σύνθεση και έκκριση των γοναδοτροπινών και των στεροειδών των γονάδων. Ψευδάργυρος απαιτείται για τη σύνθεση της σεροτονίνης ενός νευροδιαβιβαστή που διεγείρει την αίσθηση του κορεσμού και μειώνει την πρόσληψη της τροφής (Johnson S. 2001). Χορήγηση Zn εντούτοις σε υψηλές δόσεις φαίνεται να αναστέλλει την δέσμευση της ντοπαμίνης στους υποδοχείς D1 και D2 που ασκεί ανασταλτική δράση στην πρόσληψη της τροφής. Αυτά τα φαινομενικά αντιφατικά αποτελέσματα, στη σχέση μεταξύ νευροδιαβιβαστών και ψευδαργύρου, υποδεικνύουν ότι ο Zn μπορεί να παίζει ένα ρόλο ρυθμιστή στην πρόσληψη τροφής μέσω νευροδιαβιβαστών. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι η έλλειψη ιχνοστοιχείων συμβάλλει στην αύξηση των ποσοστών παχυσαρκίας, ότι δηλαδή οι ανωτέρω ελλείψεις προκύπτουν είτε ως αποτέλεσμα της παχυσαρκίας (αλλαγές του μεταβολισμού των μικροθρεπτικών συστατικών στα

παχύσαρκα άτομα) είτε λόγω ανεπαρκούς πρόσληψης σε σχέση με τη συνολική μάζα του σώματος ή και τα δύο. Αποσαφήνιση των ρόλων των διαφόρων μικροθρεπτικών συστατικών στην παχυσαρκία μπορεί να οδηγήσει στην περαιτέρω κατανόηση των υποκείμενων παθολογιών και να διευκολύνει την ανάπτυξη νέων στρατηγικών πρόληψης και θεραπείας που θα μειώσουν τις επιπτώσεις των χρόνιων ασθενειών που προκύπτουν από αυτή (Olga P García et al 2009).

Η χρησιμοποίηση του διατροφικού ψευδαργύρου από τον οργανισμό εξαρτάται από τη συνολική σύνθεση της διαίτας. Πειραματικές μελέτες έχουν εντοπίσει σειρά διατροφικών παραγόντων οι οποίοι δύνανται να ενισχύουν ή να εμποδίζουν την απορρόφηση του ιχνοστοιχείου.(Sandström, B. 1989)

Ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις είναι και αυτές μεταξύ ιόντων με παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες που μπορεί να επηρεάσουν την πρόσληψη και την εντερική απορρόφηση του ψευδαργύρου ή του χαλκού ,ειδικά σε επίπεδα υψηλών δόσεων με τη μορφή συμπληρωμάτων. Μεγάλη περιεκτικότητα ασβεστίου σε δίαιτες φαίνεται ότι ενισχύει τις ανταγωνιστικές επιδράσεις των αλάτων του φυτικού οξέος στην απορρόφηση του ψευδαργύρου. Οι επιδράσεις αυτές επηρεάζονται και από την πηγή του ασβεστίου αλλά και από την συνολική σύσταση της διαίτας.Εκτίμηση του ποσοστού του πληθυσμού μεταξύ 27 κρατών της Ανατολικής Ευρώπης που βρίσκεται σε κίνδυνο χαμηλής πρόσληψης ψευδαργύρου ανέρχεται στο $12,8 \pm 18,1$. (Brown H. K.,2001)

Επίσης η αντίδραση Maillard των τροφίμων, που λαμβάνει χώρα μεταξύ των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών τους κατά την διάρκεια θερμικής επεξεργασίας , είναι γνωστό ότι προκαλεί αποικοδόμηση των αμινοξέων και μείωση της θρεπτικής αξίας τους. (Webster J,2005) Εκτός από τα προϊόντα της ανωτέρω αντίδρασης [Maillard reaction products (MRPs)],έχουν αναφερθεί και υποπροϊόντα, όπως οι γλυκοτοξίνες ή σύμπλοκα με ιόντα μετάλλων. Λίγα είναι γνωστά επίσης σχετικά με αλλαγές που αφορούν στην ικανότητα δέσμευσης των μετάλλων που επάγονται από τη γλυκοζυλίωση των πρωτεϊνών. (Tessier FJ,2007) Επι πλέον λίγες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην πέψη ,το μεταβολισμό και την απέκκριση των προϊόντων αυτών τα οποία είναι παρόντα σε σημαντικές ποσότητες μεγάλης ποικιλίας βιομηχανικών ,θερμικώς επεξεργασμένων τροφίμων.Φαίνεται ότι η απορρόφησή τους είναι περιορισμένη και εύκολα αποβάλλονται. Κλινικές μελέτες δείχνουν ότι η Δυτικού τύπου διατροφή με μεγάλη περιεκτικότητα προϊόντων αντίδρασης

Maillard μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Οι κύριες επιδράσεις που παρατηρούνται αφορούν στο μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων.

Στον **[Πίνακα 3.27]** παρατηρείται ότι οι μαθητές χαμηλής σχολικής επίδοσης ενώ καταναλώνουν περισσότερα σνακ και προσλαμβάνουν περισσότερα ιχνοστοιχεία ψευδάργυρο και χαλκό, εμφανίζουν μικρότερες συγκεντρώσεις στο τριχωτό της κεφαλής από τους μαθητές υψηλής επίδοσης. Συμπεραίνεται ότι η βιοδιαθεσιμότητα των απαραίτητων ιχνοστοιχείων εμφανίζεται στατιστικά σημαντικά μειωμένη στους μαθητές χαμηλής σχολικής επίδοσης, διότι αν και καταναλώνουν περισσότερα σνακ φαίνεται ότι οι διατροφικές τους προτιμήσεις εστιάζονται πιθανότατα σε προϊόντα μειωμένης απόδοσης ωφέλιμων στοιχείων, τόσο του ψευδαργύρου **[Γράφημα 3.20]** όσο και του χαλκού **[Γράφημα 3.21]**. Το γεγονός ότι η ανωτέρω διαπίστωση έγινε μεταξύ μαθητών χαμηλής και υψηλής σχολικής επίδοσης, ίσως αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων, που υλοποιούνται κατά την διάρκεια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης των μαθητών, στα πλαίσια της αγωγής υγείας. Η ισορροπημένη διατροφή επιτυγχάνεται με την πρόσληψη όλων των απαραίτητων συστατικών μέσα από μεγάλη ποικιλία τροφίμων. Στα κυλικεία των σχολείων των γυμνασίων και λυκείων στην Ήπειρο, η ποικιλία είναι πολύ μικρή με αδυναμία πρόσβασης σε πιο υγιεινές επιλογές.

Η επισφάλεια είναι η κατάσταση που χαρακτηρίζει τις ζωές ενός ολοένα αυξανόμενου μέρους της **ευρωπαϊκής κοινωνίας** και σχετίζεται με τις δομικές μεταμορφώσεις στον παγκόσμιο τρόπο της παραγωγής. Τα παιδιά και οι έφηβοι βρίσκονται σε κατάσταση διατροφικής (επισιτιστικής) επισφάλειας

Η διατροφική ασφάλεια αφορά στη φυσική και οικονομική πρόσβαση των νοικοκυριών σε επαρκή ασφαλή και θρεπτική τροφή η οποία πληροί τις διαιτητικές ανάγκες και προτιμήσεις της συγκεκριμένης οικιακής μονάδας ώστε να απολαμβάνει έναν τρόπο ζωής ενεργό και υγιή. <http://www.who.int/trade/glossary/story028/en/> (7/2013) Πληθυσμιακές μονάδες που βρίσκονται σε κατάσταση πείνας είναι ανασφαλείς ως προς την τροφή αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι όλοι οι άνθρωποι που αισθάνονται διατροφική επισφάλεια είναι σε κατάσταση πείνας καθώς υπάρχουν πολλές αιτίες τροφικής επισφάλειας όπως η πτωχή πρόσληψη μικροθρεπτικών στοιχείων. <http://www.fao.org/docrep/013/al936e/al936e00.pdf> (7/2013)

Οι Έλληνες διακρίνονται ως οι Ευρωπαίοι με το υψηλότερο ενδιαφέρον για την εθνική

ασφάλεια των τροφίμων σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα που διενήργησε το Ευρωβαρόμετρο. Η αναφορά με τίτλο “Europeans’ attitudes towards food security, food quality and the countryside”, αποκαλύπτει ότι 94% των Ελλήνων εμφανίζει υψηλό ενδιαφέρον για την εθνική ασφάλεια των τροφίμων, περισσότερο από το διπλάσιο του αντίστοιχου μέσου όρου της ΕU (43%). Ιδιαίτερα χαμηλό ενδιαφέρον εντοπίστηκε στους Ολλανδούς (11%) και τους Δανούς (11%). Η Ελλάδα επίσης διακρίνεται ως η μοναδική Ευρωπαϊκή χώρα όπου η πλειοψηφία των ερωτωμένων ενδιαφέρεται εξαιρετικά για την ασφάλεια των τροφίμων (61%) ενώ ο αντίστοιχος Ευρωπαϊκός πληθυσμός δεν ξεπερνά το 15% (EUROPEANS’ ATTITUDES TOWARDS FOOD SECURITY, FOOD QUALITY AND THE COUNTRYSIDE, 2012)

Τα διατροφικά περιβάλλοντα συμβάλλουν στον επιδημικό χαρακτήρα της παχυσαρκίας και των χρόνιων νοσημάτων πέρα από τους ατομικούς παράγοντες όπως η γνώση, οι δεξιότητες και τα κίνητρα. Περιβαλλοντικές και θεσμικές παρεμβάσεις μπορούν να αποτελέσουν τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές διατροφικής βελτίωσης μεγάλων πληθυσμιακών ομάδων. Η επίδραση της οικογένειας, του σχολείου, του εργασιακού περιβάλλοντος και των επιχειρήσεων εστίασης μετά από συντονισμένη ενημέρωση και γνώση σχετικά με τη σωστή διατροφή είναι δυνατόν να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα στις υγιείς διατροφικές επιλογές.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα παραδοσιακά σνακ έχουν στατιστικά σημαντικές υψηλότερες ($p<0,00$) συγκεντρώσεις Zn και Cu από τα επεξεργασμένα.
2. Η πυκνότητα των μεταλλικών ιχνοστοιχείων, εκφρασμένη ως $[Zn, Cu(\mu g)]/Kcal$ των παραδοσιακών σνακ είναι μεγαλύτερη από αυτή των επεξεργασμένων για όλες τις κατηγορίες τους.
3. Οι πυκνότητες Zn , Cu των παραδοσιακών σνακ είναι μεγαλύτερες από τους αντίστοιχους δείκτες των συστάσεων EU και WHO για αγόρια και κορίτσια ενώ τα επεξεργασμένα έχουν μικρότερες αντίστοιχες πυκνότητες.
4. Σε σύνολο μαθητικού πληθυσμού 503 ατόμων διακρίνονται με βάση το ΔΜΣ οι κάτωθι κατηγορίες παιδιών:

Λιποβαρή	3,80%
Ιδανικού βάρους	67,60%
Υπέρβαρα	21,10%
Παχύσαρκα	7,60%
5. Ο μέσος αριθμός σνακ που καταναλώνουν οι μαθητές/24ωρο είναι $2,89 \pm 1,56$ τμχ. Τα αγόρια καταναλώνουν ημερησίως περισσότερα σνακ από τα κορίτσια ($p=0,027$).
6. Η μέση κατανάλωση σνακ εκτός σχολείου διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων, τα αγόρια καταναλώνουν περισσότερα σνακ ($p=0,019$). Οι θερμίδες επίσης που προσλαμβάνονται από τα σνακ εκτός σχολείου εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, τα αγόρια προσλαμβάνουν περισσότερες ($p=0,016$).
7. Το 73% των μαθητών διαχειρίζεται χρήματα (χαρτζιλίκι). Το ποσοστό των αγοριών είναι μεγαλύτερο 75,09% και των κοριτσιών 70,64%. Εμφανίζεται στατιστικά σημαντική ($p<0,01$) και ισχυρά θετική συσχέτιση ($r=0,945$) μεταξύ των σνακ που καταναλώνονται και των χρημάτων που διαχειρίζονται οι μαθητές.
8. Δεν αναδεικνύονται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ κατανάλωσης σνακ και κατηγοριών ΔΜΣ.

