

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακή Ειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών

Διπλωματική Εργασία

Βιταμίνες και Ανόργανα Συστατικά – Διδακτική Προσέγγιση

Μαρία Αγγ. Δρακοπούλου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αθανασία Κολιαδήμα

Στο σημερινό μάθημα θα ασχοληθούμε με:

<u>Βιταμίνες</u>		<u>Ανόργανα Συστατικά</u>	
<u>Λιποδιαλυτές</u>	<u>Υδατοδιαλυτές</u>	<u>Μέταλλα</u>	<u>Ιχνοστοιχεία</u>
A	B1	Ca	B
D	B2	S	Co
E	B3	K	Mn
K	B5	Mg	Mo
	B6	Na	F
	B7	P	
	B9	Cl	
	B12		
	C		

Πάτρα, Ιούλιος 2021

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Μαρίας Δρακοπούλου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Ε.Α.Π., μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση της συγγραφέα/δημιουργού. Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Βιταμίνες και Ανόργανα Συστατικά – Διδακτική Προσέγγιση

Μαρία Αγγ. Δρακοπούλου

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αθανασία Κολιαδήμα

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Πανεπιστημίου Πατρών

Τμήματος Χημείας

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Ιωάννης Καπόλος

Καθηγητής

Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Τμήματος Επιστήμης και
Τεχνολογίας Τροφίμων

Πάτρα, Ιούλιος 2021

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Αθανασία Κολιαδήμα για την υπόδειξη του θέματος, την ουσιαστική στήριξη και τη βοήθειά της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, καθώς επίσης και τον συν – επιβλέποντα καθηγητή κ. Ιωάννη Καπόλο για την αποδοχή της συν – επίβλεψης της εργασίας στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, Μεταπτυχιακή Ειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή, την κατανόηση και τη στήριξη που μου παρείχε τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, όσο και κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Την εργασία αυτή την αφιερώνω

Στους Γονείς μου!

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσουμε και να αναπτύξουμε τη διδακτική προσέγγιση των βιταμινών και των ανόργανων συστατικών. Η εργασία αποτελείται από τρεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα περιγράφονται οι λιποδιαλυτές βιταμίνες (Α, D, Ε και Κ), καθώς και οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες (Β1, Β2, Β3, Β5, Β6, Β7, Β9, Β12 και C), που παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό και δρουν ως βιοκαταλύτες. Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα μέταλλα ή μακροστοιχεία (Ca, S, K, Mg, Na, P και Cl) και τα ιχνοστοιχεία (B, Co, Mn, Mo και Fe), που αποτελούν τα απαραίτητα ανόργανα συστατικά για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τέλος, στην τρίτη ενότητα γίνεται μία προσπάθεια μεταφοράς της επιστημονικής γνώσης στην εκπαιδευτική διαδικασία σχεδιάζοντας διαθεματικά διδακτικά σενάρια διαφοροποιημένης διδασκαλίας με χρήση Τ.Π.Ε. για μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Λέξεις – Κλειδιά

Βιταμίνες

Ανόργανα συστατικά

Μέταλλα ή μακροστοιχεία

Ιχνοστοιχεία

Διαθεματικά διδακτικά σενάρια διαφοροποιημένης διδασκαλίας με χρήση Τ.Π.Ε.

Abstract

This thesis aims to develop a teaching approach of vitamins and inorganic ingredients. The paper consists of three sections. The first section describes the fat-soluble vitamins (A, D, E and K) and the water-soluble vitamins (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12 and C). The second section presents the metals (Ca, S, K, Mg, Na, P and Cl) and the trace elements (B, Co, Mn, Mo and Fe), which are the essential inorganic ingredients for the human constitution. Finally, in the third section, an attempt is made to transfer scientific knowledge to the educational process by designing interdisciplinary teaching scenarios of differentiated teaching using ICT for Secondary School students.

Keywords

Vitamins

Inorganic ingredients

Metals

Trace elements

Interdisciplinary teaching scenarios of differentiated teaching using ICT

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων	x
Κατάλογος Πινάκων	xxiv
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xvixixiv
1. Βιταμίνες	1
Λιποδιαλυτές Βιταμίνες	
Υδατοδιαλυτές Βιταμίνες	
Λειτουργίες των Βιταμινών	
Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
1.1 Βιταμίνη Α ή Ρετινόλη ή Αξηροφθόλη	8
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2 Βιταμίνες Συμπλέγματος Β	14
1.2.1 Βιταμίνη Β1 ή Θειαμίνη ή Ανευρίνη	15
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2.2 Βιταμίνη Β2 ή Ριβοφλαβίνη	20
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2.3 Βιταμίνη Β3 ή Νιασίνη ή Νικοτινικό Οξύ ή Νικοτιναμίδιο ή Βιταμίνη ΡΡ ή Αντιπελλαργική	25
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2.4 Βιταμίνη Β5 ή Παντοθενικό Οξύ	29
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2.5 Βιταμίνη Β6 ή Πυριδοξίνη ή Αδερίνη	33
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2.6 Βιταμίνη B7 ή Βιοτίνη ή Βιταμίνη H	37
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση	
1.2.7 Βιταμίνη B9 ή Φυλλικό Οξύ ή Φολικό Οξύ	39
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.2.8 Βιταμίνη B12 ή Κοβαλαμίνη ή Κυανοκοβαλαμίνη ή Κυανοκομπαλίνη	44
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.3 Βιταμίνη C ή Ασκορβικό Οξύ	49
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.4 Βιταμίνη D ή Αντιραχτική ή Καλσιφερόλη	57
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.5 Βιταμίνη E ή Τοκοφερόλη	65
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
1.6 Βιταμίνη K ή Αντιαιμορραγική Βιταμίνη	72
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωσή – Υποβιταμίνωση Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση	
2. Ανόργανα Συστατικά	77
2.1 Μέταλλα ή Μακροστοιχεία	79
2.1.1 Ασβέστιο (Ca)	80
Ιστορική Αναδρομή Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.1.2 Θείο (S)	87
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
2.1.3 Κάλιο (K)	89
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.1.4 Μαγνήσιο (Mg)	97
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.1.5 Νάτριο (Na)	103
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.1.6 Φωσφόρος (P)	107
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.1.7 Χλώριο (Cl)	112
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.2 Ιχνοστοιχεία	115
2.2.1 Βόριο (B)	116
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.2.2 Κοβάλτιο (Co)	121
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.2.3 Μαγγάνιο (Mn)	123
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.2.4 Μολυβδαίνιο (Mo)	126
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
Έλλειψη – Ανεπάρκεια	
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη	
2.2.8 Σίδηρος (Fe)	128
Ιστορική Αναδρομή	
Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη	
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση	
Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες	
3. Μεταφορά της Επιστημονικής Γνώσης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία	135
3.1 Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών	135
3.2 Τα τρία Σώματα της Γνώσης	135
3.3 Οι πρακτικο-βιωματικές αντιλήψεις των μαθητών	138
3.4 Τα Βασικά Διδακτικά Μοντέλα	141
3.5 Διαφοροποιημένη Διδασκαλία	142
3.6 Διαθεματικότητα και Διεπιστημονικότητα	145
3.7 Διδακτικό Σενάριο	145
3.8 Ταυτότητα Σεναρίου – Σχεδίου Διδασκαλίας 1	147
3.9 Ταυτότητα Σεναρίου – Σχεδίου Διδασκαλίας 2	153
4. Συμπεράσματα	160
Βιβλιογραφία	161
Παράρτημα 1 – ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	174
Παράρτημα 2 – ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ	175
Παράρτημα 3 – ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΤΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ	176
Παράρτημα 4 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	177
Παράρτημα 5 – ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	178
Παράρτημα 6 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	179
Παράρτημα 7 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	181

Παράρτημα 8 – ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ	183
Παράρτημα 9 – ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	184
Παράρτημα 10 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	186

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1929 μοιράστηκαν εξίσου ο Ολλανδός ιατρός Christiaan Eijkman για την ανακάλυψη της αντνευριτικής βιταμίνης και ο Άγγλος βιοχημικός Sir Frederick Gowland Hopkins για την ανακάλυψη των βιταμινών που τονώνουν την ανάπτυξη (αριστερά). Ο Πολωνός βιοχημικός Casimir Funk θεωρείται από τους πρώτους επιστήμονες που διατύπωσε την έννοια των βιταμινών το 1912 και τις αποκάλεσε ζωτικής σημασίας αμίνες (δεξιά).....	2
Εικόνα 1.2: Μορφές της βιταμίνης Α: εστέρας, ρετινόλη (αλκοόλη), ρετινάλη (αλδεΐδη), ρετινοϊκό οξύ (οξύ)	9
Εικόνα 1.3: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Α και του β-καροτενίου	11
Εικόνα 1.4: Τα οφέλη της βιταμίνης Α	12
Εικόνα 1.5: Η χημική δομή της βιταμίνης Β1 (θειαμίνης).....	17
Εικόνα 1.6: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Β1 (θειαμίνης).....	18
Εικόνα 1.7: Τα οφέλη της βιταμίνης Β1 (θειαμίνης).....	19
Εικόνα 1.8: Η χημική δομή της βιταμίνης Β2 (ριβοφλαβίνης)	21
Εικόνα 1.9: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Β2 (ριβοφλαβίνης)	23
Εικόνα 1.10: Τα οφέλη της βιταμίνης Β2 (ριβοφλαβίνης).....	24
Εικόνα 1.11: Η χημική δομή της βιταμίνης Β3 (νιασίνης)	26
Εικόνα 1.12: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Β3 (νιασίνης)	27
Εικόνα 1.13: Συμπτώματα έλλειψης βιταμίνης Β3 (νιασίνης).....	28
Εικόνα 1.14: Η χημική δομή της βιταμίνης Β5 (παντοθενικό οξύ).....	30
Εικόνα 1.15: Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1938 απονεμήθηκε στον Αυστριακό – Γερμανό βιοχημικό Richard Johann Kuhn για το έργο του στα καροτενοειδή και τις βιταμίνες.....	30
Εικόνα 1.16: Η χημική δομή της βιταμίνης Β6 (πυριδοξίνης)	33
Εικόνα 1.17: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Β6 (πυριδοξίνης)	34
Εικόνα 1.18: Τα οφέλη της βιταμίνης Β6 (πυριδοξίνης)	36
Εικόνα 1.19: Η χημική δομή της βιταμίνης Β7 (βιοτίνης).....	38
Εικόνα 1.20: Η χημική δομή της βιταμίνης Β9 (φολικό οξύ)	41
Εικόνα 1.21: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Β9 (φολικό οξύ)	41
Εικόνα 1.22: Τα οφέλη της βιταμίνης Β9 (φολικό οξύ)	43
Εικόνα 1.23: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1934 μοιράστηκαν εξίσου ο Αμερικανός ιατρός, παθολόγος, βιοϊατρικός ερευνητής και εκπαιδευτικός George Hoyt Whipple, Αμερικανός ιατρός ερευνητής George Richards Minot και ο Αμερικανός ιατρός William Parry Murphy για τις ανακαλύψεις τους σχετικά με τη θεραπεία του ήπατος σε περιπτώσεις αναιμίας	45
Εικόνα 1.24: Η χημική δομή της βιταμίνης Β12	46
Εικόνα 1.25: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Β12	47
Εικόνα 1.26: Τα οφέλη της βιταμίνης Β12	48
Εικόνα 1.27: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1937 απονεμήθηκε στον Ούγγρος βιοχημικός Albert von Szent – Györgyi Nagyrápolt για τις ανακαλύψεις του σε σχέση με τις βιολογικές διαδικασίες καύσης, με ειδική αναφορά στη βιταμίνη C και την κατάλυση του φουμαρικού οξέος (αριστερά). Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1937 μοιράστηκαν εξίσου ο Βρετανός χημικός Sir Walter Norman Haworth για τις έρευνές του στους υδατάνθρακες και τη βιταμίνη C και ο Ελβετός χημικός Paul Karrer για τις έρευνές του στα καροτενοειδή, τις φλαβίνες και τις βιταμίνες Α και Β2 (δεξιά)	51
Εικόνα 1.28: Η χημική δομή της βιταμίνης C	52
Εικόνα 1.29: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης C	53