9. Τα αγόρια προσλαμβάνουν από τα σνακ/ημέρα μεγαλύτερες ποσότητες Zn και Cu απ'ότι τα κορίτσια.
10. Τα σνακ που καταναλώνονται στο σχολείο περιέχουν περισσότερο Zn,Cu/τμχ,καθώς και Zn_d ,Cu_d/τμχ από τα της ελεύθερης αγοράς.
11. Οι μαθητές που δεν διαχειρίζονται χρήματα καταναλώνουν λιγότερα σνακ και Kcal/ημέρα όμως η Zn_d των σνακ είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των μαθητών με χαρτζιλίκι.
12. Οι συγκεντρώσεις Zn και Cu στο τριχωτό κεφαλής των κοριτσιών είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες των αγοριών ($p<0,00$).Η διαφορά αυτή μεταξύ των φύλων διαμορφώνεται από την κατηγορία ΔΜΣ ιδανικών.
13. Οι μαθητές με υψηλή σχολική επίδοση έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη ($p<0,00$) συγκέντρωση Zn στο τριχωτό της κεφαλής από τους μαθητές με χαμηλή σχολική επίδοση.
14. Οι μαθητές χαμηλής επίδοσης καταναλώνουν περισσότερα σνακ ημερησίως ($p=0,022$) προσλαμβάνουν περισσότερες θερμίδες ($p=0,019$), περισσότερο Zn και Cu από τα σνακ, όμως όπως φαίνεται από τις αναλύσεις του τριχωτού της κεφαλής αυτά τα μέταλλα δεν είναι βιοδιαθέσιμα.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα τρόφιμα που διατίθενται προς κατανάλωση λόγω των επεξεργασιών που υφίστανται υπόκεινται σε επισφάλεια όσον αφορά τη θρεπτική τους αξία καθώς πολλά απαραίτητα για την υγεία και ανάπτυξη συστατικά όπως πχ τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία υπολείπονται με αποτέλεσμα την εμφάνιση της λεγόμενης **κρυφής πείνας** (hidden hunger).
2. Η πληθυσμιακή ομάδα που υφίσταται τις μεγαλύτερες επιπτώσεις του ανωτέρω φαινομένου είναι τα παιδιά ,καθώς ελλείψεις ή / και υπερεπάρκειες των απαραίτητων ιχνοστοιχείων είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε σοβαρές μη αντιστρεπτές, λόγω του εξελικτικού σταδίου που διανύουν,διαταραχές της σωματο-ψυχο-νοητικής ανάπτυξης.

6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι διατροφικές συστάσεις για την αποφυγή ελλείψεων απαραίτητων ιχνοστοιχείων αποτελούν σοβαρό μέλημα διεθνών ομάδων και οργανισμών όπως WHO ,UNISEF, FAO IOM κλπ. Τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία όπως Zn, Cu, Se δρούν ως αντιοξειδωτικά συμμετέχουν σε πλειάδα μεταβολικών οδών και αποτελούν κομβικά στοιχεία για την ανάπτυξη και την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

Ο ψευδάργυρος απαιτείται για την ενεργότητα 3000 πρωτεϊνών, είναι απαραίτητος για τη δημιουργία χαρακτηριστικών πρωτεϊνικών δομών, τη σύνδεση με το DNA και ορμονικούς υποδοχείς. Ένα σημαντικό ποσοστό του κυτταρικού Zn βρίσκεται στον πυρήνα και συμμετέχει στη διατήρηση της γενετικής σταθερότητας και τη ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης, σταθεροποιεί την κυτταρική μεμβράνη και ρυθμίζει τη λειτουργία της. Τέλος το κύτταρο διαθέτει αποτελεσματικούς μηχανισμούς ομοιόστασης του Zn ώστε να αποφεύγεται η υπερσυσσώρευσή του όπως συμβαίνει με άλλα μέταλλα. Απορροφάται στη νήστιδα και τον ειλέο παθητικά ή μέσω φορέων ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού, δεσμεύεται από τις μεταλλοθειονίνες (MTs) των κυττάρων των οποίων επάγει τη σύνθεση και οι μεταφορείς του Zn (ZnT και ZIP) ρυθμίζουν την κυκλοφορία του μετάλλου εντός και εκτός των κυττάρων. Ο Zn απεκκρίνεται από τη γαστρεντερική, τη νεφρική οδό και το δέρμα. Το τριχωτό της κεφαλής αποτελεί σημαντικό δείκτη της βιοδιαθεσιμότητας και του φορτίου του σώματος σε Zn.

Ο χαλκός είναι συμπράγοντας πολλών ενζύμων συμμετέχει στη βιοσύνθεση της αίμης, στην καρδιακή λειτουργία, στο μεταβολισμό του συνδετικού ιστού και παίζει σημαντικότατο ρόλο στην κυτταρική αναπνοή. Η ομοιόσταση του χαλκού διαμεσολαβείται από ένα ευρύ σύστημα μεταλλοτσαπερονών ενώ αποθηκεύεται στις κυτταρικές μεταλλοθειονίνες. Αποτελεί όπως και ο Zn σημαντικότατο στοιχείο για την ολοκλήρωση της αναπαραγωγικής διαδικασίας, της σύνθεσης κατεχολαμινών και της ανάπτυξης του ΚΝΣ.

Απορροφάται από το στομάχι και το λεπτό έντερο αποθηκεύεται στο ήπαρ και αποβάλλεται κυρίως μέσω των χολικών εκκρίσεων. Η δράση του σε σχέση με τον Zn είναι συνεργική και ανταγωνιστική κυρίως στις θέσεις πρόσληψης των δύο μετάλλων. Τα δύο μέταλλα απαντούν στα τρόφιμα με ένα μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων, η βιοδιαθεσιμότητά τους όμως εξαρτάται από τα υπόλοιπα συστατικά των τροφίμων.

Ο όρος πυκνότητα των μετάλλων αναφέρεται στις συγκεντρώσεις τους ανά Kcal τροφίμου. Οι διατροφικές συστάσεις για την πρόσληψη των μικροθρεπτικών στοιχείων αντιπροσωπεύουν ποσά αναγκαία για να αποφευχθεί η ανεπάρκεια σε όλα σχεδόν τα άτομα ενός πληθυσμού. Ο όρος RDA (Recommended Dietary Allowances) προσδιορίζει την ποσότητα ενός θρεπτικού συστατικού που ικανοποιεί τις ανάγκες του 97,5% ενός υγιούς πληθυσμού. Τα πρότυπα αυτά διαφέρουν συναρτήσει της ηλικίας, του φύλου και της κατάστασης των οργανισμών. Οι τιμές αυτές υποβάλλονται συνεχώς σε αξιολογήσεις και αναθεωρήσεις ώστε να εναρμονίζονται στις εκάστοτε διατροφικές ανάγκες αλλά και μεταξύ των διεθνών οργανισμών. Η θέπιση διατροφικών προτύπων εξαρτάται από τη βιοδιαθεσιμότητα βιοαποτελεσματικότητα και βιοισοδυναμία καθώς και από τη γενετική πολυμορφία, παράγοντες που καθορίζουν τις διατροφικές απαιτήσεις.

Τα πρώτα έτη της εφηβείας (10,5-15) σηματοδοτούν την είσοδο και ωρίμανση της αναπαραγωγικής λειτουργίας και ένα κρίσιμο στάδιο σωματοδιανοητικής ανάπτυξης το οποίο εξαρτάται καθοριστικά από τη διατροφή. Οι διατροφικές προτιμήσεις και συνήθειες των εφήβων είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων όπως τα χαρακτηριστικά της οικογένειας, η διαφήμιση, κοινωνικές αξίες, εικόνα του σώματος, γεύση και εμφάνιση προϊόντων, ευκολία προμήθειας. Τα ενδιάμεσα- ταχεία γεύματα (σνακ) έχουν υποκαταστήσει τα κύρια γεύματα οι δε δείκτες της διατροφικής τους αξίας είναι πτωχοί καθώς αποδίδουν πολλές θερμίδες αλλά ελλειμματικές ποσότητες ιχνοστοιχείων όπως Zn και Cu. Η έλλειψη Zn και Cu είναι δυνατόν να οδηγήσει σε διαταραχές του σωματικού βάρους και της ρύθμισης πρόσληψης της τροφής μέσω μηχανισμών που πρόσφατα διαπιστώθηκε ότι συνδέουν τη λεπτίνη και την ινσουλίνη με υποθαλαμικές λειτουργίες ρύθμισης πείνας-κορεσμού. Επίσης η αναπαραγωγική ωρίμανση εξαρτάται από τα δύο μέταλλα καθώς ρυθμίζουν νευροενδοκρινικές λειτουργίες του άξονα υποθαλάμου-γονάδων. Η διατροφή και η επάρκεια σε απαραίτητα ιχνοστοιχεία αποτελεί επιγενετικό παράγοντα ανάπτυξης λειτουργιών-δομών του ΚΝΣ που σχετίζονται με τη μνήμη το συναίσθημα και τις δεξιότητες.

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν:

- 1.Διερεύνηση της ποιότητας των σνακ, κυρίως ως προς τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία Zn,Cu , που διατίθενται στα σχολικά κυλικεία και το ελεύθερο εμπόριο.
- 2.Καταγραφή των διατροφικών συνηθειών των μαθητών ηλικίας 12-15 ετών, βάσει ερωτηματολογίων.
- 3.Εκτίμηση της ανάπτυξης των ως άνω μαθητών βάσει σωματομετρικών δεικτών και συναρτήσει του φορτίου σώματος σε Zn,Cu.
- 4.Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ σχολικής επίδοσης και φορτίου σώματος σε Zn,Cu στους ως άνω μαθητές.

Η έρευνα διεξήχθη με άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου σε 10 Γυμνάσια του Δήμου Ιωαννιτών, πρωτεύουσα του Νομού Ιωαννίνων και περιέλαβε 503 μαθητές [267 αγόρια (53,1%) και 236 κορίτσια (46,9%)], ηλικίας 12-15 ετών. Τροφικά δείγματα σνακ από τα σχολικά κυλικεία και το ελεύθερο εμπόριο συνελέγησαν και ταξινομήθηκαν σε δύο βασικές κατηγορίες : επεξεργασμένα και παραδοσιακά, αναλύθηκαν ως προς το περιεχόμενό τους σε Zn,Cu και υπολογίστηκε η ενεργειακή απόδοσή τους σε Kcal. Οι μαθητές-παιδιά του δείγματος ταξινομήθηκαν με βάση τον Δείκτη Μάζας Σώματος σε 4 κατηγορίες : Λιποβαρή, Ιδανικού βάρους, Υπέρβαρα,Παχύσαρκα. Βάσει ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν από τους μαθητές κατόπιν ειδικής ενημέρωσης εντός σχολείου συνελέγησαν και επεξεργάστηκαν πληροφορίες που αφορούσαν:

- 1.αριθμό σνακ σε τεμάχια (τμχ), 2.συγκέντρωση Zn και Cu (μg/τεμάχιο), 3.περιεχόμενο θερμίδων (Kcal/τεμάχιο) , 4.εκατοστιαία συνεισφορά τους ως προς τις ημερήσιες συστάσεις τηςEU ,5.πυκνότητα των ιχνοστοιχείων (Znd, Cud), 6.πηλίκιο Zn/Cu.

Τα καταναλωτικά χαρακτηριστικά των σνακ συσχετίστηκαν με τις παρακάτω μεταβλητές:

- 1.φύλο (αγόρι-κορίτσι), 2.χώρος προμήθειας σνακ (εντός ή εκτός σχολείου), 3.διαχείριση χρημάτων (χαρτζιλίκι), 4.δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ).

Από τον πληθυσμό των μαθητών που συμμετείχαν ελήφθησαν δείγματα τριχωτού της

κεφαλής και αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων Zn, Cu ως δείκτη φορτίου σώματος στα απαραίτητα ιχνοστοιχεία. Τα επίπεδα Zn, Cu συγκρίθηκαν μεταξύ των δύο φύλων, συσχετίστηκαν με το ΔΜΣ, με την κατανάλωση σνακ και τη σχολική επίδοση των μαθητών.

Τα αποτελέσματα -συμπεράσματα είναι:

1. Τα παραδοσιακά σνακ έχουν στατιστικά σημαντικές υψηλότερες ($p < 0,00$) συγκεντρώσεις Zn και Cu από τα επεξεργασμένα.
2. Η πυκνότητα των μεταλλικών ιχνοστοιχείων, εκφρασμένη ως $[Zn, Cu(\mu g)]/Kcal$ των παραδοσιακών σνακ είναι μεγαλύτερη από αυτή των επεξεργασμένων για όλες τις κατηγορίες τους.
3. Οι πυκνότητες Zn_d, Cu_d των παραδοσιακών σνακ είναι μεγαλύτερες από τους αντίστοιχους δείκτες των συστάσεων EU και WHO για αγόρια και κορίτσια ενώ τα επεξεργασμένα έχουν μικρότερες αντίστοιχες πυκνότητες.
4. Σε σύνολο μαθητικού πληθυσμού 503 ατόμων διακρίνονται με βάση το ΔΜΣ οι κάτωθι κατηγορίες παιδιών:

Λιποβαρή	3,80%
Ιδανικού βάρους	67,60%
Υπέρβαρα	21,10%
Παχύσαρκα	7,60%

5. Ο μέσος αριθμός σνακ που καταναλώνουν οι μαθητές/24ωρο είναι $2,89 \pm 1,56$ τμχ. Τα αγόρια καταναλώνουν ημερησίως περισσότερα σνακ από τα κορίτσια ($p = 0,027$).
6. Η μέση κατανάλωση σνακ εκτός σχολείου διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων, τα αγόρια καταναλώνουν περισσότερα σνακ ($p = 0,019$). Οι θερμίδες επίσης που προσλαμβάνονται από τα σνακ εκτός σχολείου εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, τα αγόρια προσλαμβάνουν περισσότερες ($p = 0,016$).
7. Το 73% των μαθητών διαχειρίζεται χρήματα (χαρτζιλίκι). Το ποσοστό των αγοριών είναι μεγαλύτερο 75,09% και των κοριτσιών 70,64%. Εμφανίζεται στατιστικά σημαντική ($p < 0,01$) και ισχυρά θετική συσχέτιση ($r = 0,945$) μεταξύ των σνακ που καταναλώνονται και των χρημάτων που διαχειρίζονται οι μαθητές.

8. Δεν αναδεικνύονται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ κατανάλωσης σνακ και κατηγοριών ΔΜΣ.
9. Τα αγόρια προσλαμβάνουν από τα σνακ/ημέρα μεγαλύτερες ποσότητες Zn και Cu απ'ότι τα κορίτσια.
10. Τα σνακ που καταναλώνονται στο σχολείο περιέχουν περισσότερο Zn,Cu/τμχ,καθώς και Zn_d ,Cu_d/τμχ από τα της ελεύθερης αγοράς.
11. Οι μαθητές που δεν διαχειρίζονται χρήματα καταναλώνουν λιγότερα σνακ και Kcal/ημέρα όμως η Zn_d των σνακ είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των μαθητών με χαρτζιλίκι.
12. Οι συγκεντρώσεις Zn και Cu στο τριχωτό κεφαλής των κοριτσιών είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες των αγοριών ($p<0,00$).Η διαφορά αυτή μεταξύ των φύλων διαμορφώνεται από την κατηγορία ΔΜΣ ιδανικών.
13. Οι μαθητές με υψηλή σχολική επίδοση έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη ($p<0,00$) συγκέντρωση Zn στο τριχωτό της κεφαλής από τους μαθητές με χαμηλή σχολική επίδοση.
14. Οι μαθητές χαμηλής επίδοσης καταναλώνουν περισσότερα σνακ ημερησίως ($p=0,022$) προσλαμβάνουν περισσότερες θερμίδες ($p=0,019$), περισσότερο Zn και Cu από τα σνακ, όμως όπως φαίνεται από τις αναλύσεις του τριχωτού της κεφαλής αυτά τα μέταλλα δεν είναι βιοδιαθέσιμα.

Γενικά συμπεράσματα

Τα τρόφιμα που διατίθενται προς κατανάλωση λόγω των επεξεργασιών που υφίστανται υπόκεινται σε επισφάλεια όσον αφορά τη θρεπτική τους αξία καθώς πολλά απαραίτητα για την υγεία και ανάπτυξη συστατικά όπως πχ τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία υπολείπονται με αποτέλεσμα την εμφάνιση της λεγόμενης κρυφής πείνας (hidden hunger).

Η πληθυσμιακή ομάδα που υφίσταται τις μεγαλύτερες επιπτώσεις του ανωτέρω φαινομένου είναι τα παιδιά ,καθώς ελλείψεις ή / και υπερεπάρκειες των απαραίτητων ιχνοστοιχείων είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε σοβαρές μη αντιστρεπτές, λόγω του εξελικτικού σταδίου που διανύουν, διαταραχές της σωματο-ψυχο-νοητικής ανάπτυξης.

Comparisons on the biological actions of natural food products.
Essential trace elements (Zn, Cu) in the nutritional products
of school buffets and their relation to growth-mental development of
school children-consumers (aged 13-15 years)

DOCTORATE THESIS
Filiou Dimitra

SUMMARY

Essential metals , Zn and Cu, represent significant and determinant factors for human development and health, participating , among other very important systemic procedures, in reproductive system's development and normal function as well as in nervous system's integrative and regulative role. Beginning of puberty depicts a crucial period of body-mental development ,strongly depended on nutrition.

Trace metals , like Zn and Cu, present a wide range of concentrations within foods but their bioavailability depends on many other food ingredients. Nutritional adequacy in essential metals consists a major factor for physiological CNS functions /structures related to memory, emotions and skills.

Intermediate meals (snacks), widely consumed by adolescents , usually reveal poor nutritional value index as they may render many calories versus inadequate amounts of essential metals like Zn and Cu. Decreased intake of the above metals may lead to food intake and body weight disturbances via recently recognized mechanisms connecting leptin and insulin to hypothalamus induced hunger-satiation control.

Likewise reproductive maturation depends on the two metals since they regulate the hypothalamus- gonads neuro-endocrinal axis.

Aims of the present thesis were:

1. Investigation of , the available in school buffets and super markets, snacks' quality, mainly in relation to essential metals Zn and Cu.
2. Registration of the nutritional habits among 503 school boys and girls, aged 12-15 years, studying at 10 gymnasium-level schools, in the district of Ioannina city, capital of Ioannina municipality ,in Epirus district of the NW-Greece .
3. Research on the developmental status of the above pupils based on somatometric indexes in relation to Zn and Cu body burden.
4. Research on the relation between school progress and Zn, Cu body burden of the investigated school population .

Snack food samples -a variety of 50 different products- from school buffets and super markets were collected and classified in categories :a. processed and b. traditional and subcategories for each as a. confectionary, b. crispy, or c .bakery products , analyzed for their content in Zn, Cu and estimated for their restitution in calories .

Data based on extended queries , completed by the pupils, inside the school , were collected and processed concerning:

- 1.number of snack pieces consumed /day/person.
- 2.Content in Zn,Cu,($\mu\text{g/piece}$) and calories (Kcal/piece).
3. Percentage of their contribution in reference to E.U daily recommendations .
4. Density of snacks in metals ($\mu\text{g/kcal}$) for zinc (Znd) and copper (Cud).

Hair samples taken from the school boys/girls were analyzed for Zn, and Cu levels for the estimation of the body's metal burden index. Comparisons in reference to body's metal burden were proceeded between the two sexes and were correlated to Body Mass Index , snack consumption and school progress.

In conclusion :

- 1.Traditional snacks possess significantly better nutritional indexes (Znd, Cud) compared to processed ones.
- 2.School boys and girls of high school performance reveal significantly higher ($p < 0.00$) hair Zn concentration compared to the low grading school mates.
- 3.Snacks reveal low bioavailability for the trace metals Zn ,Cu .
4. Hidden hunger for nutritional agents such as the essential metals, crucial for adolescents' physiological mental - somatic development and health ,must be taken in consideration in reference to the protective role of nutritional education that may be applied in schools.

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ADA Reports: Practice paper of the American Dietetic Association: nutrient density: meeting nutrient goals within calorie needs. *J Am Dietet Assoc* 107:860–869, 2007.
- A.E. Favier , The role of zinc in reproduction. Hormonal mechanisms. *Biol Trace Elem. Res* 32(1992), p. 363
- A.S. Prasad , Zinc deficiency in women, infants and children. *J Am Coll Nutr* 15(1996), p. 113.
- Aasheim ET, Hofso D, Hjelmestaeth J, Birkeland KI, Bohmer T. Vitamin status in morbidly obese patients: a cross-sectional study. *Am J Clin Nutr.* 2008;87:362–369.
- Aggett PJ, Bresson J, Haschke F, et al. Recommended Dietary Allowances (RDAs), Recommended Dietary Intakes (RDIs), Recommended Nutrient Intakes (RNIs), and Population Reference Intakes (PRIs) are not “recommended intakes.” *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1997;25:236–41.
- Aggett PJ. The assessment of zinc status: a personal view. *Proc Nutr Soc* 1991;50:9–17.
- Aggett J.P. Population reference intakes and micronutrient bioavailability: a European perspective *Am J Clin Nutr* 2010;91(suppl):1433S– 7S.
- Ahima RS. Adipose tissue as an endocrine organ. *Obesity (Silver Spring)* 2006;14(Suppl 5):242S– 249S
- Ames BN. Micronutrient deficiencies. A major cause of DNA damage. *Ann NY Acad Sci.* 1999;889:87–106.
- Andreini C, Banci L, Bertini I, Rosato A. Occurrence of copper proteins through the three domains of life: a bioinformatic approach *J Proteome Res.* 2008 Jan;7(1):209–16.
- Apfelbacher CJ, Loerbroks A, Cairns J, Behrendt H, Ring J, Kramer U. Predictors of overweight and obesity in five to seven-year old children in Germany: results from crosssectional studies. *BMC Public Health* 2008;8:171.
- Arsenault JE, Havel PJ, López de Romaña D, Penny ME, Van Loan MD, Brown KH. Longitudinal measures of circulating leptin and ghrelin concentrations are associated with the growth of young Peruvian children but are not affected by zinc supplementation. *Am J Clin Nutr.* 2007;86:1111– 1119.

- Attig L, Larcher T, Gertler A, Abdennebi-Najar L, Djiane J. Postnatal leptin is necessary for maturation of numerous organs in newborn rats. *Organogenesis*. 2011;7:88–94.
- Bates CJ, Evans PH, Dardenne M, et al. A trial of zinc supplementation in young rural Gambian children. *Br J Nutr*. 1993;69:243–255.
- Beach R.: Priority health behaviors in adolescents health promotion in the clinical setting. *Adolesc Health Update*. 1991;3(2).
- Berrigan D, Dodd K, Troiano RP (2003) Patterns of health behaviors in U.S. Adults. *Prev Med* 36 615 – 623
- Bell SG, Vallee BL. The metallothionein/thionein system: an oxidoreductive metabolic zinc link. *ChemBioChem* 2009;10:55–62.
- Bhutta, Z. A., Black, R. E., Brown, K. H., Gardner, J. M., Gore, S., Hidayat, A., Khatun, F., Black, M. M. (1998) Zinc deficiency and child development. *Am. J. Clin. Nutr.* 68: 464S–469S Bhatnagar, S. & Taneja, S. (2001) Zinc and cognitive development. *Br. J. Nutr.* 85: S139–S145. Jackson, M. J. (1989) Physiology of zinc: general aspects. In: *Zinc in Human Biology* (Mills, C. F., ed.), pp. 1–14. Springer-Verlag, London.
- Jessica Fanzo, Roseline Remans, and Pedro Sanchez. *The Chemical Element: Chemistry's Contribution to Our Global Future*, First Edition. 2011
- Bellisle F, McDevitt R, Prentice AM. Meal frequency and energy balance. *Br J Nutr* 1997;77 (suppl 1) :S57-70.
- Baltaci AK, Mogulkoc R. Leptin and zinc relation: In regulation of food intake and immunity. *Indian J Endocrinol Metab*. 2012 Dec; 16(Suppl 3):S611-6
- Benton, D., in: Prasad, C., Lieberman, H., Kanarek, R. (Eds.), *Nutrition, Brain & Behavior*, vol. 3, *Nutritional Neuroscience: Overview of an Emerging Field*, Taylor and Francis, Boca Raton 2005, pp. 57–71.
- Benton D. The influence of dietary status on the cognitive performance of children. *Mol. Nutr. Food Res* 2010.54, 457–470
- Bhatnagar S., Taneja S. Zinc and cognitive development. *Br. J. Nutr.* 2001 85, S139–S145.
- Birch LL, Fisher JO. Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics* 1998;101:539-49.