Εικόνα 1.30: Συμπτώματα έλλειψης βιταμίνης C.....	56
Εικόνα 1.31: Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1928 απονεμήθηκε στο Γερμανό χημικό Adolf Otto Reinhold Windaus για τις υπηρεσίες που παρείχε μέσω της έρευνάς του για τη σύσταση των στερολών και τη σύνδεσή τους με τις βιταμίνες.....	58
Εικόνα 1.32: Εικόνα 1.32: Η χημική δομή της βιταμίνης D ₂ ή εργοκαλσιφερόλης (αριστερά) και της βιταμίνης D ₃ ή χοληκαλσιφερόλης (δεξιά).....	59
Εικόνα 1.33: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης D.....	60
Εικόνα 1.34: Συμπτώματα έλλειψης βιταμίνης D.....	64
Εικόνα 1.35: Η χημική δομή της βιταμίνης E.....	69
Εικόνα 1.36: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης E.....	70
Εικόνα 1.37: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1943 μοιράστηκαν εξίσου ο Δανός βιοχημικός και φυσιολόγος Henrik Carl Peter Dam για την ανακάλυψη της βιταμίνης K και το ρόλο της στην ανθρώπινη φυσιολογία και ο Αμερικανός βιοχημικός Edward Adelbert Doisy για την ανακάλυψη της χημικής φύσης της βιταμίνης K.....	73
Εικόνα 1.38: Η χημική δομή της βιταμίνης K ₁ ή φυλλοκινόνης (αριστερά) και της βιταμίνης K ₂ ή μενακινόνης (δεξιά).....	74
Εικόνα 1.39: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης K.....	75
Εικόνα 1.40: Τα οφέλη της βιταμίνης K.....	76
Εικόνα 2.1: Κύριες λειτουργίες του ασβεστίου.....	85
Εικόνα 2.2: Ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829) .	90
Εικόνα 2.3: Ο Σουηδός χημικός Jöns Jacob Berzelius (1779 – 1848), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας.....	91
Εικόνα 2.4: Ο Άγγλο-Ιρλανδός φιλόσοφος και φυσικοχημικός Robert William Boyle (1627 – 1691).....	108
Εικόνα 2.5: Ο Γερμανο-Σουηδός χημικός Carl Wilhelm Scheele (1742 – 1786)	108
Εικόνα 2.6: Ο Γάλλος χημικός Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας.....	109
Εικόνα 2.7: Ο Γερμανός χημικός Friedrich Wöhler (1800 – 1882), ο πατέρας της Οργανικής Χημείας	109
Εικόνα 2.8: Ο Γερμανός επιστήμονας Georgius Agricola (1494 – 1555), ο πατέρας της Ορυκτολογίας	118
Εικόνα 2.9: Ο Γάλλος φυσικοχημικός Joseph Louis Gay – Lussac (1778 – 1850)	119
Εικόνα 3.1: Τα τρία σώματα της γνώσης.....	136

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Σε ποιες τροφές βρίσκονται και ποιες είναι οι κύριες λειτουργίες των λιποδιαλυτών βιταμινών	3
Πίνακας 1.2: Σε ποιες τροφές βρίσκονται και ποιες είναι οι κύριες λειτουργίες των υδατοδιαλυτών βιταμινών	4 – 5
Πίνακας 1.3: Τιμές αναφοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Συνιστώμενες Ημερήσιες Προσλήψεις (RDA) των βιταμινών	7 – 8
Πίνακας 2.1: Περιεκτικότητα φυτικών τροφών σε ασβέστιο	81 – 82
Πίνακας 2.2: Συνιστώμενες διαιτητικές προσλήψεις ασβεστίου	83
Πίνακας 2.3: Οι κυριότερες πηγές καλίου	92 – 94
Πίνακας 2.4: Πηγές μαγνησίου	99
Πίνακας 2.5: Συνιστώμενες διαιτητικές προσλήψεις μαγνησίου	100
Πίνακας 2.6: Περιεκτικότητα φυτικών τροφών σε σίδηρο	129 – 131
Πίνακας 2.7: Συνιστώμενες διαιτητικές προσλήψεις σιδήρου	132
Πίνακας 3.1: Τα χαρακτηριστικά της καθημερινής γνώσης (επάνω) και Τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης (κάτω)	137
Πίνακας 3.2: Σύγκριση παραδοσιακής και νέας θεώρησης για τη διδασκαλία των Φ.Ε..	140
Πίνακας 3.3: Συγκριτικός πίνακας με τις κυριότερες διαφορές στη φιλοσοφία και στις πρακτικές μεταξύ της Παραδοσιακής και της Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας ..	143 – 144

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

1, 25 – (OH) ₂ D ₃		1, 25 – διϋδροξυ – χοληκαλσιφερόλη ή καλσιτριόλη
2, 3 – DPG	2, 3 – Diphosphoglycerate	2, 3 – Διφωσφογλυκερικό Οξύ
Α.Π.		Αναλυτικό Πρόγραμμα
Α.Π.Σ.		Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών
ακέτυλο–CoA		ακέτυλο–συνένζυμο Α
Δ.Ε.Π.Π.Σ.		Διοικούσα Επιτροπή Πρότυπων Πειραματικών Σχολείων
Δ.Φ.Ε.		Διδακτική των Φυσικών Επιστημών
Επιμ.		Επιμέλεια
Η.Π.Α.		Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και άλλα
κ.α.		μετά μεσημβρίας
μ.μ.		μετά Χριστόν
μ.Χ.		προ μεσημβρίας
π.μ.		προ Χριστού
π.Χ.		Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών
Τ.Π.Ε.		Φυσικών Επιστημών
Φ.Ε.		χωρίς χρονολογία
χ.χ.		
ATP	Adenosine Triphosphate	Τριφωσφορική Αδενοσίνη
ADP	Adenosine Diphosphate	Διφωσφορική Αδενοσίνη
cAMP	cyclic Adenosine Monophosphate	κυκλική Μονοφωσφορική Αδενοσίνη
CoA		συνένζυμο Α
d.	death	θάνατος
DNA	Deoxyribonucleic Acid	Δεοξυριβονουκλεϊκό Οξύ
EAR	Estimated Average Requirement	Μέση Εκτιμώμενη Απαιτήτηση
EMR	Estimated Minimum Requirement	Ελάχιστη Συνιστώμενη Απαιτήτηση
FAD	Flavin Adenine Dinucleotide	Φλαβινο – Αδενινο – Δινουκλεοτίδιο

FMN	Flavin Mononucleotide	Μονοπυρηνικό Νουκλεοτίδιο ή Ριβοφλαβίνη – 5' – Φωσφορικό Άλας
g ή gr	gram(me)	γραμμάριο
h	hour	ώρα
HIV	Human Immunodeficiency Virus	Ιός της Ανθρώπινης Ανοσοανεπάρκειας
ICT	Information and Communication Technology	Τ.Π.Ε.
kg	kilogram	κιλό
mg	milligram	χιλιοστόγραμμα
NAD	Nicotinamide Adenine Dinucleotide	Νικοτιναμίδο – Αδενινο – Δινουκλεοτίδιο
NADP	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate	Φωσφορικό Δινουκλεοτίδιο Νικοτιναμιδικής Αδενίνης
NADPH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate	Φωσφορικό Δινουκλεοτίδιο Νικοτιναμιδικής Αδενίνης
NO ₂		Διοξείδιο του Αζώτου
nm	nanometer	νανόμετρο
PP	Pelagra Preventive	Πρόληψη της Πελλάγρας
PTH	Parathyroid Hormone	Πάραθυρεοειδική Ορμόνη
RDA	Recommended Dietary Allowance	Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη
RNA	Ribonucleic Acid	Ριβονουκλεϊκό Οξύ
TDI	Tolerable Daily Intake	Ανεκτή Ημερήσια Πρόσληψη
WHO	World Health Organization	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

Χημικά Στοιχεία

Al	Aluminium	Αλουμίνιο ή Αργίλιο
B	Boron	Βόριο
C	Carbon	Άνθρακας
Ca	Calcium	Ασβέστιο
Cd	Cadmium	Κάδμιο
Cl	Clorum, Chlorine	Χλώριο

Co	Cobaltum	Κοβάλτιο
Cr	Chromium	Χρώμιο
Cu	Cuprum	Χαλκός
F	Fluorum	Φθόριο
Fe	Ferrum, Iron	Σίδηρος
Hg	Hydrargyrum	Υδράργυρος
I	Iodine	Ιώδιο
K	Kalium, Potassium	Κάλιο
Mg	Magnesium	Μαγνήσιο
Mn	Manganese	Μαγγάνιο
Mo	Molybdenum	Μολυβδαίνιο
Na	Natrium, Sodium	Νάτριο
O ₃	Ozone	Όζον
P	Phosphorus	Φωσφόρος
S	Sulphur	Θείο
Se	Selenium	Σελήνιο
Si	Silicium	Πυρίτιο
V	Vanadium	Βανάδιο
Zn	Zincum	Ψευδάργυρος