- Black, R. E. Zinc deficiency, immune function, and morbidity and mortality from infectious disease among children in developing countries. *Food Nutr. Bull.* 2001 22: 155–162.
- Black Robert E, Lindsay H Allen, Zulfi qar A Bhutta, Laura E Caulfi eld, Mercedes de Onis, Majid Ezzati, Colin Mathers, Juan Rivera, for the Maternaland Child Undernutrition Study Group. *Lancet* 2008;371:243-60.
- Blakemore, S.-J., Burnett, S., and Dahl, RE (2010) The role of puberty in the developing adolescent brain. *Hum.Brain Mapp.*31, 926–933.
- Botash AS, Nasca J, Dubowy R, Weinberger HL, Oliphant M. Zinc-induced copper deficiency *Am J Dis Child* 1992;146:709–11.
- Bowman SA,et al.Effects of Fast-FoodConsumption on Energy Intake and Diet Quality among Children in a National Household Survey *Pediatrics*2004;113:112132.
- Bremner I, Morrison JN, Wood AM, Arthur JR. Effects of changes in dietary zinc, copper and selenium supply and of endotoxin adminis- tration on metallothionein I concentrations in blood cells and urine in the rat. *J Nutr* 1987;117:1595–602.
- Bremner I, Morrison JN. Assessment of zinc, copper and cadmium status in animals by assay of extracellular metallothionein. *Acta Pharmacol Toxicol* (Copenh) 1986;59(suppl 7):502–9.
- Brown and E. Pollit , Malnutrition, poverty and intellectual development. *Sci Am* 26 (1996)
- Brown KH. Effect of infections on plasma zinc concentration and implications for zinc status assessment in low-income countries. *Am J Clin Nutr* 1998;68:425S–9S.
- Brown, K. H., Peerson, J. M., Rivera, J. & Allen, L. (2002) Effect of supplemental zinc on the growth and serum concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 75: 1062–1075.
- Brown, K. H., Wuehler, S. E. & Peerson, J. M. (2001) The importance of zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency. *Food Nutr. Bull.* 22: 113–125.
- Bryan J., Osendarp S., Hughes D., Calvaresi E., Baghurst K., Van Klinken J.-W. (2004). Nutrients for cognitive development in school-aged children. *Nutr.*

Rev. 62, 295–306

- Cavan KR, Gibson RS, Grazioso CF, Isalgue AM, Ruz M, Solomons NW. Growth and body composition of periurban Guatemalan children in relation to zinc status: a longitudinal zinc intervention trial. *Am J Clin Nutr*. 1993;57:344–352.
- Cardoso Cristiane Cominetti Silvia Maria Franciscato Cozzolino Importance and management of micronutrient deficiencies in patients with Alzheimer's disease *Clinical Interventions in Aging* 2013;8 531–542
- CDC. Guidelines for school health programs to promote lifelong healthy eating. *J Sch. Health* 1997; 67:9-26.
- Chen MD, Lin PY, Cheng V, Lin WH. Zinc supplementation aggravates body fat accumulation in genetically obese mice and dietary-obese mice. *Biol Trace Elem Res*. 1996;52:125– 132.
- Chen MD, Lin PY. Zinc-induced hyperleptinemia relates to the amelioration of sucrose induced obesity with zinc repletion. *Obes Res*. 2000;8:525– 529.
- Chen MD, Song YM, Lin PY. Zinc may be a mediator of leptin production in humans. *Life Sci*. 2000;66:2143–2149.
- Chen, T.A. Yin, J.S. He et al., Low levels of zinc in hair and blood, pica, anorexia, and poor growth in chinese preschool children. *Am J Clin Nutr* 42 (1985), p. 694
- Clement, Genetics of human obesity 2006 Aug;329(8):608-22;
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000, 320: 1-6.
- Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut-offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* 2007, 335:194
- Cole CR, Lifshitz F. Zinc nutrition and growth retardation. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2008; 5:889–96.
- Conclusions of the Joint WHO/UNICEF/IAEA/IZiNCG Interagency Meeting on Zinc Status Indicators. *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 28, no. 3 (supplement) 2007, The United Nations University
- Cousins RJ. Zinc. In: Bowman BA, Russell RM, eds. *Present knowledge in nutrition*. Washington, DC: ILSI Press, 2006:445–57.

- Cousins RJ. Theoretical and practical aspects of zinc uptake and absorption. *Adv Exp Med Biol* 1989;249:3–12.
- Coyle P, Philcox JC, Carey LC, Rofe AM. Metallothionein: the multipurpose protein. *Cell Mol Life Sci* 2002;59:627–47
- Cross AT, Babicz D, Cushman LF: Snacking patterns among 1,800 adults and children. *J Am Diet Assoc*. 1994
- CW Lindow, CA Elvehjem The copper content of plant and animal foods *Journal of Biological Chemistry*, 1929
- D.J. Alnwick , Combating micronutrient deficiencies: problems and perspectives. *Proc Nutr Soc* 57(1998), p. 137.
- David M. Taylor and David R. Williams *Trace Element Medicine and Chelation Therapy*, 1995
- Delgado-Andrade C, Mesias M, Morales FJ, Seiquer I and Navarro MP, Assessment of acrylamide intake of Spanish boys aged 11–14 years consuming a traditional and balanced diet. *LWT – Food Sci Technol* 46:16–22 (2012).
- De Souza A. S., Fernandes F. S., Do Carmo M. G. (2011). Effects of maternal malnutrition and postnatal nutritional rehabilitation on brain fatty acids, learning, and memory. *Nutr. Rev.* 69, 132–144
- Deutsch G. K., Dougherty R. F., Bammer R., Siok W. T., Gabrieli J. D. E., Wandell B. (2005). Children's reading performance is correlated with white matter structure measured by diffusion tensor imaging. *Cortex* 41, 354–363
- Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements (IOM, 2006).
- Dodson M., Gary J. Hausman, LeLuo Guan, Min Du, Theodore P. Rasmussen, Sylvia P. Poulos, Priya Mir, Werner G. Bergen, Melinda E. Fernyhough, Douglas C. McFarland, Robert P. Rhoads, Beatrice Soret, James M. Reecy, Sandra G. Velleman, and Zhihua Jiang. Lipid metabolism, adipocyte depot physiology and utilization of meat animals as experimental models for metabolic research. *Int J Biol Sci.* 2010;6(7): 691–699.
- Dreosti I.E. Zinc and the gene. *Mutat. Res.* 2001 Apr 18;475(1-2):161-7.
- Drewnowski A Defining Nutrient Density: Development and Validation of the Nutrient Rich Foods Index *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 28, No. 4, 421S–426S (2009)

- Drewnowski A. The Nutrient Rich Foods Index helps to identify healthy, affordable foods
Am J Clin Nutr 2010;91(suppl):1095S–101S
- E.B. Fung, L.D. Ritchie, L.R. Woodhouse, R. Roehi and J.C. King, Zinc absorption in women during pregnancy and lactation: a longitudinal study. Am J Clin Nutr 66(1997), p. 80.
- E. Ho, Zinc deficiency, DNA damage and cancer risk, J. Nutr. Biochem. 15 (2004) 572–578.
- Eide DJ. Zinc transporters and the cellular trafficking of zinc. Biochim Biophys Acta 2006; 1763: 711–22.
- Elias C. F., Purohit D. (2013). Leptin signaling and circuits in puberty and fertility. Cell Mol. Life Sci. 70, 841–862
- Endre, L., Beck, F. and Prasad, A. (1990) The role of zinc in human health. J. Trace Elem. Exp. Med., 3, 333–375.
- Engle, P. L. (2010). INCAP studies of malnutrition and cognitive behavior. Food Nutr. Bull. 31, 83–94.
- FAO/WHO Human Vitamin and Mineral Requirements, 2001.
- Fairweather-Tait. Contribution made by biomarkers of status to an FP6 Network of Excellence, EUROpean micronutrient RECommendations Aligned (EURRECA) Am J Clin Nutr 2011;94(suppl):651S–4S.
- Fanzo, J., Holmes, M., Junega, P., Musinguzi, E., Smith, I.F., Ekesa, B., Bergamini, N. (2011) Improving nutrition with agricultural biodiversity, Bioversity International, Rome, p.78.
- Farthing, M.C. (1991). Current eating patterns of adolescents in the United States. Nutrition Today (March/April), 35-39.
- Feillet-Coudray C, Meunier N, Rambeau M, et al. Long-term moderate zinc supplementation increases exchangeable zinc pool masses in late- middle-aged men: the Zenith Study. Am J Clin Nutr 2005;82:103–10.
- Ferreira L, Garrido M, Nascimento-Ferreira I, Nobrega C, Santos-Carvalho A, Alvaro AR, et al. Moderate long-term modulation of neuropeptide Y in hypothalamic arcuate nucleus induces energy balance alterations in adult rats. PLoS One. 2011;6:e22333
- Ferguson EL, Gibson RS, Opare-Obisaw C, Ounpuu S, Thompson LU, Lehrfeld J. The zinc nutriture of preschool children living in two African countries. J

- Nutr. 1993; 123 : 1487–1496.
- Food and Nutrition Board: Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington DC: National Academy Press, 2001.
- Ford, D. (2004) Intestinal and placental zinc transport pathways Proc. Nutr. Soc. 63,21-29
- Fujita M, Itakura T, Takagi Y, Okada A. Copper deficiency in total parenteral nutrition: Clinical analysis of three cases. J Parent Enter Nutr 1989;13:421– 42
- Fukada T, Yamasaki S, Nishida K, Murakami M, Hirano T (2011) Zinc homeostasis and signaling in health and diseases: Zinc signaling. J Biol Inorg Chem 16: 1123–1134
- Garcia, Olga., Long, Kurt. and Rosado, Jorge.L. (2009) Impact of micronutrient deficiencies on obesity.. Nutrition Reviews, 67 10: 559-572
- Garrow JS. Importance of obesity. BMJ 1991; 303: 704-706.
- Ghosh S. S., Kakunoori S., Augustinack J., Nieto-Castanon A., Kovelman I., Gaab N., et al. (2010). Evaluating the validity of volume-based and surface-based brain image registration for developmental cognitive neuroscience studies in children 4 to 11 years of age. Neuroimage 53, 85–93
- Gibson RS, DeWolfe MS. The zinc, copper, manganese, vanadium, and iodine content of hair from 38 Canadian neonates. Pediatr Res 1979;13:959–62.
- Gibson R.S., F. Yeudall, N. Drost, B. Mtitimuni and T. Cullinan , Dietary interventions to prevent zinc deficiency. Am J Clin Nutr 68(1998), p. 484.
- Gibson RS, Hess SY, Hotz C, Brown KH. Indicators of zinc status at the population level: a review of the evidence. Br J Nutr 2008;99(suppl 3):S14–23.
- Gibson RS, Skeaff M, Williams S. Interrelationship of indices of body composition and zinc status in 11-yr-old New Zealand children. Biol Trace Elem Res. 2000;75:65–77.
- Gibson RS (2005) Principles of Nutritional Assessment, 2nd ed. New York: Oxford University Press.
- Giedd J., Stockman M., Weddle C., Liverpool M., Alexander-Bloch A., Wallace G., et al.(2010) Anatomic magnetic resonance imaging of the developing child and

- adolescent brain and effects of genetic variation. *Neuropsychol. Rev.* 20, 349–361.
- Golden MH, Golden BE. Effect of zinc supplementation on the dietary intake, rate of weight gain, and energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition. *Am J Clin Nutr.* 1981;34:900–908.
- Golden MHN. The diagnosis of zinc deficiency. In: Mills CF, ed. *Zinc in human biology*. London, United Kingdom: Springer-Verlag, 1989: 173–81.
- Graham GG, Cordano A. Copper depletion and deficiency in the malnourished infant. *Johns Hopkins Med J* 1969;124:139-150
- Grider A, Bailey LB, Cousins RJ. Erythrocyte metallothionein as an index of zinc status in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 1990;87: 1259–62.
- Guidelines for school health programs to promote lifelong healthy eating. *MMWR.* 1996;45:1-41.
- Günther, V., Waldvogel, D., Nossowitz, M., Georgiev, O., Schaffner, W. (2012). Dissection of *Drosophila* MTF-1 reveals a domain for differential target gene activation upon copper overload vs. copper starvation. *Int. J. Biochem. & Cell Biol.* 44(2): 404-411.
- Hambidge KM, Hambidge C, Jacobs M, Baum JD. Low levels of zinc in hair, anorexia, poor growth, and hypogeusia in children. *Pediatr Res* 1972;6:868– 74.
- Hambidge KM, Krebs NF. Zinc deficiency: a special challenge. *J Nutr.* 2007;137:1101–1105.
- Hambidge KM, Miller LV, Westcott JE, Krebs NF. Dietary reference intakes for zinc may require adjustment for phytate intake. *J Nutr* 2008;138:2363–6.
- Hambidge KM, Manolo Mazariegos, Noel W. Solomons, Jamie E. Westcott, Sian Lei, Victor Raboy, Gary Grunwald, Leland V. Miller, Xiaoyang Sheng, and Nancy F. Krebs, Intestinal Excretion of Endogenous Zinc in Guatemalan School Children *J. Nutr.* 137: 1747–1749, 2007
- Hammons AJ, Fiese BH. Is frequency of shared family meals related to the nutritional health of children and adolescents? *Pediatrics.* 2011 Jun; 127(6).
- Harris RB. Leptin responsiveness of mice deficient in corticotrophin-releasing hormone receptor type 2. *Neuroendocrinology.* 2010;92:198–206
- Harris ED. Copper. In: O'Dell BL, Sude RA eds. *Handbook of nutritionally essential mineral elements*. New York: Marcel Dekker, 1997. Pp 231–73.

- Harrison M D, Jones C E, Solioz M, Dameron C T (2000) Trends Biochem Sci 25:29–32
- Hassapidou M., M. Bairaktari, Dietary intake of pre-adolescent children in Greece, Nutrition & Food Science 2001, Vol. 31 Iss: 3, pp.136 - 140
- Henkin RI: Trace Element Metabolism in Animals Vol. II. Hoekstra, W.G., et al, Eds. Univ. Park Press, Md., 1974
- Higuchi S, Higashi A, Nakamura T, Matsuda I. Nutritional copper deficiency in severely handicapped patients on a low copper enteral diet for a prolonged period: estimation of the required dose of dietary copper. J Pediatr Gastroenterol Nutr 1988;7:583–7.
- Ho E. Zinc deficiency, DNA damage and cancer risk. J Nutr Biochem 2004;15:572–8.
- Hoffman RS. Thallium toxicity and the role of Prussian blue in therapy. Toxicol Rev. 2003;22(1):29-40
- Inoue K, Noriko Sakano, Nobuyuki Miyatake Relationship between ceruloplasmin and oxidative biomarkers including ferritin among healthy Japanese J Clin Biochem Nutr. 2013 March; 52(2): 160–166
- Janssen I, Katzmarzyk PT, Boyce WF, Vereecken C, Mulvihill C, Roberts C, Currie C, Pickett W; Health Behaviour in School-Aged Children Obesity Working Group. Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. Obes Rev. 2005 May;6(2):123-32. Review.
- Jessica Fanzo, Roseline Remans, and Pedro Sanchez: The Role of Chemistry in Addressing Hunger and Food Security Chemistry's Contribution to Our Global Future, First Edition. 2011
- Johnson S. Micronutrient accumulation and depletion in schizophrenia, epilepsy, autism and Parkinson's disease? Med Hypotheses. 2001;56:641–5
- J.G. Penland, Behavioral data and methodology issues in studies of zinc nutrition in humans. J Nutr 130 (2000), p. 361.
- J.G. Penland, H.H. Sandstead, N.W. Alcock, A preliminary report: effects of zinc and micronutrient repletion on growth and neurophysiological function of urban Chinese children. J Am Coll Nutr 16 (1997), p. 268
- J.L. Rosado, Zinc deficiency and its functional implications. Salud Publica Mex 40 (1998), p. 181. Sandstead, H. H., Frederickson, C. J. & Penland, J. G.

- (2000) Zinc nutriture as related to brain. *J. Nutr.* 130: 140S–146S.
- Jackson MJ, Giugliano R, Giugliano LG, Oliveira EF, Shrimpton R, Swainbank IG. Stable isotope metabolic studies of zinc nutrition in slum-dwelling lactating women in the Amazon valley. *Br J Nutr* 1988; 59:193–203.
- Jacqmain M, Doucet E, Despres JP, Bouchard C, Tremblay A. Calcium intake, body composition, and lipoprotein-lipid concentrations in adults. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:1448– 1452.
- Janet C. King, Cutberto Garza. Harmonization of nutrient intake values. *Food Nutr Bull* 2007;28(suppl):S3
- Janet C. King, Hester H. Vorster, and Daniel G. Tome. Nutrient intake values (NIVs): A recommended terminology and framework for the derivation of values *Food and nutrition bulletin* 2007,28 S16-26
- Janet C King. Zinc: an essential but elusive nutrient *Am J Clin Nutr* 2011;94(suppl):679S–84S
- Janet C. King, David M. Shames and Leslie R. Woodhouse. Zinc Homeostasis in Humans *J. Nutr.* 130: 1360S—1366S, 2000
- Jennings A, Ailsa Welch, Esther M. F. van Sluijs, Simon J. Griffin, and Aedin Cassidy Diet Quality Is Independently Associated with Weight Status in Children Aged 9–10 Years. *J. Nutr.* 141: 453–459, 2011
- Jeyakumar SM, Vajreswari A, Giridharan NV. Chronic dietary vitamin A supplementation regulates obesity in an obese mutant WNIN/Ob rat model. *Obesity* (Silver Spring). 2006;14:52–59.
- Jeyakumar SM, Vajreswari A, Giridharan NV. Vitamin A regulates obesity in WNIN/Ob obese rat; independent of stearoyl-CoA desaturase-1. *Biochem Biophys Res Commun.* 2008;370:243–247.
- K. Simmer and R.P. Thompson, Zinc in the fetus and newborn. *Acta Paediatr Scand* 319 Suppl (1985), p. 158.
- Kalfakakou, V. & Simmons, T. J B. (1986). The mechanism of zinc uptake into human red blood cells. *Journal of Physiology* 381, 75P.
- Kant AK, Graubard BI. Predictors of reported consumption of low nutrient-density foods in a 24-h recall by 8–16 year old US children and adolescents. *Appetite* 2003;41:175– 80

- Kapantais GE., Haralambides V, Tzotzas T. et al. *Int J Obes* 2004, 28 (supp.1), S 71.
- Kimmons JE, Blanck HM, Tohill BC, Zhang J, Khan LK. Associations between body mass index and the prevalence of low micronutrient levels among US adults. *MedGenMed*. 2006;8:59.
- King JC, Garza C, Eds. International harmonization of approaches for developing nutrient-based dietary standards. *Food Nutr Bull* 2007;28(suppl):S1–153.
- King JC, Keen CL. Zinc. In: Shils ME, Olsen JAS, Shike M, Ross AC eds. *Modern Nutrition in Health and Disease* 9th edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999. Pp 223–39.
- King JC, Shames DM, Lowe NM, et al. Effect of acute zinc depletion on zinc homeostasis and plasma zinc kinetics in men. *Am J Clin Nutr* 2001;74:116–24.
- King JC, Vorster H, Tome D. Nutrient Intake Values (NIVs): a recommended terminology and framework for the derivation of values. *Food Nutr Bull* 2007; 28 (suppl) :S16–26
- Kirk TR. Role of dietary carbohydrate and frequent eating in body-weight control. *Proc Nutr Soc* 2000 ;59:349-58.
- Konukoglu D, Turhan MS, Ercan M, Serin O. Relationship between plasma leptin and zinc levels and the effect of insulin and oxidative stress on leptin levels in obese diabetic patients *J Nutr Biochem*. 2004 Dec;15(12):757-60.
- Krassas GE, Tzotzas T, Tsametiis C, Konstantinidis T(2001). Prevalence and trends in overweight and obesity among children and adolescents in Thessaloniki, Greece. *J PediatrEndocrinolMetab* 14,1319–1326.
- Krebs, NF Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract *The Journal of nutrition*, 130 (5) (2000), p. 1374S
- Krezel, Q. Hao, W. Maret, The zinc/thiolate redox biochemistry of metallothionein and the control of zinc ion fluctuations in cell signaling, *Arch.Biochem. Biophys.* 463 (2007) 188–200.
- Kwun IS, Cho YE, Lomeda RA, Kwon ST, Kim Y, Beattie JH. Marginal zinc deficiency in rats decreases leptin expression independently of food intake and corticotrophin-releasing hormone in relation to food intake. *Br J Nutr*. 2007 Sep; 98(3):485-9.
- Kylie Ball, Anna F Timperio and David A Crawford, Understanding environmental influences on nutrition and physical activity behaviors: where should we look and

- what should we count? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2006, 3:33
- L.E. Caulfield, N. Zavaleta, A.H. Shankar and M. Meriaudi , Potential contribution of maternal zinc supplementation during pregnancy to maternal and child survival. *Am J Clin Nutr* 68 (1998), p.499.
- Lee A, Tsang C, Lee SH, To CY. A Comprehensive “Healthy Schools Programme” to promote school health: the Hong Kong experience in joining the efforts of health and education sectors. Department of Community and Family Medicine, The Chinese University of Hong Kong. 17 February 2002.
- Lee, H. H., Prasad, A. S., Brewer, G. J., and Owyang, C. (1989) Zinc absorption in human small intestine. *Am. J. Physiol.* 256, G87–G91
- Levitsky, D. A., & Youn, T. (2004). The more food young adults are served, the more they overeat. *The Journal of Nutrition* 2004; 134(10): 2546-2549.
- Lichten LA, Cousins RJ. Mammalian zinc transporters: nutritional and physiologic regulation. *Annu Rev Nutr.* 2009;29:153-76. doi: 10.1146/annurev-nutr-033009-083312. Review.
- Lillicrop, K. A., and Burdge, G. C. (2012). Epigenetic mechanisms linking early nutrition to long term health. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 26, 667–676.
- Lissau I, Overpeck MD, Ruan J, et al. Body mass index and overweight in adolescents in 13 European countries, Israel, and the United States. *Arch Pediatr Adolesc. Med* 2004; 1: 27-33.
- Lonnerdal B, Hernell O. Iron, zinc, copper and selenium status of breast-fed infants and infants fed trace element fortified milk-based infant formula. *Acta Paediatr* 1994;83:367–73.
- Lonnerdal B. Intestinal absorption of zinc. In: Mills CF ed. *Zinc in Human Biology*. New York: Springer-Verlag, 1989. Pp 33–55.
- Loos RJ, Rankinen T, Leon AS, et al. Calcium intake is associated with adiposity in black and white men and white women of the HERITAGE Family Study. *J Nutr.* 2004;134:1772–1778.
- Louis A. Lichten and Robert J. Cousins. Mammalian Zinc Transporters: Nutritional and Physiologic Regulation. *Annu. Rev. Nutr.* 2009. 29:153–76.
- Lowe NM, Woodhouse LR, Sutherland B, et al. Kinetic parameters and plasma zinc