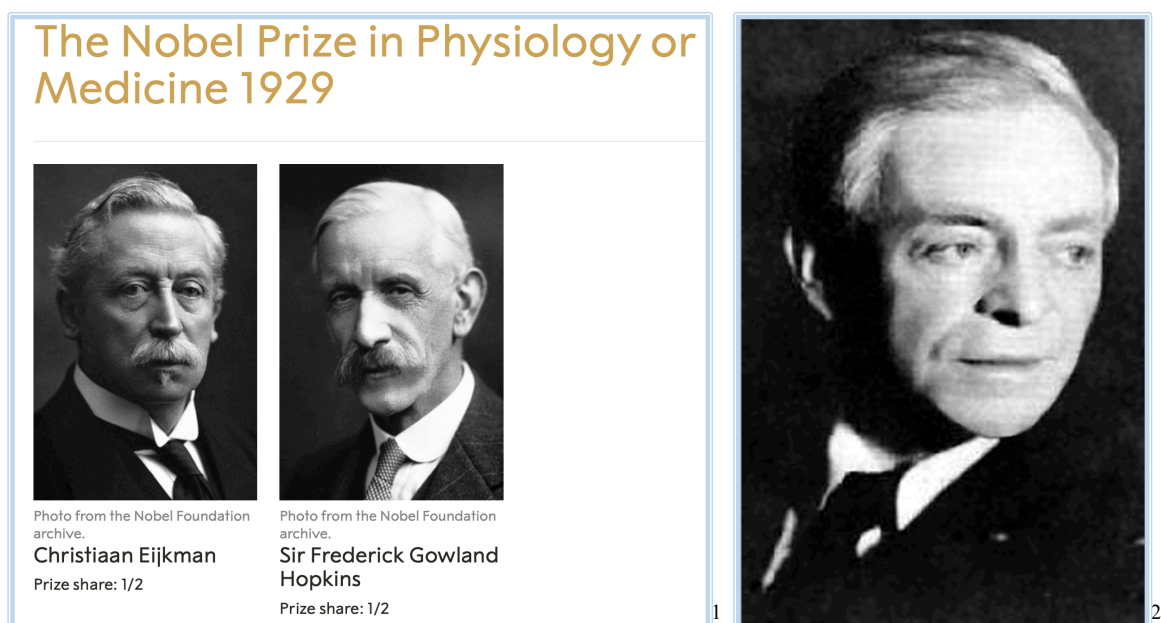
Χημικές Ενώσεις

Al(OH) ₃	υδροξείδιο του αργιλίου
Ca ₃ (PO ₄) ₂	φωσφορικό ασβέστιο
CO ₂	διοξείδιο του άνθρακα
Fe ₃ O ₄	επιτεταρτοξείδιο του σιδήρου
H ₃ BO ₃	βορικό οξύ
HCl	υδροχλωρικό οξύ
HgO	οξείδιο του υδράργυρου
MgCO ₃	ανθρακικό μαγνήσιο
MgO	οξείδιο του μαγνησίου
Mg ₃ (PO ₄) ₂	φωσφορικό τριμαγνήσιο
MgSO ₄	θεικό μαγνήσιο

MnO_2	διοξείδιο του μαγγανίου
MoS_2	μολυβδαινίτης
NaCl	χλωριούχο νάτριο, αλάτι
NaCO_3	ανθρακικό νάτριο, σόδα
NaOH	υδροξείδιο του νατρίου

1. Βιταμίνες

Το 1897, ο Ολλανδός ιατρός Christiaan Eijkman (1858 – 1930) ερευνώντας τα αίτια της ασθένειας Beri – Beri (πολυνευρίτιδα), διαπίστωσε ότι η ασθένεια εξουδετερωνόταν από μία ουσία που υπήρχε στο φλοιό του ρυζιού. Παρουσίασε ένα πείραμα με εκχύλισμα πλήρους ρυζιού, κατά της ασθένειας και η ιδιότητα αυτή αποδόθηκε σε μία αζωτούχο ένωση. Αυτή η ζωτική ουσία ονομάστηκε βιταμίνη. Η ουσία που αντισταθμίζει την ασθένεια Beri – Beri στη συνέχεια ονομάστηκε βιταμίνη B1. Το 1906, ο Άγγλος βιοχημικός Sir Frederick Gowland Hopkins (1861 – 1947) ύστερα από μία σειρά πειραμάτων και παρατηρήσεων οδηγήθηκε στο συμπέρασμα, ότι η διατροφή εκτός από τις γνωστές θρεπτικές ουσίες (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, ιχνοστοιχεία, νερό), θα πρέπει να περιλαμβάνει και κάποιες άλλες απαραίτητες ουσίες για την ανάπτυξη και την επιβίωση των θηλαστικών. Αυτή την ομάδα των απαραίτητων ουσιών την αποκάλεσε στην αρχή «βοηθητικούς παράγοντες διατροφής» και στη συνέχεια την μετονόμασε σε «βιταμίνες». Το 1912, ο Hopkins δημοσίευσε την εργασία του σχετικά με την ανακάλυψη των βιταμινών (Hopkins, 1912). Το ίδιο έτος, ο Πολωνός βιοχημικός Casimir Funk (1884 – 1967) κατάφερε να απομονώσει την ουσία που ήταν υπεύθυνη για την ασθένεια Beri – Beri και την αποκάλεσε βιταμίνη, διότι επρόκειτο για μία ουσία που περιείχε μία αμινομάδα. Στη συνέχεια υπέθεσε ότι και άλλες ασθένειες (πελλάγρα, σκορβούτο, ραχίτιδα) θα μπορούσαν να θεραπευτούν με βιταμίνες ή ζωτικής σημασίας αμίνες. Ο όρος βιταμίνη προέρχεται από τη λατινική λέξη «vita» (ζωή) και την αμίνη. Όμως, ο όρος αυτός δεν είναι απόλυτα σωστός, διότι δεν είναι όλες οι βιταμίνες αμίνες, απεναντίας αποτελούνται από ποικιλία χημικών ενώσεων. Είναι όμως ενώσεις της ζωής, διότι χωρίς αυτές διαταράσσονται σοβαρές λειτουργίες, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και στο θάνατο του ανθρώπου (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002). Στην αρχή, οι βιταμίνες συμβολίζονταν με τα γράμματα του Λατινικού Αλφαβήτου, δηλαδή βιταμίνη A, D, E, K κλπ. Στη συνέχεια, τους δόθηκαν ονόματα από τις ασθένειες που προκαλεί η έλλειψή τους και διεθνείς ονομασίες, που αντανakλούν τη χημική τους δομή και τις ταξινομούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το αν είναι διαλυτές στα λίπη και στους διαλύτες (λιποδιαλυτές) ή αν είναι διαλυτές στο νερό (υδατοδιαλυτές). Λιποδιαλυτές είναι οι βιταμίνες A, D, E και K, ενώ υδατοδιαλυτές είναι οι βιταμίνες του συμπλέγματος B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12), καθώς και η βιταμίνη C (Ζαμπέλας, 2003).



Εικόνα 1.1: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1929 μοιράστηκαν εξίσου ο Ολλανδός ιατρός Christiaan Eijkman για την ανακάλυψή της αντινευριτικής βιταμίνης και ο Άγγλος βιοχημικός Sir Frederick Gowland Hopkins για την ανακάλυψη των βιταμινών που τονώνουν την ανάπτυξη (αριστερά). Ο Πολωνός βιοχημικός Casimir Funk θεωρείται από τους πρώτους επιστήμονες που διατύπωσε την έννοια των βιταμινών το 1912 και τις αποκάλεσε ζωτικής σημασίας αμίνες (δεξιά).

Λιποδιαλυτές Βιταμίνες

Στις λιποδιαλυτές ανήκουν οι βιταμίνες A, D, E και K. Οι βιταμίνες αυτές συμμετέχουν σε αντιδράσεις μεταβολισμού των δομικών συστατικών του οργανισμού. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες, όπως και οι λιπαρές ύλες, απαιτούν την παρουσία χολικών αλάτων και παγκρεατικής λιπάσης για να απορροφηθούν, δηλαδή πρέπει να εκκριθεί χολή και παγκρεατικό υγρό στον πεπτικό σωλήνα, γεγονός που επιτυγχάνεται με τη λήψη κάποιας ποσότητας λίπους, που διεγείρει την έκκριση των ανωτέρω πεπτικών υγρών. Όπως είναι φυσικό, η μη κανονική έκκριση των ανωτέρω πεπτικών υγρών επιδρά στην απορρόφηση των λιποδιαλυτών βιταμινών και μπορεί να προκαλέσει και την έλλειψή τους. Πρόκειται για βιταμίνες που αποθηκεύονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, κυρίως στο λιπώδη ιστό και

¹ Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1929/summary/>

² Ανακτήθηκε από: https://en.wikipedia.org/wiki/Casimir_Funk#/media/File:Casimir_Funk_01.jpg

λιγότερο στο ήπαρ, ενώ απεκκρίνονται κυρίως μέσω των περιττωμάτων. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες μπορούν να συσσωρευτούν στο σώμα, όχι μόνο επειδή είναι πολύ μικρή η απέκκρισή τους μέσω των νεφρών, αλλά και επειδή μπορούν να διαλυθούν στα αποθέματα λίπους του λιπώδους ιστού. Πρόσληψη πολύ μεγάλων ποσοτήτων λιποδιαλυτών βιταμινών μπορεί να έχει τοξικές συνέπειες. Για αυτό οι υπερβιταμινώσεις προκαλούνται συνήθως από τις λιποδιαλυτές βιταμίνες (Ζαμπέλας, 2003· Ζερφυρίδης, 1998· Πανέρας, 1996· Guthie, 1983· Vander, Sherman, Luciano, & Τσακόπουλος, 2011).

Πίνακας 1.1: Σε ποιες τροφές βρίσκονται και ποιες είναι οι κύριες λειτουργίες των λιποδιαλυτών βιταμινών.

Λιποδιαλυτές Βιταμίνες	Τροφές	Λειτουργίες
Βιταμίνη Α	Στο κρέας ως ρετινόλη. Στα λαχανικά υπό μορφή καροτινοειδών.	Καλή όραση στο ημίφως. Ανάπτυξη και ανοσία.
Βιταμίνη D	Σύνθεση υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου. Κάποια ποσότητα ανευρίσκεται στα αυγά, το γάλα και τα ψάρια.	Διατήρηση των επιπέδων ασβεστίου. Φυσιολογική ανάπτυξη, σχηματισμός οστών και οδόντων.
Βιταμίνη Ε	Πράσινα λαχανικά, αυγά, καρύδια, σιτηρά ολικής άλεσης και φυτικά έλαια.	Αντιοξειδωτική δράση. Διατήρηση του ανοσολογικού συστήματος.
Βιταμίνη Κ	Ανευρίσκεται στα φυλλώδη λαχανικά και το γάλα.	Σημαντική για την πήξη του αίματος. ³

Υδατοδιαλυτές Βιταμίνες

Στις υδατοδιαλυτές ανήκουν οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β (Β1, Β2, Β3, Β5, Β6, Β7, Β9, Β12), καθώς και η βιταμίνη C. Πρόκειται για μόρια που περιέχουν υδρογόνο, οξυγόνο

³ Πηγή: Nair, M., & Peate, I. (2012). *Παθοφυσιολογία. Βασικές Αρχές Εφαρμοσμένης Παθολογικής Φυσιολογίας*. (Κεφάλαιο 12: Θρέψη και Σχετιζόμενες Διαταραχές, Πίνακας 12.1, σελ. 281) στο Δ. Αναστασόπουλος, Μ. Βενετίκου, Ι. Ελευσινιώτης, Χ. Μαραθεύτης, Μ. Τσιρώνη, Κ. Χαραλαμπίδης (Επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης – Broken Hill Publishers LTD.

και άνθρακα, ενώ μερικά από αυτά περιέχουν θείο, άζωτο και κοβάλτιο. Οι βιταμίνες αυτές συνιστούν τμήματα των συνενζύμων, όπως του NAD⁺ (Nicotinamide Adenine Dinucleotide), του FAD⁺ (Flavin Adenine Dinucleotide) και του συνένζυμου Α (CoA). Η απορρόφησή τους γίνεται πολύ εύκολα με διάχυση ή με διευκολυνόμενη μεταφορά, εκτός από τη βιταμίνη B12, που είναι ένα μεγάλο ηλεκτρικά φορτισμένο μόριο. Η βιταμίνη B12 συνδέεται πρώτα με τον ενδογενή παράγοντα (γλυκοπρωτεΐνη που παράγεται από τα οξεοεκκριτικά κύτταρα του στομάχου) και στη συνέχεια, το παράγωγο σύμπλοκο αυτής της ένωσης συνδέεται με ειδικές περιοχές των επιθηλιακών κυττάρων στο κατώτερο τμήμα του ειλεού, όπου και απορροφάται η βιταμίνη B12 με ενδοκυττάρωση. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες αποθηκεύονται σε όλους τους ιστούς σε μικρό όμως ποσοστό και απεκκρίνονται κυρίως μέσω των ούρων και λιγότερο μέσω των περιττωμάτων. Αν αυξηθεί η ποσότητα των λαμβανόμενων υδατοδιαλυτών βιταμινών, αυξάνεται αντίστοιχα και η απέκκρισή τους από τους νεφρούς και επομένως είναι περιορισμένη η δυνατότητα συσσώρευσής τους στον οργανισμό. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες καταστρέφονται εύκολα με το μαγείρεμα και την αποθήκευση (κατάψυξη, κονσερβοποίησή) και είναι πολύ ευαίσθητες στο φως και στη θερμότητα, ιδίως η βιταμίνη C (Ζαμπέλας, 2003· Ursel, 2001· Vander et al., 2011).