- concentration correlate well with net loss and gain of zinc from men. *J Nutr* 2004;134:2178–81.
- Lytle LA, Eldridge AL, Kotz K, Piper J, Williams S, Kalina B. Children's interpretation of nutrition messages. *J Nutr Educ*. 1997; 29:128-136.
- Lytle LA. Lessons from the Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health (CATCH): interventions with children. *Current Opinion in Lipidology*. 1998, Vol.9, pp. 29-33.
- McMahon RJ, Cousins RJ. Mammalian zinc transporters. *J Nutr* 1998;128:667–70.
- M.E. Bentley, L.E. Caulfield, M. Ram, M.C. Santizo ., Zinc supplementation affects the activity patterns of rural Guatemalan infants. *J Nutr* 127(1997), p. 1333.
- M.M. Balck , Zinc deficiency and child development. *Am J Clin Nutr* 68 (1998), p. 464
- M.S. Golub, C.L. Keen and M.E. Gershwin , Moderate zinc-iron deprivation influences behavior but not growth in adolescent rhesus monkeys. *J Nutr* 130 (2000), p. 354.
- M.S. Golub, C.L. Keen, M.E. Gershwin and A.G. Hendrickx , Developmental zinc deficiency and behavior. *J Nutr* 125 (1995), p. 2263
- Mahshid Dehghan, Noori Akhtar-Danesh and Anwar T Merchant .Childhood obesity, prevalence and prevention *Nutrition Journal* 2005, 4:24
- Mantzoros CS, Prasad AS, Beck FW, et al. Zinc may regulate serum leptin concentrations in humans. *J Am Coll Nutr*. 1998;17:270–275.
- Maret Wolfgang. Zinc biochemistry, physiology, and homeostasis – recent insights and current trends *Bio Metals* 14: 187–190, 2001.
- Maret W. Molecular aspects of human cellular zinc homeostasis: redox control of zinc potentials and zinc signals. *Biometals*. 2009;22:149–157
- Maret W L. Banci (ed.), *Metallomics and the Cell, Metal Ions in Life Sciences* 12, © Springer Science+Business Media Dordrecht 2013
- Marreiro DN, Geloneze B, Tambascia MA, Lerário AC, Halpern A, Cozzolino SM. Effect of zinc supplementation on serum leptin levels and insulin resistance of obese women. *Biol Trace Elem Res*. 2006;112:109–118.
- Martorell, R., Ninh, N. X., Penny, M. E., Rosado, J. L., Roy, S. K., Ruel, M., Sazawal, S. & Shankar, A. (1999) Prevention of diarrhea and pneumonia by zinc supplementation in children in developing countries: pooled analysis of

- randomized clinical trials. *J. Pediatr.* 135: 689–697.
- McGill AT, Stewart JM, Lithander FE, Strik CM, Poppitt SD. Relationships of low serum vitamin D3 with anthropometry and markers of the metabolic syndrome and diabetes in overweight and obesity. *Nutr J.* 2008;7:4.
- McMahon R. and Susan C. Frost Nutrient Control of GLUT1 Processing and Turnover in 3T3-L1 Adipocytes *J.Biol.Chem.* 1995 270:12094-12099
- Menendez C, Lage M, Peino R, et al. Retinoic acid and vitamin D(3) powerfully inhibit in vitro leptin secretion by human adipose tissue. *J Endocrinol.* 2001;170:425–431.
- Menzie CM, Yanoff LB, Denkinger BI, et al. Obesity-related hypoferrremia is not explained by differences in reported intake of heme and nonheme iron or intake of dietary factors that can affect iron absorption. *J Am Diet Assoc.* 2008;108:145–148.
- Miller LV, Hambidge KM, Naake VL, Hong Z, Westcott JL, Fennessey PV. Size of the zinc pools that exchange rapidly with plasma zinc in humans: alternative techniques for measuring and relation to dietary zinc intake. *J Nutr* 1994;124:268–76.
- Miller LV, Nancy F. Krebs, and K. Michael Hambidge. A Mathematical Model of Zinc Absorption in Humans As a Function of Dietary Zinc and Phytate *J. Nutr.* 137: 135–141, 2007.
- Milne DB. Copper intake and assessment of copper status. *Am J Clin Nutr* 1998;67:1041S–1045S
- Mohammad MK, Zhou Z, Cave M, Barve A, McClain CJ. Zinc and liver disease. *Nutr Clin Pract.* 2012;27:8–20
- Monteiro CA, Conde WL, Popkin BM. Income-specific trends in obesity in Brazil: 1975–2003. *Am J Public Health.* 2007;97:1808–1812.
- Monteiro CA, Moura EC, Conde WL, Popkin BM. Socioeconomic status and obesity in adult populations of developing countries: a review. *Bull World Health Organ.* 2004;82:940–946.
- Morais MB, Fishberg M, Suzuki HU, Amancio OM, Machado NL. Effects of oral iron therapy on serum copper and serum ceruloplasmin in children. *J Trop Pediatr* 1994;40:51–2.

- Murphy SP, Vorster HH. Methods for using nutrient intake values (NIVs) to assess or plan nutrient intakes. *Food Nutr Bull* 2007;28(suppl):S51–60.
- Must A, Gerard E Dallal, and William H Dietz. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²) and triceps skinfold thickness. *Am J Clin Nutr* 1991;53:839-46.
- N Engl J Med 2002; 347:709-715 Decline in Physical Activity in Black Girls and White Girls during Adolescence *Nutrition Journal* 2005, 4:24.
- Nagy Z., Westerberg H., Klingberg T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *J. Cogn. Neurosci.* 16, 1227–1233
- Newby PK. Are dietary intakes and eating behaviors related to childhood obesity? A comprehensive review of the evidence. *J Law Med Ethics* 2007;35:35-60.
- Nishi Y. Zinc and growth. *J Am Coll Nutr* 1996;15: 340–4.
- Nose Y, Rees EM, Thiele DJ. Structure of the Ctr1 copper trans'PORE'ter reveals novel architecture *Trends Biochem Sci.* 2006 Nov;31(11):604-7
- Nyaradi A, Li J, Hickling S, Foster J and Oddy WH. The role of nutrition in children's neurocognitive development, from pregnancy through childhood *Hum. Neurosci.*, 26 March 2013
- Nzengue, Y., Lefebvre, E., Cadet, J., Favier, A., Rachidi, W., Steiman, R. and Guiraud, P. (2009) *J Trace Elem Med Biol.* 23(4), 314-23.
- O'Dell BL. Role of zinc in plasma membrane function. *J Nutr* 2000 130:1432S– 1436S
- Olga P García, Kurt Z Long, and Jorge L Rosado. Impact of micronutrient deficiencies on obesity *Nutrition Reviews* Vol. 67(10)(2009), p,559–572
- Olivares M, Uauy R. Limits of metabolic tolerance to copper and biological basis for present recommendations and regulations. *Am J Clin Nutr* 1996;63:846S–852S.
- Ott ES, Shay NF. Zinc deficiency reduces leptin gene expression and leptin secretion in rat adipocytes. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2001;226:841–846.
- Parks EJ, McCrory MA. When to eat and how often? *Am J Clin Nutr* 2005;81:3-4.
- Paschal DC, DiPietro ES, Phillips DL, Gunter EW. Age dependence of metals in hair in a selected U.S. population. *Environ Res* 1989;48:17–28.
- Padmavathi IJN, DurgaKishore Y, Venu L, et al. Prenatal and perinatal zinc restriction: effects on body composition, glucose tolerance and insulin response

- in rat offspring. *Exp Physiol.* 2009;94:761–769.
- Parizkova J, Hills A. *Childhood Obesity (prevention and treatment)* 2005, CRC Press, second edition, Florida.
- Prasad A., Zinc deficiency in humans: a neglected problem, *J. Am. Coll. Nutr.* 17 (1998) 542–543.
- Pinna K, Woodhouse LR, Sutherland B, Shames DM, King JC. Exchangeable zinc pool masses and turnover are maintained in healthy men with low zinc intakes. *J Nutr* 2001;131:2288–94.
- Puig S, Lee J, Lau M, Thiele DJ. Biochemical and genetic analyses of yeast and human high affinity copper transporters suggest a conserved mechanism for copper uptake. *J Biol Chem.* 2002; 277:26021–30
- Putnam J, Allshouse J, Kantor LS (2002) U.S. per capita food supply trends: More calories, refined carbohydrates, and fats. *Food Review* 25: 2–15
- R. Valdes-Ramos, Zinc: a perinatal point of view. *Prog Food Nutr Sci* 16(1992), p. 279.
- Ramakrishnan, U. 2002. Prevalence of micronutrient malnutrition worldwide. *Nutr. Rev.* 60: S46– S52.
- Ramos G, Tseke P, Ziakka S. Vitamin D, the renin-angiotensin system, and insulin resistance. *Int Urol Nephrol.* 2008;40:419–426.
- Reinehr T, de Sousa G, Alexy U, Kersting M, Andler W. Vitamin D status and parathyroid hormone in obese children before and after weight loss. *Eur J Endocrinol.* 2007;157:225–232.
- Rennie KL, Johnson L, Jebb SA. Behavioural determinants of obesity. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2005 Sep;19(3):343–58. Review.
- Reports of the Scientific Committee for Food (31st series). Nutrient and energy intakes for the European Community. Brussels, Belgium: European Commission, 1993.
- Rondini TA, Baddini SP, Sousa LF, Bittencourt JC, Elias CF. Hypothalamic cocaine- and amphetamine-regulated transcript neurons project to areas expressing gonadotropin releasing hormone immunoreactivity and to the anteroventral periventricular nucleus in male and female rats. *Neuroscience.* 2004;125: 735–748
- Roth HP, Kirchgessner M. Utilization of zinc from picolinic or citric acid complexes in relation to dietary protein sources in rats. *J Nutr* 1985;115:1641–9.

- Ruth DeBusk The Role of Nutritional Genomics in Developing an Optimal Diet for Humans *Nutr Clin Pract* December 2010 25: 627-633,
- Sandstead, H. H. (1996) Zinc deficiency: a public health problem? *Am. J. Dis. Children.* 145: 853– 859.
- Sandstead H. , Causes of iron and zinc deficiencies and their effect on brain. *J Nutr* 130(2000), p. 347.
- Sandstead H., J.G. Penland, N.W. Alcock et al., Effects of repletion with zinc and other micronutrients on neurophysiologic performance and growth of Chinese children. *Am J Clin Nutr* 68 (1998), p. 470.
- Sandstrom B, Cederblad A, Lonnerdal B. Zinc absorption from human milk, cow's milk and infant formulas. *Am J Dis Child* 1983;137:726–9.
- Sandstrom B, Lonnerdal B. Promoters and antagonists of zinc absorption. Mills CF ed. *Zinc in Human Biology*. New York: Springer-Verlag, 1989. Pp 57-78.
- Sandström, B. 1989. Dietary pattern and zinc supply. In: *Zinc in Human biology*. Mills C.F. ed. p. 350-363. Devon, U.K.
- Sato M, Mehra RK, Bremner I. Measurement of plasma metallothionein-I in the assessment of the zinc status of zinc-deficient and stressed rats. *J Nutr* 1984;114:1683–9.
- Sazawal, S., Black, R. E., Menon, V. P., Dingra, P., Caulfield, L. E., Dingra, U. & Bagati, A. (2001) Zinc supplementation in infants born small for gestational age reduces mortality: a prospective, randomized, controlled trial. *Pediatrics* 108: 1280–1286.
- Shaw JCL. Copper deficiency in term and preterm infants. In: Fomon SJ, Zlotkin S, eds. *Nutritional anaemias*. New York: Vevey/Raven Press, 1992. Pp 105–17.
- Shrewsbury V, Wardle J. Socioeconomic status and adiposity in childhood: a systematic review of cross-sectional studies 1990-2005. *Obesity* 2008;16:275-84.
- Siegel, R. C. (1979) *Int. Rev. Connect. Tissue Res.* 8, 73-118
- Simon SF, Taylor CG. Dietary zinc supplementation attenuates hyperglycemia in db/db mice. *Exp Biol Med* (Maywood). 2001;226:43–51.
- Singh RB, Beegom R, Rastogi SS, Gaoli Z, Shoumin Z. Association of low plasma concentrations of antioxidant vitamins, magnesium and zinc with high body fat per cent measured by bioelectrical impedance analysis in Indian men. *Magnes*

Res. 1998;11:3–10.

- Slominski M., Tobias W Fischer, Michal A Zmijewski, Jacobo Wortsman, Igor Semak, Blazaj Zbytek, Radomir M Slominski, Desmond J Tobin On the role of melatonin in skin physiology and pathology *Endocrine* July 2005, Volume 27, Issue 2, pp 137-147
- Sousa-Ferreira L, Garrido M, Nascimento-Ferreira I, Nobrega C, Santos-Carvalho A, et al. (2011) Moderate Long-Term Modulation of Neuropeptide Y in Hypothalamic Arcuate Nucleus Induces Energy Balance Alterations in Adult Rats. *PLoS ONE* 6(7): e22333. doi:10.1371
- Sørensen, T.: The genetics of obesity. *Metabolism*. 1995 Sep;44(9 Suppl 3):4-6.
- Stang J, Story M (eds) *Guidelines for Adolescent Nutrition Services* (2005) 2. University of Minnesota http://www.epi.umn.edu/let/pubs/adol_book.shtm
- Story M, Stevens J, Evans M, Cornell CE, Juhaeri, Gittelsohn J, Going SB, Clay TE, Murray DM. Weight Loss Attempts and Attitudes toward Body Size, Eating, and Physical Activity in American Indian Children: Relationship to Weight Status and Gender. *Obes Res* 2001 9: 356-363.
- Stover J.P. Influence of human genetic variation on nutritional requirements. *Am J Clin Nutr* 2006;83(suppl): 436S–42S.
- Stunkard AJ., Sorensen TI., Hanis C. et al.: An adoption study of human obesity. *New England Journal of Medicine* 1986, 314, 193-198.
- Sue Y.S. Kimm., M.P.H., Nancy W. Glynn, ., Andrea M. Kriska, Bruce A Barton, Shari S. Kronsberg, M.S., Stephen R. Daniels, Patricia B. Crawford, P.H., Zak I. Sabry, and Kiang Liu, .Decline in Physical Activity in Black Girls and White Girls during Adolescence. *N Engl J Med* 2002; 347:709- 715.
- Tallman DL, Taylor CG. Effects of dietary fat and zinc on adiposity, serum leptin and adipose fatty acid composition in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem*. 2003;14:17–23.
- Tessier FJ, Niquet C.J. The metabolic, nutritional and toxicological consequences of ingested dietary Maillard reaction products: a literature review. *Soc Biol*. 2007; 201(2):199-207.
- The Development of DRIs 1994-2004: Lessons Learned and New Challenges: Workshop Summary

Trace Element Medicine And Chelation Therapy David M. Taylor and David R. Williams
The Royal Society of chemistry.

Turnlund JR, Keyes WR, Peiffer GL, Scott KC. Copper absorption, excretion and retention by young men consuming low dietary copper determined by using the stable isotope ^{65}Cu . *Am J Clin Nutr* 1998;67:1219–25.

Turnlund JR. Copper. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC eds. *Modern nutrition in health and disease*, 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999. Pp 241–52.

Turnlund JR. Human whole-body copper metabolism. *Am J Clin Nutr* 1998;67:960S–964S.

Underwood, E. J. 1971. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition* 3rd Ed. Academic Press. New York, New York.

Vallee BL, Falchuk KH. The biochemical basis of zinc physiology *Physiol Rev.* 1993 Jan; 73 (1) :79-118.

Vincent JB. Elucidating a biological role for chromium at a molecular level. *Accounts of Chemical Research.* 2000;33(7):503–510.

Vorster HH, Murphy SP, Allen LH, King JC. Application of nutrient intake values (NIVs). *Food Nutr Bull* 2007;28(suppl):S116–22.

Wallock LM, King JC, Hambidge KM, English-Westcott JE, Pritts J. Meal-induced changes in plasma, erythrocyte, and urinary zinc concentrations in adult women. *Am J Clin Nutr* 1993;58:695–701.

Wang Y., Hodgkinson V., Zhu S., Weisman G. A., Petris M. J.. 2011. Advances in the understanding of mammalian copper transporters...;2:129-137

Webster J, Wilke M, Stahl P, Kientsch-Engel R, Münch G. Maillard reaction products in food as pro-inflammatory and pro-arteriosclerotic factors of degenerative diseases *Z Gerontol Geriatr.* 2005 Oct;38(5):347-53. Review. German.

Weisstaub G, Hertrampf E, Lopez de Romana D, Salazar G, Bugueno C, Castillo-Duran C. Plasma zinc concentration, body composition and physical activity in obese preschool children. *Biol Trace Elem Res.* 2007;118:167–174.

Werman MJ, Bhathena SJ. The effect of low dietary zinc in copper-deficient rats fed high fructose diet. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, Volume 3, 1992;605-608

Wessells KR, Jorgensen JM, Hess SY, Woodhouse LR, Pearson JM, Brown KH. Plasma

- zinc concentration responds rapidly to the initiation and discontinuation of short-term zinc supplementation in healthy men. *J Nutr* 2010;140(12):2128–33.
- Woodruff SJ. World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation, WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organization; 2000.
- World Health Organization. Mortality and burden of disease attributable to selected major risk. 2009. ISBN 978 92 4 156387
- Wortsman J, Matsuoka LY, Chen TC, Lu Z, Holick MF. Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:690–693.
- Xiaoxi Wang, Bing Zhou. Dietary zinc absorption: A play of Zips and ZnTs in the gut. *IUBMB Life*, 62(3): 176–182, March 2010
- Chen, T.A. Yin, J.S. He et al., Low levels of zinc in hair and blood, pica, anorexia, and poor growth in Chinese preschool children. *Am J Clin Nutr* 42(1985), p. 694
- Yanfang Wang, Victoria Hodgkinson, Sha Zhu, Gary A. Weisman, and Michael J. Petris. Advances in the Understanding of Mammalian Copper Transporters. *Adv. Nutr.* 2: 129–137, 2011
- Yanoff LB, Menzie CM, Denkinger B, et al. Inflammation and iron deficiency in the hypoferremia of obesity. *Int J Obes (Lond)*. 2007;31:1412–1419.
- Yokoi E, Egger NG, Ramanujam VMS, Alcock NW, Dayal HH, Penland JG & Sandstead HH (2003) Association between plasma zinc concentration and zinc kinetic parameters in premenopausal women. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 285, E1010–E1020.
- Zeisel S. H. (2009). Importance of methyl donors during reproduction. *Am. J. Clin. Nutr.* 89, 673S–677S
- Zemel MB, Richards J, Milstead A, Campbell P. Effects of calcium and dairy on body composition and weight loss in African-American adults. *Obes Res*. 2005;13:1218–1225.
- Zemel MB. Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management. *Am J Clin Nutr*. 2004;79(Suppl):S907–S912.
- Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L., Friedman, J. M. (1994) Positional cloning of the mouse ob gene and its human homologue. *Nature*.

372: 425–432.

Βεζυράκη-Αγγελίδη Π. 1990. Πειραματικές μελέτες της θερμορύθμισης.Ορμονικές μεταβολές και διακύμανση βασικών μετάλλων κατά την προσαρμογή επιμύων στο θερμό και ψυχρό περιβάλλον. Διδακτορική Διατριβή.Ιατρικό Τμήμα Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Γκαζώνης Π.Έκφραση και χαρακτηρισμός ανασυνδυασμένων πρωτεϊνών μεταφοράς χαλκού για την μελέτητης συνεργικής τους δράσης κατά το τελευταίο στάδιο της αναπνευστικής αλυσίδας του μιτοχονδρίου .Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Πανεπιστήμιο Πάτρας 2008.

Διαλεκτάκου Κυριαννή. Κατανάλωση πρωϊνού και δείκτες παχυσαρκίας σε παιδιά δημοτικού,Μεταπτυχιακή διατριβή,Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο,2013.

Ζαμπέλας Α.,2003,Η διατροφή στα στάδια της ζωής Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.

Μαρία Κορώνη, Χριστίνα Ρούση – Βέργου,Μαρία Ζαφειροπούλου, Στέλιος Πιπεράκης. Διατροφικές επιλογές μαθητών Δημοτικού σχολείου: ομοιότητες και διαφορές ανάμεσα παιδιά με φυσιολογικό και μη φυσιολογικό βάρος.Μονάδα Βιολογίας και Εργαστήριο Εξελικτικής Ψυχολογίας και Ψυχοπαθολογίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μόρτογλου Α. Μόρτογλου Κ. Διατροφή απο το σήμερα για το αύριο. Εκδόσεις Γιαλλέλη Αθήνα 2002 Τόμοι 1και2.

Μπαμπινιώτης. Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας. 1^η έκδοση1998.

Παρλαπάνη Ε.Σ., Τζώτζας Θ. Συχνότητα και προδιαθεσικοί παράγοντες παιδικής και εφηβικής παχυσαρκίας στην Ελλάδα. Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά 23,3: 208-218, 2010.

Τσιάντης, Γ. (2001). (επιμ.) Εισαγωγή στην Παιδοψυχιατρική. Καστανιώτης.

Εικόνες

Εικόνα 1.1. zinc-fingers, zinc-clusters, zinc twist motifs.....	13
Εικόνα 1.2. Πρόσδεση Zn με πρωτεΐνη.....	14
Εικόνα 1.3. Πρόσδεση του συμπλόκου MTF 1-Zn με το MRE.....	16
Εικόνα 1.4. Η διαμεμβρανική τοπολογία των ZIP/SLC39 και CDF / Znt / SLC30 οικογενειών των μεταφορέων των μεταλλικών ιόντων.	18
Εικόνα 1.5. Επισκόπηση της μεταφοράς και διακίνησης του ψευδαργύρου στο ζυμομύκητα S. Cerevisiae.....	18
Εικόνα 1.6. Μετακίνηση του ψευδαργύρου σε πολωμένα εντερικά κύτταρα .(Wang X.,2010).....	19
Εικόνα 1.7. Ομοιόσταση του χαλκού (Wang Y,2011).....	21
Εικόνα 1.8. Ορολογίες για περιγραφή των διατροφικών συστάσεων μεταξύ των φορέων θέσπισης.....	31
Εικόνα 1.9. Τομή τρίχας που φαίνεται η χαρακτηριστική της οργάνωση.....	54
Εικόνα 1.10. Κύκλος ανάπτυξης της τρίχας.	55
Εικόνα 1.11. Η επαφή της θηλής και του βολβού στις 3 φάσεις ανάπτυξης της τρίχας.....	56
Εικόνα 1.12. Αιμοφόρα αγγεία στην περιοχή του βολβού της τρίχας.....	56
Εικόνα 1.13. Αλλαγές στην εμφάνιση των τριχών μετά από δηλητηρίαση από Cd και Tl.	57
Εικόνα 1.14. Αιμοφόρα αγγεία στην περιοχή του βολβού της τρίχας.....	59
Εικόνα 2.1. Τρόπος συλλογής των δειγμάτων από το τριχωτό της κεφαλής.....	64

Πίνακες

Πίνακας 1.1. Τα 51 θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για την ζωή του ανθρώπου.....	10
Πίνακας 1.2. Σπουδαιότερες διατροφικές πηγές ψευδαργύρου (Kenneth H., 2001).....	26
Πίνακας 1.3. Σπουδαιότερες διατροφικές πηγές χαλκού.*.....	27
Πίνακας 1.4. Ιστορικό και ορολογία των διατροφικών συστάσεων (1941-2006).....	32
Πίνακας 1.5. Ορολογία διαφορετικών θρεπτικών προτύπων και εθνικές ομάδες θέσπισης	33
Πίνακας 1.6. Συνήθεις όροι που χρησιμοποιούνται διεθνώς για να περιγράψουν το φάσμα των θρεπτικών προτύπων.....	33
Πίνακας 1.7. Ενδιάμεσο και μέσο κόστος σε δολάρια 9 ομάδων τροφίμων υπό την προϋπόθεση παροχής του 100% της ημερήσιας απαίτησης σε ψευδάργυρο.....	41
Πίνακας 1.8. Διεθνείς οριακές τιμές για το Δείκτη Μάζας Σώματος για υπέρβαρους και	