Πίνακας 1.2: Σε ποιες τροφές βρίσκονται και ποιες είναι οι κύριες λειτουργίες των υδατοδιαλυτών βιταμινών.

Υδατοδιαλυτές Βιταμίνες		Τροφές	Λειτουργίες
Βιταμίνη (Θειαμίνη)	B1	Ανευρίσκεται σε μία ποικιλία τροφών όπως συκώτι, χοιρινά προϊόντα, πράσινα φασόλια, ηλιόσπορους και σιτηρά ολικής άλεσης.	Απαραίτητη για την ανάπτυξη και το μεταβολισμό των υδατανθράκων.
Βιταμίνη (Ριβοφλαβίνη)	B2	Γάλα, γαλακτοκομικά προϊόντα, αυγά και κρέας.	Συμμετέχει στον κύκλο του κιτρικού οξέος.
Βιταμίνη (Νιασίνη)	B3	Τόνος, φυστίκια, μανιτάρια, κοτόπουλο και γαλοπούλα.	Συμμετέχει στη γλυκόλυση.

Βιταμίνη B5 (Παντοθενικό οξύ)	Κρέας, γάλα και λαχανικά.	Συμμετέχει στην παραγωγή γλυκόζης από λιπίδια και αμινοξέα.
Βιταμίνη B6 (Πυριδοξίνη)	Συκώτι, νεφροί, κρέας, πουλερικά και ψάρια.	Συμμετέχει στο μεταβολισμό των αμινοξέων.
Βιταμίνη B7 (Βιοτίνη)	Σιτηρά ολικής άλεσης, καρύδια και αυγά.	Σύνθεση νουκλεϊκού οξέος και λιπαρών οξέων.
Βιταμίνη B9 (Φολικό οξύ)	Σιτηρά, φυλλώδη λαχανικά και συκώτι.	Σύνθεση νουκλεϊκού οξέος.
Βιταμίνη B12 (Κυανοκοβαλαμίνη)	Κρέας, πουλερικά, θαλασσινά και αυγά.	Παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων.
Βιταμίνη C (Ασκορβικό οξύ)	Φρούτα και λαχανικά.	Σύνθεση κολλαγόνου, σημαντικό στοιχείο των τενόντων, των αιμοφόρων αγγείων και των οστών. ⁴

Λειτουργίες των Βιταμινών

Οι βιταμίνες δεν είναι δομικά συστατικά των ιστών, ούτε προμηθεύουν με ενέργεια τον οργανισμό, αλλά δρουν ως συνένζυμα διαφόρων ενζυμικών συστημάτων. Είναι βιολογικά οργανικά σύμπλοκα, απαραίτητα στον άνθρωπο για την αναπαραγωγή και τη φυσιολογική σωματική και ψυχική ανάπτυξή του. Είναι θρεπτικές ουσίες που παίζουν κύριο ρόλο στο μεταβολισμό, διότι δρουν σαν καταλύτες και ειδικά σαν βιοκαταλύτες. (Κατάλυση ονομάζεται το χημικό φαινόμενο που προκαλείται από ένα στοιχείο ή ένωση που αυξάνει

⁴ Πηγή: Nair, M., & Peate, I. (2012). *Παθοφυσιολογία. Βασικές Αρχές Εφαρμοσμένης Παθολογικής Φυσιολογίας*. (Κεφάλαιο 12: Θρέψη και Σχετιζόμενες Διαταραχές, Πίνακας 12.1, σελ. 281) στο Δ. Αναστασόπουλος, Μ. Βενετίκου, Ι. Ελευσινιώτης, Χ. Μαραθεύτης, Μ. Τσιρώνη, Κ. Χαραλαμπίδης (Επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης – Broken Hill Publishers LTD.

την ταχύτητα μιας χημικής αντίδρασης, χωρίς όμως αυτή η ουσία να παίρνει μέρος στην εν λόγω χημική αντίδραση. Αντίστοιχα, βιοκατάλυση καλείται η ίδια δράση καταλυτών στις χημικές αντιδράσεις, οι οποίες γίνονται στους ζωντανούς ιστούς και για αυτό ονομάζονται βιοκαταλύτες). Οι βιοκαταλύτες είναι οργανικές ενώσεις, που είτε τους συνθέτει ο ίδιος ο οργανισμός (ένζυμα), είτε δεν μπορεί να τους συνθέσει ο οργανισμός και πρέπει να τους λάβει μέσω της διατροφής (βιταμίνες). Οι κυριότερες λειτουργίες που επιτελούν οι βιταμίνες στον οργανισμό είναι οι εξής: 1) δρουν ως συνένζυμα, 2) είναι βιολογικά αντιοξειδωτικά, 3) αποτελούν συμπαραγόντες μείωσης οξειδωτικών αντιδράσεων του μεταβολισμού και 4) δρουν σαν ορμόνες. Αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο για τις περισσότερες διαδικασίες του μεταβολισμού. Πολλές βιοχημικές αντιδράσεις δεν θα μπορούσαν να διεξαχθούν χωρίς την παρουσία τους, ενώ άλλες πάλι θα γίνονταν πολύ αργά και ακανόνιστα. Είναι αναγκαίες για την αφομοίωση των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών. Συντελούν στη σύνθεση των ορμονών και των ενζύμων. Ενισχύουν το αμυντικό σύστημα του οργανισμού και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του νευρικού συστήματος. Γενικά, οι βιταμίνες δρουν ως καταλύτες και συνδυάζονται με πρωτεΐνες δημιουργώντας μεταβολικά ενεργά ένζυμα, ώστε να λαμβάνουν χώρα πάρα πολλές σημαντικές αντιδράσεις στον οργανισμό. Παντελής ή μερική στέρηση μιάς ή περισσότερων βιταμινών από τον οργανισμό, προκαλεί διάφορες παθολογικές καταστάσεις (αβιταμίνωση ή υποβιταμίνωση), που υποχωρούν ταχύτατα με την πρόσληψη των βιταμινών που λείπουν. Η ανεπάρκεια τους στη διατροφή του ανθρώπου, ελαττώνει την αντίσταση του οργανισμού και τον καθιστά ευπρόσβλητο στις μολύνσεις και τις ασθένειες. Τα τελευταία χρόνια έχει πολλαπλασιαστεί η κατανάλωση φαρμακευτικών βιταμινούχων σκευασμάτων με τη μορφή δισκίων ή σκόνης, πιστεύοντας ότι βελτιώνουν την υγεία. Μια καλή και ισορροπημένη διατροφή παρέχει στον οργανισμό όλες τις απαραίτητες βιταμίνες και επομένως, σπάνια έχει κανείς την ανάγκη να καταφύγει στην πρόσληψή τους μέσω συμπληρωμάτων διατροφής (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Thomas & Bishop, 2007).

Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη (Recommended Dietary Allowance, RDA) καλείται η μέση ημερήσια πρόσληψη ενός θρεπτικού συστατικού που θεωρητικά καλύπτει τις ανάγκες σχεδόν όλων των ατόμων (97% – 98%) ενός υγιή πληθυσμού μίας συγκεκριμένης ηλικιακής

ομάδας και φύλου. Παλαιότερα, ο δείκτης RDA χρησιμοποιείτο ως όριο προκειμένου να αποφευχθούν κάποιες ασθένειες λόγω ανεπάρκειας βιταμινών, μετάλλων ή ιχνοστοιχείων, όπως το σκορβούτο (έλλειψη βιταμίνης C) και η ραχίτιδα (έλλειψη βιταμίνης D). Σήμερα, ο καθορισμός του δείκτη RDA έχει ως σκοπό και την αποφυγή χρόνιων ασθενειών, όπως είναι τα καρδιακά νοσήματα και η οστεοπόρωση. Ο δείκτης RDA ενός θρεπτικού συστατικού υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη Μέση Εκτιμώμενη Απαίτησή του (Estimated Average Requirements, EAR), δηλαδή την τιμή πρόσληψης που καλύπτει τις ανάγκες του μισού (50%) υγιή πληθυσμού μίας συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας και φύλου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις απαιτήσεις σε βιταμίνες είναι: α) η ηλικία ή συγκεκριμένες ομάδες (βρέφη, κυοφορούσες, θηλάζουσες, ηλικιωμένοι), β) το φύλο, γ) οι περιβαλλοντικοί παράγοντες (κλίμα) και δ) οι ατομικοί παράγοντες (φυσική δραστηριότητα, σωματικό βάρος). Για παράδειγμα, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι έχουν αυξημένες ανάγκες σε βιταμίνη D, οι κυοφορούσες έχουν αυξημένες ανάγκες σε φολικό οξύ, οι καπνιστές έχουν αυξημένες ανάγκες σε βιταμίνη C, οι χορτοφάγοι έχουν αυξημένες ανάγκες σε βιταμίνη B12 και όσοι καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες αλκοόλ έχουν αυξημένες ανάγκες σε θειαμίνη. Ο δείκτης RDA ποικίλει μεταξύ των χωρών, εξαιτίας των διαφορών που υπάρχουν στο κλίμα, στις διατροφικές συνήθειες αλλά και σε σημαντικούς τοπικούς παράγοντες. Οι απαιτούμενες ποσότητες βιταμινών που χρειάζεται ο οργανισμός κυμαίνονται από μερικά μg ημερησίως μέχρι μερικά mg ημερησίως (Ursel, 2001· Wyeth Newsletter, 1995).

Πίνακας 1.3: Τιμές αναφοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Συνιστώμενες Ημερήσιες Προσλήψεις (RDA) των βιταμινών.