παχύσαρκους εφήβους ηλικίας 12-16,5 ετών.*	43
Πίνακας 2.1. Τα είδη σνακ που αναλύθηκαν στο εργαστήριο ανα κατηγορία και υποκατηγορία.....	63
Πίνακας 2.2. Περιγραφή ρυθμίσεων λειτουργίας του φασματόμετρου. (Perkin Elmer 560).	67
Πίνακας 3.1. Συμμετοχή ανά ηλικία και φύλο του μαθητικού πληθυσμού.....	71
Πίνακας 3.2. Στατιστικά στοιχεία για την ηλικία και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά συνολικά και ανά φύλο.....	72
Πίνακας 3.3. Επιπολασμός κατάστασης βάρους των μαθητών ανά φύλο, μέσω των καμπυλών αναφοράς του Δείκτη Μάζας Σώματος.	72
Πίνακας 3.4. Μάζα(g), ενεργειακό περιεχόμενο (Kcal) και συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων Zn, Cu (μg) ανά συσκευασμένο τεμάχιο σνακ.	74
Πίνακας 3.5. Znd ,Cud Επεξεργασμένων(E), Παραδοσιακών(Π) σνακ και σύγκριση μεταξύ τους.....	75
Πίνακας 3.6. Δείκτης Znd, Cud (μg/ Kcal) που εξάγεται με τη χρήση ημερησίων συστάσεων απο EU και WHO.....	76
Πίνακας 3.7. Σύγκριση των Znd και Cud του διατροφικού δείγματος με τα αντίστοιχα Znd και Cud όπως διαμορφώνονται απο τις συστάσεις των EU και WHO.....	77
Πίνακας 3.8. Πηλίκo Zn/Cu του διατροφικού δείγματος	77
Πίνακας 3.9. Ημερήσια κατανάλωση σνακ (τμχ) εντός και εκτός σχολείου συνολικά και ανά φύλο.....	79
Πίνακας 3.10. Ταξινόμηση μαθητών με βάση το “χαρτζιλίκι”.	80
Πίνακας 3.11. Ποσοστό των μαθητών ανά φύλο που διαχειρίζεται (ναί) ή δεν διαχειρίζεται (όχι) Χαρτζιλίκι.....	81
Πίνακας 3.12. Κατανάλωση σνακ για τις κατηγορίες κατάταξης σύμφωνα με το ΔΜΣ και το φύλο*.....	82
Πίνακας 3.13. Συσχέτιση αριθμού σνακ & ΔΜΣ (ANOVA).....	83
Πίνακας 3.14. Ενεργειακό περιεχόμενο των σνακ και εκατοστιαία συνεισφορά τους στην ημερήσια ενεργειακή απαίτηση για αγόρια και κορίτσια.....	83
Πίνακας 3.15. Πρόσληψη ψευδαργύρου και χαλκού απο σνακ την ημέρα για κάθε φύλο.	84
Πίνακας 3.16. Zn/ σνακ και Cu/ σνακ εντός και εκτός σχολείου για κάθε φύλο.....	85
Πίνακας 3.17. Έλεγχος κατά ζεύγη (Zn,Cu/σνακ στο σχολείο- εκτός σχολείου).....	85

Πίνακας 3.18. Zn _d , Cu _d των διατιθέμενων σνακ εντός και εκτός σχολείου.....	86
Πίνακας 3.19: Σύγκριση Zn _d και Cu _d στα εκτός σχολείου προϊόντα μεταξύ των δύο φύλων.....	87
Πίνακας 3.20. Ημερήσια πρόσληψη ενέργειας (Kcal), Zn(μg) από τα σνακ και Zn _d (μg/Kcal) σε σχέση με το χαρτζιλίκι.	87
Πίνακας 3.21. Zn/Cu από τα σνακ εντός και εκτός σχολείου για αγόρια και κορίτσια.....	88
Πίνακας 3.22. Ποσοστό % των ημερησίων συστάσεων EU και WHO σε Kcal, Zn,Cu που καλύπτουν τα σνακ στα δύο φύλα.....	88
Πίνακας 3.23. Διαφορές στο περιεχόμενο των μεταλλικών ιχνοστοιχείων Zn,Cu στο τριχωτό της κεφαλής των μαθητών στα φύλα.	89
Πίνακας 3.24. Συγκέντρωση Zn,Cu τριχωτού κεφαλής σε κορίτσια χωρίς (όχι) και με (ναι) έμμηνο ρύση.....	90
Πίνακας 3.25. Συγκεντρώσεις Zn, Cu στο τριχωτό της κεφαλής στις κατηγορίες ΔΜΣ....	92
Πίνακας 3.26. Διαφορές των συγκεντρώσεων Zn και Cu μεταξύ των φύλων στις κατηγορίες ΔΜΣ.....	93
Πίνακας 3.27: Διαφορές μεταξύ χαμηλής και υψηλής σχ. επίδοσης των σνακ-kcal-Zn-Cu από σνακ/ημέρα κ'Zn, Cu τριχωτού.....	95

Γραφήματα

Γράφημα 3.1. Ποσοστό των ατόμων που συμμετέχουν στο δείγμα ανά ηλικία και φύλο.	71
Γράφημα 3.3 Διαφορά περιεχομένου Zn μεταξύ παραδοσιακών και επεξεργασμένων σνακ.....	74
Γράφημα 3.4. Σύγκριση της πυκνότητας Zn μεταξύ επεξεργασμένων και παραδοσιακών σνακ.....	75
Γράφημα 3.6. Ημερήσια κατανάλωση σνακ εντός και εκτός σχολείου για αγόρια και κορίτσια.....	79
Γράφημα 3.7. Ποσοστιαία συμμετοχή εκάστης κατηγορίας μαθητών με βάση το“χαρτζιλίκι”.	80
Γράφημα 3.9. Θηκόγραμμα της ημερήσιας κατανάλωσης σνακ (τμχ) για τις ομάδες της μεταβλητής “χαρτζιλίκι”.....	82
Γράφημα 3.10 Θερμίδες που καταναλώνουν από σνακ αγόρια και κορίτσια στο σχολείο και εκτός σχολείου.	84
Γράφημα 3.11 Σύγκριση μεταξύ των Zn _d των σνακ που διατίθενται εντός και εκτός του	

σχολείου.	86
Γράφημα 3.12 . Μέση συγκέντρωση ψευδαργύρου (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής στα δύο φύλα.....	89
Γράφημα 3.13. Μέση συγκέντρωση χαλκού (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής στα δύο φύλα.....	90
Γράφημα 3.14 Συγκέντρωση Zn (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής για κορίτσια χωρίς και με έμμηνο ρύση.....	91
Γράφημα 3.15 Συγκέντρωση Cu (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής για κορίτσια χωρίς και με έμμηνο ρύση.....	91
Γράφημα 3.16 Διαφορά των συγκεντρώσεων Zn τριχωτού της κεφαλής μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις κατηγορίες ΔΜΣ.....	93
Γράφημα 3.17 Διαφορά των συγκεντρώσεων Cu τριχωτού μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις κατηγορίες ΔΜΣ.....	94
Γράφημα 3.18. Μέση συγκέντρωση Zn τριχωτού της κεφαλής στις κατηγορίες σχολικής επίδοσης (χαμηλή-μεσαία-υψηλή).....	96
Γράφημα 3.19 Μέση κατανάλωση σνακ στις κατηγορίες σχολικής επίδοσης.	97
Γράφημα 3.20 Ημερήσια πρόσληψη Zn(μg) από τα σνακ και συγκέντρωση Zn(μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής σε σχέση με τη σχολική επίδοση.....	97
Γράφημα 3.21 Ημερήσια πρόσληψη Cu(μg) από τα σνακ και συγκέντρωση Cu (μg/g) στο τριχωτό της κεφαλής σε σχέση με τη σχολική επίδοση.....	98

8.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

24 ΩΡΗ ΑΝΑΜΝΗΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ**ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΦΑΓΗΤΟΥ(Snack)**

Ερωτηματολόγιο για παιδιά γυμνασίου

**I. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ -ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ -ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**Α. ΦΥΛΟ α. ΑΡΡΕΝ ☐ β. ΘΗΛΥ ☐ ΕΜΜΗΝΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ☐Β. ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
ΓΕΝΝΗΣΗΣ

ΗΜΕΡΑ

ΜΗΝΑΣ

ΕΤΟΣ

Γ. ΑΤΟΜΙΚΟΣ
ΚΩΔΙΚΟΣ

Το πρώτο γράμμα από το μικρό σας όνομα

Το δεύτερο γράμμα από το επίθετό σας

Το πρώτο γράμμα από το μικρό όνομα της μητέρας σας

Δ. ΤΟΠΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ (την τελευταία τριετία)

Ε. ΤΟΠΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ

ΣΤ. ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΟΝΕΩΝ (σημειώστε Χ στο αντίστοιχο τετράγωνο)

α. Πατέρας

β. Μητέρα

1. Απόφοιτος Ανώτατης Σχολής (Πανεπιστήμιο, ΑΤΕΙ)

☐☐

2. Απόφοιτος Ανώτερης Σχολής (ΚΑΤΕΕ)

☐☐3. Απόφοιτος Λυκείου ή μέσης επαγγελματικής
σχολής☐☐

4. Απόφοιτος Γυμνασίου

☐☐

5. Απόφοιτος Δημοτικού

☐☐

6. Γνωρίζει γραφή και ανάγνωση

☐☐

7. Αναλφάβητος

☐☐Ζ. ΒΑΡΟΣ KgΗ. ΎΨΟΣ cmΗ. ΤΟ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ ΤΟΥ ΠΑΤΕΡΑ ΣΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΗΤΕΡΑΣ ΣΑΣ ΕΙΝΑΙ
(περιγράψτε το όσο πιο καλά μπορείτε)

Επάγγελμα πατέρα	
Επάγγελμα μητέρας	

II. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ

A. Ποια από τα παρακάτω είδη (snacks) καταναλώσατε τις τελευταίες 24 ώρες (από χθές το μεσημέρι έως τώρα)

Περιγράψτε ακριβώς το είδος στην κατάλληλη θέση

Κατηγορία είδους	ποσότητα	Στο σχολείο	Εκτός σχολείου
Είδη αρτοποιείας (Κρουασάν, Κρουασάν ζαμπόν τυρί, Τυρόπιτα, Σπανακόπιτα, Λουκανικόπιτα, ζαμπονοτυρόπιτα, Ψωμάκι, Κουλούρι με σουσάμι, Τοστ, Σάντουιτς ζαμπόν τυρί Κέτσαπ Μαγιονέζα, Πίτσα κλπ.)			
Γλυκά είδη αρτοποιείας (Κρουασάν σοκολάτα, Ντόνατς, Σταφιδόψωμο, Κουλουράκια, Μπισκότα κλπ)			
Σοκολάτα (γάλακτος, γεμιστή, πικρή, Σοκοφρέτα κλπ.)			
Αλμυρά τραγανά είδη(Πατατάκια, γαριδάκια, φουντούνια κλπ.)			
Αναψυκτικά τύπου cola / σόδα			
Φυσικοί χυμοί σε χάρτινο κουτάκι			
Νερό ½ λίτρου εμφιαλωμένο			
Άλλο			
Κανένα			

Β. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΑΣ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ Η ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΣΥΝΗΘΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΙΑΣ ΗΜΕΡΑΣ;

1.καθημερινή ☐ 2.σχεδόν καθημερινή ☐ 3.σπάνια ☐

Γ1. Η ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΑΣ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΙΔΙΚΗ ΓΙΑ ΟΠΟΙΑΝΔΗΠΟΤΕ ΑΙΤΙΑ; (νηστεία ,δίαιτα ,διαβήτη κλπ.)

1.όχι ☐ 2.ναι ☐

Γ2. ΚΑΝΕΤΕ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ ΣΙΔΗΡΟ; (ΠΘΑΝΩΣ ΛΟΓΩ ΑΝΑΙΜΙΑΣ)

1.όχι ☐ 2.ναι ☐

Δ. ΤΟ ΝΕΡΟ ΠΟΥ ΠΙΝΕΤΕ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ ΣΑΣ ΕΙΝΑΙ

	Πάντα	Αρκετά συχνά	Ποτέ
α. από το δίκτυο	☐	☐	☐
β. εμφιαλωμένο	☐	☐	☐
γ. από πηγή	☐	☐	☐

Ε. ΤΟ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟ ΣΑΣ ΧΑΡΤΖΙΛΙΚΙ ΕΙΝΑΙ:

α. . Δεν παίρνω χαρτζιλίκι	β. . (1-2]€	γ. (3-5]€	δ. >3€
☐	☐	☐	☐

ΣΤ. ΚΑΠΝΙΖΕΤΕ;

α. Όχι ☐ β. Σπάνια/ περιστασιακά ☐ γ. Ναι ☐

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