Βιταμίνες	EU RDA ανά ημέρα
Βιταμίνη A	800 μg
Βιταμίνη B1 (Θειαμίνη)	1,4 mg
Βιταμίνη B2 (Ριβοφλαβίνη)	1,6 mg
Βιταμίνη B3 (Νιασίνη)	18 mg
Βιταμίνη B5 (Παντοθενικό οξύ)	6 mg

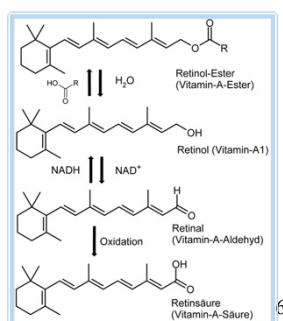
Βιταμίνη B6 (Πυριδοξίνη)	2 mg
Βιταμίνη B7 (Βιοτίνη)	0,15 mg
Βιταμίνη B9 (Φολικό οξύ)	200 µg
Βιταμίνη B12 (Κυανοκοβαλαμίνη)	1 µg
Βιταμίνη C (Ασκορβικό οξύ)	60 mg
Βιταμίνη D	5 µg
Βιταμίνη E	10 mg
Βιταμίνη K	80 mg ⁵

1.1 Βιταμίνη A ή Ρετινόλη ή Αξηροφθόλη

Το 1913, αναγνωρίστηκε η βιταμίνη A από τον Αμερικανό βιοχημικό Elmer Verner McCollum (1879 – 1967) και την Αμερικανίδα βιοχημικό Marquerite Davis (1887 – 1967), το 1933, καθορίστηκε η χημική της δομή και το 1947, πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά η εργαστηριακή της σύνθεση (Chemical & Engineering News: Top Pharmaceuticals: Vitamins, χ.χ.). Η Davis εργαζόταν ως βοηθός του McCollum φροντίζοντας μία μεγάλη αποικία αρουραίων και βοηθώντας στην ανάπτυξή τους. Προσπαθούσαν να δημιουργήσουν μίγματα που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα τρόφιμα στη διατροφή των ζώων, μελετώντας συγκεκριμένες χημικές ουσίες των τροφίμων, οι οποίες ήταν απαραίτητες για τη ζωή. Οι αρουραίοι τρέφονταν με υδατάνθρακες (λακτόζη, δεξτρίνη, άμυλο), καθαρή καζεΐνη, λίγο άγαρ και ένα μείγμα 6 – 7 αλάτων. Σε μία ομάδα αρουραίων αντικατέστησαν τους υδατάνθρακες με ελαιόλαδο και παρατηρήσαν ότι για 70 – 120 ημέρες οι αρουραίοι μεγάλωναν, ενώ στη συνέχεια σταματούσαν να αναπτύσσονται. Όμως, συνέχιζαν να είναι υγιείς, εκτός από τα θηλυκά που δεν είχαν αρκετό γάλα για να ταΐσουν τα μικρά τους. Τριάντα αρουραίοι περίπου, στη διατροφή των οποίων είχε προστεθεί μία μικρή ποσότητα εκχυλίσματος αυγού ή βουτύρου, επέστρεψαν στην κανονικότητα, αφού είχαν φτάσει σε στάδιο αναστολής της ανάπτυξης τους. Οι McCollum και Davis έφτιαξαν γραφήματα για

⁵ Πηγή: Κάσιμος, Χ. Δ., & Κάσιμος, Δ. Χ. (1988). *Διατροφή, Υγιεινή Ανάπτυξη & Διαβίωση του Ανθρώπου*.

πέντε αρουραίους που απεικόνιζαν το πως διαμορφώνονταν τα σωματικά τους βάρη, με την πάροδο του χρόνου, σε σύγκριση με μία κανονική καμπύλη ανάπτυξης, έτσι ώστε να δείξουν τη σχεδόν αμετάβλητη επιτυχία τους στην πρόκληση επανέναρξης της ανάπτυξης μετά από πλήρη αναστολή για ένα χρονικό διάστημα. Ενώ, ένα γράφημα απεικονίζει τα αποτελέσματά τους με δίαιτα χωρίς λιπαρά. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αφού οι αρουραίοι σταματούσαν να αναπτύσσονται, παρόλο που φαίνονταν υγιείς, μέχρι που τρέφονταν με μικρή ποσότητα εκχυλίσματος αυγού ή βουτύρου, υπήρχε κάποιος βοηθητικός παράγοντας σε ορισμένα τρόφιμα που ήταν απαραίτητος για την κανονική ανάπτυξη, για παρατεταμένες περιόδους (McCollum & Davis, 1913). Αυτή την ουσία που βρίσκεται στα λίπη και είναι απαραίτητη για τη ζωή οι McCollum και Davis την αποκάλεσαν «λιποδιαλυτό παράγοντα Α», για να την διακρίνουν από τον «υδατοδιαλυτό παράγοντα Β» όπως αποκάλεσαν την ουσία που περιέγραψε ο Eijkman, αφού πρώτα την μελέτησαν. Αργότερα, αυτοί οι παράγοντες μετονομάστηκαν σε βιταμίνες Α και Β. Η ανακάλυψη αυτών των δύο βιταμινών άνοιξε το δρόμο για περαιτέρω έρευνα στη διατροφή (Graham, 2000· Harvey & Ogilvie, 2000). Η ανακάλυψη της λιποδιαλυτής βιταμίνης Α και της υδατοδιαλυτής βιταμίνης Β των McCollum και Davis δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά στο Journal of Biological Chemistry το 1913, στο έντυπο «The necessity of certain lipids in the diet growth». (Newcomb, 2006· Rosenfeld, 1997). Παρά το γεγονός ότι η βιταμίνη αυτή ανακαλύφθηκε το 1913 στην Αμερική, πολλές τροφές πλούσιες σε αυτή (όπως το μωρουνέλαιο ή το συκώτι), ήταν γνωστές για τη θεραπευτική τους ιδιότητα από την εποχή των αρχαίων Ελλήνων, αφού ο Πατέρας της Ιατρικής ο Ιπποκράτης (460 π.Χ. – 377 π.Χ.), πριν από 2.500 χρόνια έλεγε ότι πρέπει να αναζητούμε τη θεραπεία στην τροφή μας.



Εικόνα 1.2: Μορφές της βιταμίνης Α: εστέρας, ρετινόλη (αλκοόλη), ρετινάλη (αλδεΐδη), ρετινοϊκό οξύ (οξύ).

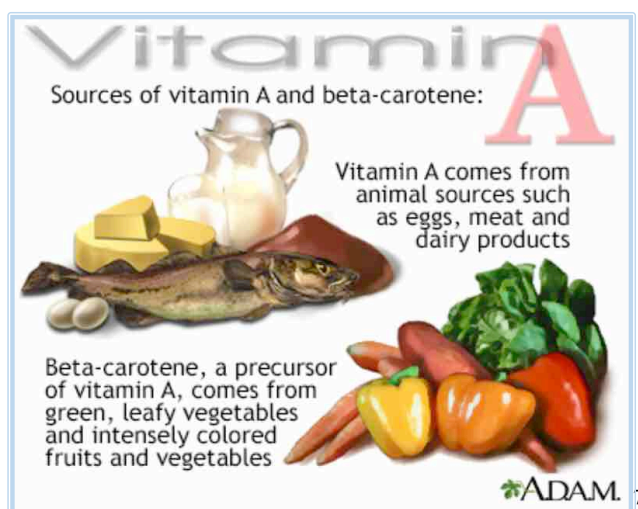
⁶ Ανακτήθηκε από: https://el.wikipedia.org/wiki/Βιταμίνη_Α#/media/Αρχείο:Vitamin-A-Synthese.png

Πρόκειται για μία λιποδιαλυτή βιταμίνη, που υφίσταται σε δύο μορφές (A1 ή ρετινόλη και A2 ή διϋδρορετινόλη), όμως σπουδαιότερη είναι η A1 (ενεργός μορφή). Η βιταμίνη A1 ή ρετινόλη ή αξηροφθόλη κατατάσσεται στις ισοπρενοειδείς αλκοόλες, διότι είναι παράγωγο του κυκλοεξενίου με ισοπρενική αλυσίδα εννέα ατόμων άνθρακα και ενός υδροξυλίου στο άκρο της. Η βιταμίνη A υπάρχει σε πολλές μορφές, είτε ως εστέρας, είτε ως ακόρεστη αλκοόλη (ρετινόλη), είτε ως αλδεΐδη (ρετινάλη), είτε ως λιπαρό οξύ (ρετινοϊκό οξύ). Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει την ικανότητα να σχηματίζει ρετινόλη από πρόδρομες ενώσεις (προβιταμίνες), που είναι γνωστές ως καροτενοειδή (κυρίως από το β-καροτένιο) και να την αποθηκεύει στο ήπαρ (κυρίως), στο λιπώδη ιστό, στους πνεύμονες και στα νεφρά, για μελλοντική χρήση. Η έκθεσή της για μεγάλο χρονικό διάστημα στο φως και στις υψηλές θερμοκρασίες είναι καταστροφική (Ανδρικόπουλος, 2015· Williams, 2003).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η ρετινόλη βρίσκεται σε προϊόντα ζωικής προέλευσης. Κύριες πηγές ρετινόλης θεωρούνται τα εντόσθια (μοσχαρίσιο συκώτι, νεφρά), ο κρόκος του αυγού, το πλήρες γάλα, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γιαούρτι), το βούτυρο, τα ψάρια (σολομός, σαρδέλες), τα αυγά των ψαριών, το μουρουνέλαιο. Το β-καροτένιο βρίσκεται σε προϊόντα φυτικής προέλευσης. Κύριες πηγές β-καροτενίου (που μετατρέπεται σε ρετινόλη στο έντερο και στο ήπαρ) θεωρούνται τα πορτοκαλί, τα κίτρινα και τα σκουροπράσινα λαχανικά και φρούτα, όπως είναι τα καρότα, τα πορτοκάλια, τα βερίκοκα, τα ροδάκινα, το πεπόνι, ο ανανάς, τα δαμάσκηνα, η κολοκύθα, το σπανάκι, το μπρόκολο, τα χόρτα, το κάρδαμο, οι πιπεριές, οι ντομάτες, οι πατάτες. Τόσο η ρετινόλη, όσο και το β-καροτένιο είναι ακόρεστα σε υψηλό βαθμό και έτσι υπόκεινται σε οξείδωση σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος και του βρασμού των λαχανικών υπάρχουν ελάχιστες απώλειες, ενώ δεν διαλύονται στο νερό (Ανδρικόπουλος, 2015· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Fox & Cameron, 1989· Melvin, 2003· Thomas & Bishop, 2007).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από την ηλικία και υπολογίζεται στα 0,75 mg ημερησίως για τους ενήλικες, ενώ κατά τη διάρκεια του θηλασμού η ποσότητα υπολογίζεται στα 1,2 mg ημερησίως (Ανδρικόπουλος, 2015· Fox & Cameron, 1989· Thomas & Bishop, 2007).



Εικόνα 1.3: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης A και του β-καροτενίου.

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

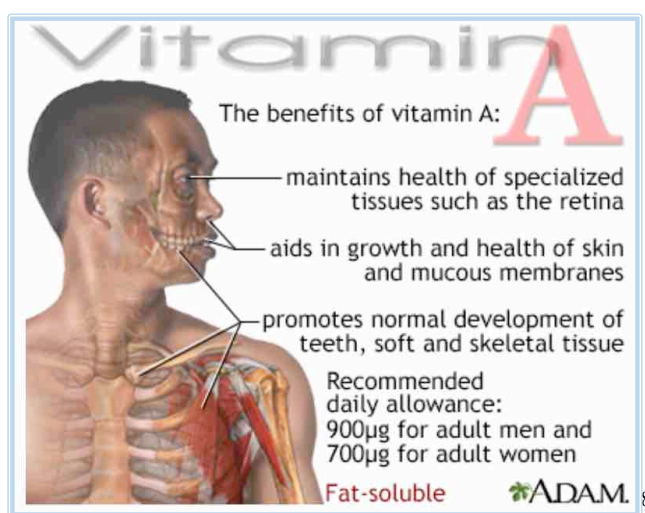
Η απορρόφηση της βιταμίνης A από τον οργανισμό γίνεται μέσω του λεπτού εντέρου, παρουσία πρωτεϊνικών και διαιτητικών λιπών, εντερικής και παγκρεατικής λιπάσης, χολικών αλάτων καθώς και γαστρικών υγρών. Η υπερκατανάλωση αλκοόλ και η μη επαρκής πρόσληψη βιταμίνης E, ψευδαργύρου και πρωτεϊνών επηρεάζουν την απορρόφηση και τη μεταφορά της βιταμίνης A. Κύρια απεκκριτική οδός της βιταμίνης A θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα και η χολή. Ενώ, βιταμίνη A αποβάλλεται και μέσω του μητρικού γάλακτος, κατά τη διάρκεια του θηλασμού. Η ποσότητα της βιταμίνης A που δεν απορροφάται απεκκρίνεται μέσω των περιττωμάτων (Francis & Ball, 2006).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιταμίνη A παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές λειτουργίες του οργανισμού. Η ρετινάλη είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική λειτουργία του αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Συμμετέχει στο σχηματισμό της χρωμοπρωτεΐνης ροδοψίνης, μίας φωτοευαίσθητης χρωστικής των οφθαλμών, που εμπλέκεται στην αίσθηση της όρασης στο σκοτάδι. Η ρετινόλη και το ρετινοϊκό οξύ είναι απαραίτητα για την κυτταρική διαφοροποίηση και διαίρεση, για το σχηματισμό νέων κυττάρων, για τη λειτουργία των γεννητικών οργάνων, για την ανάπτυξη και την παραγωγή του σπέρματος, για την ανάπτυξη των εμβρύων, για

⁷ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002400>

την ανάπτυξη των οστών και των δοντιών, για την παραγωγή και την ωρίμανση των επιθηλιακών κυττάρων που καλύπτουν το δέρμα και τους βλεννογόνους, για την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος (πρόληψη των λοιμώξεων του λάρυγγα, της μύτης, των πνευμόνων κ.α.). Το β-καροτένιο έχει αντιοξειδωτική δράση (πρόληψη των μυϊκών βλαβών κατά τη διάρκεια της άσκησης). Η βιταμίνη Α συμμετέχει σε βιοχημικές αντιδράσεις ως συμπράγοντας, ενώ παίζει ρόλο και σαν αυξητική βιταμίνη (Πανέρας, 1996· Guthie, 1995· Karlson, Gerok, & Grob, 1993· Melvin, 2003).



Εικόνα 1.4: Τα οφέλη της βιταμίνης Α.

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Έλλειψη βιταμίνης Α ή υποβιταμίνωση Α μπορεί να προκληθεί είτε από τη μη επαρκή πρόσληψη βιταμίνης Α μέσω της διατροφής, είτε από τη μη επαρκή εντερική απορρόφηση της βιταμίνης Α (λόγω της λήψης φαρμάκων κολχικίνης, νεομυκίνης, σουκραλφάτης, υγρής παραφίνης, χολεστυραμίνης, χολεστιπόλης), είτε από τη μη επαρκή αποθήκευση της βιταμίνης Α στον οργανισμό (λόγω κίρρωσης του ήπατος, παγκρεατεκτομής, κυστικής ίνωσης, κοιλιοκάκη, ελκώδη κολίτιδας, απόφραξης των χοληφόρων οδών), είτε από τη γρήγορη εξάντληση της αποθηκευμένης βιταμίνης Α, είτε από διαταραχές στη μετατροπή του β-καροτενίου σε ρετινόλη (λόγω υπερθυρεοειδισμού, διαβήτη) (Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980· Groff, Gropper, & Hunt, 1995). Η υποβιταμίνωση Α μπορεί να

⁸ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002400>

οδηγήσει σε νυκταλωπία ή ημεραλωπία (αδυναμία της όρασης κατά τη διάρκεια της νύκτας ή της ημέρας), σε ξήρωση (αποξήρανση των επιπεφυκότων), σε κερατομαλακία (εξέλκωση του κερατοειδούς), σε ξηροφθαλμία (ξήρανση των δακρυφόρων αγωγών), που μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε μόνιμη τύφλωση, εάν η ανεπάρκεια είναι εξαιρετικά σοβαρή και μακρόχρονη και δεν αντιμετωπιστεί εγκαίρως. Επίσης, μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην αναπαραγωγή (μικρή πιθανότητα σύλληψης, μη φυσιολογική ανάπτυξη του εμβρύου, φλεγμονώδεις βλάβες του πλακούντα, θάνατος του εμβρύου εάν η ανεπάρκεια είναι εξαιρετικά σοβαρή). Ακόμα, μπορεί να οδηγήσει σε προβληματική ("ασθενής") οδοντοστοιχία και σε καθυστέρηση ή μη φυσιολογική ανάπτυξη των οστών και κατ' επέκταση σε μειωμένη σωματική ανάπτυξη των παιδιών ή σε σωματιδιακή διάπλαση του ατόμου με παραμορφώσεις ή ανωμαλίες. Επιπλέον, μπορεί να δημιουργήσει υπερκεράτωση (ξηρό, σκληρό και φολιδώδες δέρμα, π.χ. στους βραχίονες). Επίσης, μπορεί να οδηγήσει σε αλλοιώσεις (λοιμώξεις, φλεγμονές, αποστήματα ή άλλες πυογόνες εστίες) στο βλεννογόνο του στόματος, στους σιελογόνους αδένες, στο φάρυγγα, στα αυτιά και στις αναπνευστικές οδούς, καθώς επίσης και λιθίαση των νεφρών και της χοληδόχου κύστεως, αλλά και διαρροϊκές κενώσεις με αυξημένη συχνότητα (Παπανικολάου, 1997· Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980· Albanes et al., 1996).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Υψηλά επίπεδα βιταμίνης Α ή υπερβιταμίνωση Α μπορεί να προκληθεί είτε από την καθημερινή κατανάλωση συμπληρωμάτων, είτε από κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων γάλακτος, εμπλουτισμένων δημητριακών και εντοσθίων, είτε από την παρατεταμένη θεραπεία με στατίνες. Η υπερβιταμίνωση Α μπορεί να οδηγήσει σε κεφαλαλγία, αρθραλγία (πόννοι στις αρθρώσεις), ναυτία, ανορεξία, διάρροια, αδυναμία, νωθρότητα, υπνηλία, σύγχυση, ευερεθιστότητα, ενδοκράνια υπέρταση, τριχόπτωση, ξήρανση και απολέπιση του δέρματος, οιδήματα, πόνους και ευθραυστότητα των οστών, ηπατικές βλάβες, γενετικές ανωμαλίες, υπερασβεστιαϊμία (αυξημένη συγκέντρωση ασβεστίου στο αίμα), τερατογένεση (δυσμορφίες του εμβρύου και άλλες ανωμαλίες) κατά τη διάρκεια της κύησης (Albanes et al., 1996· Baynes & Dominiczak, 2002· McArdle, Katch, & Katch, 2001· Williams, 2003).

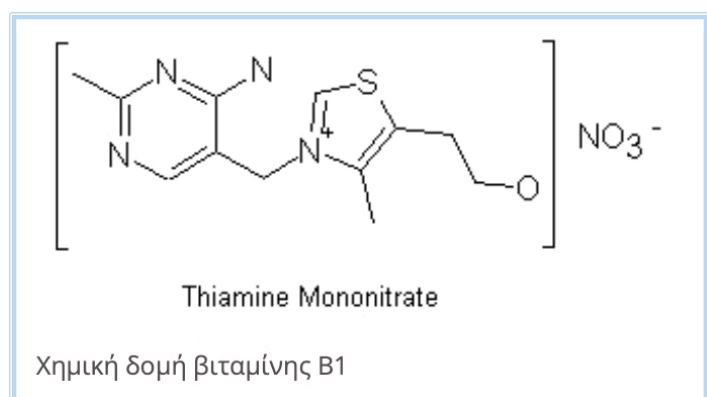
1.2 Βιταμίνες Συμπλέγματος Β

Πρόκειται για μία ομάδα στενά συγγενών υδατοδιαλυτών ουσιών, που βρίσκονται συχνά σε τροφές ζωικής και φυτικής προέλευσης. Σε αυτή την ομάδα περιλαμβάνονται: η βιταμίνη Β1 ή θειαμίνη, η βιταμίνη Β2 ή ριβοφλαβίνη, η βιταμίνη Β3 ή νιασίνη, η βιταμίνη Β5 ή παντοθενικό οξύ, η βιταμίνη Β6, η βιταμίνη Β7 ή βιοτίνη, η βιταμίνη Β9 ή φολικό οξύ και η βιταμίνη Β12. Οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β διαφέρουν σημαντικά από τις λιποδιαλυτές βιταμίνες, κυρίως στο ρόλο που διαδραματίζουν για τη διατήρηση της ομαλής λειτουργίας του οργανισμού. Είναι ανενεργές σε ελεύθερη μορφή, ενώ ενεργοποιούνται όταν συνδεθούν ενζυμικά. Το συνένζυμο είναι ένα μικρό μόριο που συνεργάζεται με το ένζυμο (πρωτεΐνη που μεσολαβεί για να γίνει η διάσπαση, η σύνδεση ή η αλληλομετατροπή των ουσιών στο σώμα) και το ενεργοποιεί. Έτσι αφού σχηματιστεί ένα συνένζυμο πρέπει να συνδεθεί στο κατάλληλο συστατικό μιας πρωτεΐνης, ώστε να ολοκληρωθούν οι χημικές αντιδράσεις. Χωρίς την παρουσία συνενζύμου, το ένζυμο δεν έχει καμία αξία. Οι βιταμίνες που απαρτίζουν το σύμπλεγμα Β, συναντώνται σε μεγάλη ποικιλία τροφών και συνεργάζονται μεταξύ τους, ώστε ο οργανισμός να εξασφαλίσει τα απαραίτητα ποσά ενέργειας για την επιβίωσή του. Επειδή οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β δεν αποθηκεύονται στο σώμα, μία διατροφή που χαρακτηρίζεται από ανεπαρκή πρόσληψή τους μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα έλλειψης μέσα σε λίγους μήνες. Όλες οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β διασπώνται σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ κατά το βρασμό των λαχανικών μεταφέρονται στο νερό, οπότε τα τρόφιμα χάνουν την πλούσια περιεκτικότητά τους σε αυτές. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι απώλειες σε βιταμίνη Β μπορεί να ξεπεράσουν το 30%. Επίσης, πρέπει να ελέγχεται το pH, διότι σε τιμές μεγαλύτερες του 5,5 (ασθενώς όξινες) οι βιταμίνες υφίστανται οξείδωση και χάνουν τη θρεπτική τους αξία. Λόγω της υδατοδιαλυτής φύσης των βιταμινών Β, ο ρυθμός κατανάλωσης αυτών είναι πολύ υψηλός στον ανθρώπινο οργανισμό. Έτσι, δεν αποθηκεύονται επαρκείς ποσότητες και ο ανθρώπινος οργανισμός οφείλει να ανανεώνεται με χορήγηση συμπληρωμάτων διατροφής, αλλιώς το αίσθημα κούρασης, άγχους και έλλειψης ενεργητικότητας επικρατεί σε μεγάλο βαθμό. Επιπρόσθετα, τα συμπληρώματα βιταμινών Β ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα, εξασφαλίζουν αρμονία στις μεταβολικές αντιδράσεις και γενικά συντελούν στη διατήρηση και στην ανάπτυξη υγιών κυττάρων. Επίσης, όργανα που ωφελούνται από τη χορήγηση συμπληρωμάτων βιταμινών Β αποτελούν οι μύες και η επιδερμίδα (Ζερφυρίδης, 1998· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Oberbeil, 2001).

1.2.1. Βιταμίνη B1 ή Θειαμίνη ή Ανευρίνη

Ο Κινέζος ιατρός και συγγραφέας, γνωστός και ως «ο Βασιλιάς της Ιατρικής της Κίνας» Sun Simiao (581 μ.Χ. – 682 μ.Χ.) ήταν ο πρώτος άνθρωπος στην ιστορία της ιατρικής που τεκμηρίωσε τη διάγνωση, τη θεραπεία και την πρόληψη της ασθένειας Beri – Beri (πολυνευρίτιδα), που προκαλείται από την έλλειψη βιταμίνης B1. Για αυτό πρότεινε συνδυασμούς από βότανα πλούσια σε βιταμίνη B1 και μη αποφλοιωμένο ρύζι. Η ασθένεια Beri – Beri ήταν ένα σοβαρό ενδημικό πρόβλημα για το Αυτοκρατορικό Ιαπωνικό Ναυτικό, που επηρέαζε τη ναυτική απόδοση και στα τέλη του 19^{ου} αιώνα μελετήθηκε από τον ιατρό του Αυτοκρατορικού Ιαπωνικού Ναυτικού Kanehiro Takaki (1849 – 1920). Την περίοδο 1878 – 1881, οι ναυτικοί αρρώσταιναν τέσσερις φορές το χρόνο, κατά μέσο όρο και το 35% ήταν περιπτώσεις ασθένειας Beri – Beri. Το 1883, ο Takaki έμαθε για μία υψηλή συχνότητα ασθένειας Beri – Beri μεταξύ μαθητών, σε μία εκπαιδευτική αποστολή από την Ιαπωνία στη Χαβάη, μέσω της Νέας Ζηλανδίας και της Νότιας Αμερικής, που διήρκεσε περισσότερο από εννέα μήνες. Από τους 376 άνδρες του πληρώματος, οι 169 ανέπτυξαν τη νόσο, ενώ οι 25 απεβίωσαν. Το 1884, ο Takaki παρατήρησε ότι η ασθένεια Beri – Beri ήταν συνηθισμένη στα απλά πληρώματα, των οποίων η διατροφή αποτελούνταν σχεδόν αποκλειστικά από αποφλοιωμένο ρύζι (που τους παρέχονταν δωρεάν, ενώ άλλα τρόφιμα επρεπε να τα αγοράσουν) και όχι μεταξύ των πληρωμάτων των δυτικών ναυτικών ή των Ιαπωνικών αξιωματικών, των οποίων η διατροφή περιελάμβανε διάφορα είδη λαχανικών και κρέατος. Με την υποστήριξη του Αυτοκρατορικού Ιαπωνικού Πολεμικού Ναυτικού διεξήγαγε ένα πείραμα, κατά το οποίο ένα άλλο πλοίο διένυσε την ίδια διαδρομή, αλλά το πλήρωμά του έλαβε τροφή που περιελάμβανε περισσότερο κριθάρι, ψάρια, κρέας, γάλα, ψωμί και λαχανικά. Στο τέλος του ταξιδιού, από τους 333 άνδρες του πληρώματος αναφέρθηκαν μόνο 14 περιπτώσεις ασθενειών και κανένας θάνατος. Αυτό έπεισε τον Takaki και το Αυτοκρατορικό Ιαπωνικό Ναυτικό ότι κύρια αιτία της ασθένειας Beri – Beri ήταν η κακή διατροφή (Sugiyama & Seita, 2013). Το 1897, ο Ολλανδός ιατρός Christiaan Eijkman (1858 – 1930) διαπίστωσε ότι η ασθένεια Beri – Beri προκαλείται από την κακή διατροφή και ανακάλυψε ότι η τροφοδοσία του μη αποφλοιωμένου ρυζιού (αντί της καθαρισμένης ποικιλίας) στα κοτόπουλα συνέβαλε στην αποτροπή της ασθένειας. Το 1898, ο Άγγλος βιοχημικός Sir Frederick Gowland Hopkins (1861 – 1947) υποστήριξε ότι ορισμένα τρόφιμα περιείχαν εκτός από τις πρωτεΐνες, τους υδατάνθρακες, τα λίπη, τα ιχνοστοιχεία, το νερό και κάποιες άλλες απαραίτητες ουσίες για τις λειτουργίες του ανθρώπινου

οργανισμού, τους «βοηθητικούς παράγοντες διατροφής». Το 1901, ο Ολλανδός ερευνητής Gerrit Grijns (1865 – 1944) ερμήνευσε σωστά την ασθένεια Beri – Beri ως σύνδρομο ανεπάρκειας. Μεταξύ του 1910 και του 1913, ο ιατρός του στρατού των Η.Π.Α. Edward Bright Vedder (1878 – 1952) διαπίστωσε ότι ένα εκχύλισμα πίτουρου ρυζιού αποτελεί θεραπεία για την ασθένεια Beri – Beri (Carpenter, 2012). Το 1912, ο Πολωνός βιοχημικός Casimir Funk (184 – 1967) κατάφερε να απομονώσει την ουσία που ήταν υπεύθυνη για την ασθένεια Beri – Beri και την αποκάλεσε βιταμίνη, διότι επρόκειτο για μία ουσία που περιείχε μία αμινομάδα (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002). Το 1926, ο Ολλανδός χημικός και βιοχημικός Barend Coenraad Petrus Jansen (1884 – 1962) σε συνεργασία με τον Ολλανδό φυσιολόγο και υγιεινολόγο Willem Frederik Donath (1889 – 1957) πραγματοποιώντας έρευνες σχετικά με τις βιταμίνες και συγκεκριμένα για το άγνωστο θεραπευτικό συστατικό που πίστευε ο Eijkman ότι ευθύνεται για την ασθένεια Beri – Beri, κατάφεραν να απομονώσουν 1 gr αυτής της αντί-νευριτικής ουσίας (βιταμίνη B1 ή ανευρίνη όπως την αποκαλούσε ο Jansen, διότι τονώνει το νευρικό σύστημα) σε κρυσταλλωμένη μορφή από εκατοντάδες κιλά πίτουρο ρυζιού. Τα αποτελέσματα στάλθηκαν στον Eijkman, ο οποίος επιβεβαίωσε ότι η λαμβανόμενη ουσία από τους Jansen και Donath, ακόμη και σε μικρές ποσότητες, προστατεύει από την ασθένεια Beri – Beri (Τζάκου, 1967). Το 1929, οι Eijkman και Hopkins μοιράστηκαν εξίσου το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής για την ανακάλυψή της αντινευριτικής βιταμίνης και για την ανακάλυψη των βιταμινών που τονώνουν την ανάπτυξη, αντίστοιχα. Το 1936, ο Αμερικανός χημικός Robert R. Williams (1886 – 1965) δημοσίευσε τον πρώτο σωστό τύπο και τη σύνθεση της βιταμίνης B1. Η Αμερικανική Ιατρική Ένωση του ζήτησε να βρει ένα νέο όνομα και την αποκάλεσε «thiamin». Όμως, για να αποκτήσει τη φύση των αμινών η Αμερικανική Χημική Ένωση πρόσθεσε ένα «e» και έγινε ευρέως αποδεκτό το όνομα «thiamine», δηλαδή θειαμίνη, διότι είναι η μόνη βιταμίνη που περιέχει θείο (Williams & Cline, 1936). Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που είναι διαλυτή στο νερό και στις αλκοόλες, με σχετική σταθερότητα σε ξηρή θέρμανση (100 °C). Η βιταμίνη B1 ή θειαμίνη ή ανευρίνη αποτελείται από έναν πυριμιδινικό και ένα θειαζολικό δακτύλιο ενωμένους με μεθυλενική γέφυρα και έχει ελεύθερη αμινική και αλκοολική ομάδα. Λόγω του τεταρτοταγούς αζώτου έχει βασικές ιδιότητες. Είναι ανθεκτική στα οξέα και στις οξειδωτικές επιδράσεις, αλλά καταστρέφεται από τα αλκάλια (Ανδρικόπουλος, 2015· Τζάκου, 1967).

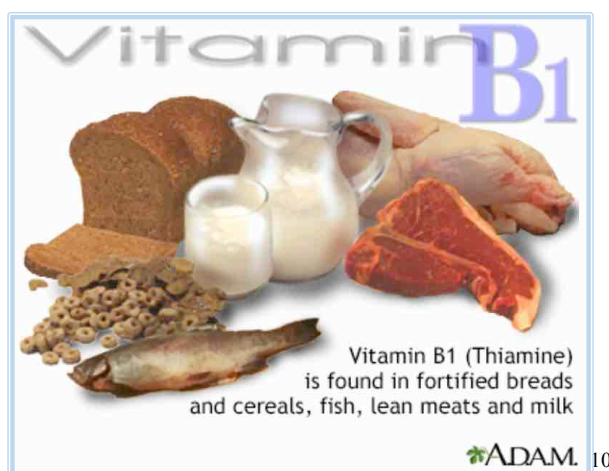


Εικόνα 1.5: Η χημική δομή της βιταμίνης B1 (θειαμίνης).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η πρόσληψη της θειαμίνης γίνεται από όλα σχεδόν τα τρόφιμα ζωικής και φυτικής προέλευσης. Κύριες πηγές της θειαμίνης θεωρούνται το κρέας (άπαχο χοιρινό), τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά, καρδιά), τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα), ο κρόκος του αυγού, τα ψάρια, τα οστρακοειδή, τα ολόκληρα δημητριακά, τα προϊόντα δημητριακών, τα ενισχυμένα δημητριακά, το αλεύρι ολικής άλεσης, το μη αποφλοιωμένο ρύζι, το ψωμί, η μαγιά της μπύρας, τα φύτρα σιταριού, η βύνη, τα όσπρια (φασόλια), οι ξηροί καρποί (ηλιόσποροι, φουντούκια, καρύδια, φυστίκια), τα φρέσκα φρούτα (μπανάνες, δαμάσκηνα, μούρα, πεπόνια, εσπεριδοειδή), τα φρέσκα λαχανικά (αρακάς, μπρόκολο, λαχανάκια Βρυξελλών, σπανάκι), οι πατάτες, τα κρεμμύδια. Η θειαμίνη είναι μία ευαίσθητη βιταμίνη που ελαττώνεται ή και καταστρέφεται εύκολα με τις μαγειρικές διεργασίες (ανάλογα με τη θερμοκρασία μαγειρέματος, το χρόνο μαγειρέματος και την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται), ωστόσο διατηρείται στα κατεψυγμένα τρόφιμα. Η θειαμίνη μπορεί να καταστραφεί από κάποια ένζυμα που υπάρχουν στα ψάρια και στα οστρακοειδή. Επίσης, η σόδα (αλκάλιο) καταστρέφει τη θειαμίνη, για αυτό δεν θα πρέπει να προστίθεται στο μαγείρεμα των χορταρικών. Επιπροσθέτως, η θειαμίνη ελαττώνεται με την προσθήκη θειώδους οξέος στις αποφλοιωμένες πατάτες. Τέλος, τα λαχανικά θα πρέπει να μαγειρεύονται σε μικρή ποσότητα νερού (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Τζάκου, 1967· Melvin, 2003· Oberbeil, 2001· Parker, 2006· Ruston et al., 2004).

⁹ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_B1



Εικόνα 1.6: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης B1 (θειαμίνης).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από την ηλικία και υπολογίζεται στα 1 mg – 1,3 mg ημερησίως για τους άντρες, στα 0,9 mg – 1 mg ημερησίως για τις γυναίκες και στα 0,8 mg ημερησίως για τα παιδιά (Τζάκου, 1967· Ruston et al., 2004). Οι ανάγκες αυξάνονται κατά τη διάρκεια της κύησης, του θηλασμού και σε περίπτωση κάποιας πεπτικής ανωμαλίας ή κάποιας ανωμαλίας του συκωτιού (Parker, 2006).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

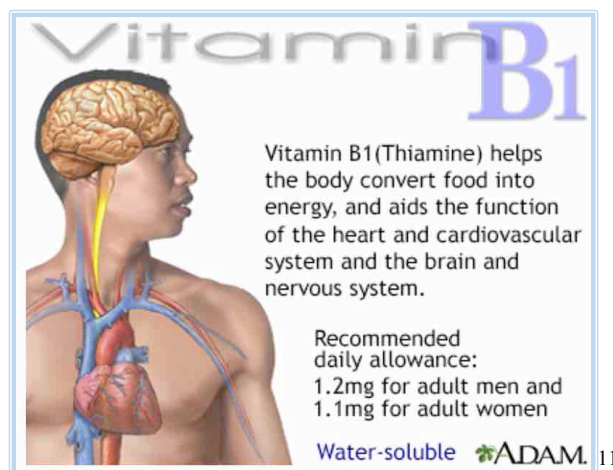
Η απορρόφηση της θειαμίνης από τον οργανισμό γίνεται στο δωδεκαδάκτυλο και στο πρόσθιο τμήμα της νηστίδας, είτε μέσω μηχανισμού ενεργού μεταφοράς, είτε μέσω μηχανισμού παθητικής διάχυσης. Εν συνεχεία, η θειαμίνη μεταφέρεται στο πλάσμα μέσω της πρωτεΐνης λευκωματίνης και αποθηκεύεται σε περιορισμένες ποσότητες στην καρδιά, στα νεφρά και στο ήπαρ. Τέλος, η θειαμίνη μετατρέπεται σε πυροφωσφορική θειαμίνη. Κυρία απεκκριτική οδός της θειαμίνης θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα (Μουντζούρης, 2002).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η θειαμίνη ενεργεί σαν συνένζυμο, με τη μορφή της διφωσφορικής θειαμίνης ή της πυροφωσφορικής θειαμίνης, βοηθώντας στη διαδικασία απελευθέρωσης ενέργειας από τη

¹⁰ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002401>

γλυκόζη. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών. Επίσης, είναι απαραίτητη για το σχηματισμό των ενζύμων των ιστών και επιδρά στη σωματική αύξηση. Είναι βασική για τη λειτουργία του νευρικού συστήματος και των μυών, συμπεριλαμβανομένου και του μυοκαρδίου. Είναι απαραίτητη για τη σύνθεση της ακετυλοχολίνης (έλλειψη της οποίας συνδέεται με νευρολογικές διαταραχές), των πεντοζών και του NADPH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate). Αποτρέπει την εμφάνιση μυικών σπασμών. Έχει αντιοξειδωτική δράση και είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η εξωτερική μεμβράνη των εγκεφαλικών κυττάρων σε καλή κατάσταση. Βοηθάει το πεπτικό σύστημα να διατηρήσει το μυϊκό του τόνο και συντελεί στον έλεγχο της έκκρισης υδροχλωρικού οξέος από το στομάχι, το οποίο είναι απαραίτητο για τη σωστή πέψη και αφοδευση. Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις ότι οφελεί τους καπνιστές, όσους καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες αλκοόλ, τους φορείς του ιού HIV και όσους πάσχουν από τη Νόσο Alzheimer (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Guthrie, 1983· Karlson et al., 1993· Melvin, 2003· Parker, 2006).



Εικόνα 1.7: Τα οφέλη της βιταμίνης B1 (θειαμίνης).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Η έλλειψη της θειαμίνης μπορεί να οδηγήσει στην ασθένεια Beri – Beri (πολυνευρίτιδα) με χρόνια περιφερειακή νευρίτιδα που μπορεί να συνδυαστεί με ανωμαλίες στο μεταβολισμό. Τα πρόδρομα συμπτώματα της ασθένειας Beri – Beri είναι μυϊκή αδυναμία, κόπωση, κατακράτηση υγρών, αϋπνία, ανορεξία, δυσπεψία, πονοκέφαλος, ναυτία, απώλεια βάρους,

¹¹ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002401>

νευρικότητα και ψυχικές διαταραχές. Επίσης, η έλλειψη θειαμίνης μπορεί να προκαλέσει έλλειψη αυτοσυγκέντρωσης, απώλεια μνήμης, δύσπνοια, ευερεθιστικότητα, οιδήματα, ταχυκαρδίες, καρδιακή ανακοπή, περιφερειακή νευροπάθεια, έλλειψη αντανεκλαστικής κίνησης στα γόνατα, στασιμότητα της ανάπτυξης και κατάθλιψη. Επιπλέον, η έλλειψη θειαμίνης σε συνδυασμό με τη χρόνια υπερκατανάλωση αλκοόλ μπορεί να οδηγήσει στο σύνδρομο Wernicke – Korsakoff (WKS), δηλαδή στη συνδυασμένη παρουσία της εγκεφαλοπάθειας Wernicke και της ψύχωσης Korsakoff. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται διανοητική σύγχυση, μεταβολές στους οφθαλμούς και την όραση, εγκεφαλοπάθεια και ψυχικές διαταραχές. Αυτό το σύνδρομο έχει συσχετιστεί με την παρουσία μιας γενετικής παραλλαγής της τρανσκετολάσης, η οποία απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες θειαμίνης για να δράσει (Briony, 2001· Expert Group on Vitamins and Minerals, 2003· Guthrie, 1983· Melvin, 2003· Parker, 2006).

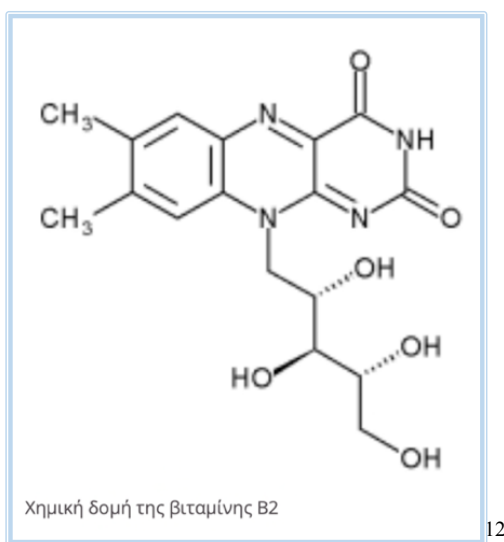
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Η υπερπρόσληψη θειαμίνης δεν φαίνεται να έχει τοξικές παρενέργειες, εκτός ίσως από γαστρεντερικές διαταραχές, οιδήματα, εξανθήματα, ερυθρότητα του δέρματος και γενικότερα δερματολογικά συμπτώματα κατά τη λήψη μεγάλων δόσεων από το στόμα. Λόγω της υδατοδιαλυτότητάς της η πλεονάζουσα ποσότητα, από την απαιτούμενη, απεκκρίνεται μέσω του ουροποιητικού συστήματος (Briony, 2001· Expert Group on Vitamins and Minerals, 2003· Oberbeil, 2001).

1.2.2 Βιταμίνη B2 ή Ριβοφλαβίνη

Μέχρι το 1927, είχε πραγματοποιηθεί μία σειρά πειραμάτων από τον Αμερικανό βιοχημικό Elmer Verner McCollum (1879 – 1967) και από άλλους επιστήμονες αποδεικνύοντας ότι η υδατοδιαλυτή βιταμίνη B αποτελείται από δύο μέρη, τον αντινευριτικό παράγοντα B1 (θειαμίνη) και τον πιο θερμοσταθερό παράγοντα B2 (Northrop – Clewes & Thurnham, 2012). Το 1932, ο Ούγγρος βιοχημικός, διατροφολόγος και παιδίατρος Paul György (1893 – 1976) ανακάλυψε ότι ο θερμοσταθερός παράγοντας B2 δεν ήταν μία ενιαία ουσία, αλλά επρόκειτο για ένα σύμπλεγμα που αποτελείτο από δύο παράγοντες, τον παράγοντα της ανάπτυξης (ριβοφλαβίνη) και τον αντιπελλαργικό παράγοντα (βιταμίνη B6) (György, 1935). Ο György σε συνεργασία με τον Αυστριακό – Γερμανό βιοχημικό Richard Johann

Kuhn (1900 – 1967) και τον Αυστριακό ιατρό Julius Wagner – Jauregg (1857 – 1940) παρατήρησαν ότι οι αρουραίοι, των οποίων η διατροφή δεν περιελάμβανε τον παράγοντα B2, δεν έπαιρναν βάρος. Η απομόνωση του παράγοντα B2 από ζυμομύκητες (μαγιά) αποκάλυψε την παρουσία μίας κίτρινο – πράσινης φθορίζουσας ουσίας. Όταν οι αρουραίοι τροφοδοτήθηκαν με αυτή την ουσία, τότε παρατηρήθηκε ότι αποκαταστάθηκε η ανάπτυξή τους. Αυτή η φωτεινή κίτρινο – πράσινη ουσία ήταν γνωστή από το 1879, όταν την πρωτοπαρατήρησαν κάποιοι επιστήμονες, με τη βοήθεια του μικροσκοπίου, στο γάλα και την ανέφεραν ως μία «κίτρινη ζύμωση οξείδωσης», αλλά δεν κατάφεραν να ανακαλύψουν τη λειτουργία της. Τότε, οι György, Kuhn και Wagner – Jauregg πρότειναν το όνομα «flavin» από το κίτρινο χρώμα της (Swaminathan, 1942). Το 1933, απομονώθηκε για πρώτη φορά η κρυσταλλική φλαβίνη από το γάλα και πήρε το όνομα λακτοφλαβίνη. Στη συνέχεια, απομονώθηκαν και άλλες παρόμοιες ενώσεις, όπως από το συκώτι (επτοφλαβίνη) και από το ασπράδι του αυγού (ωοφλαβίνη). Όλες αυτές οι ενώσεις ήταν χημικά ταυτόσημες και το 1937 υιοθετήθηκε το όνομα «ριβοφλαβίνη» από το Συμβούλιο Φαρμακευτικής και Χημείας της Αμερικανικής Ιατρικής Ένωσης (Northrop – Clewes & Thurnham, 2012).



Εικόνα 1.8: Η χημική δομή της βιταμίνης B2 (ριβοφλαβίνης).

Την ονομασία αυτή την πήρε από τη σακχαροαλκοόλη D – ριβιτόλη, που είναι μέρος του μορίου της και από το κιτρινωπό (flavin) χρώμα της, που έχει όταν βρίσκεται στην οξειδωμένη της μορφή. Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη. Η βιταμίνη B2 ή

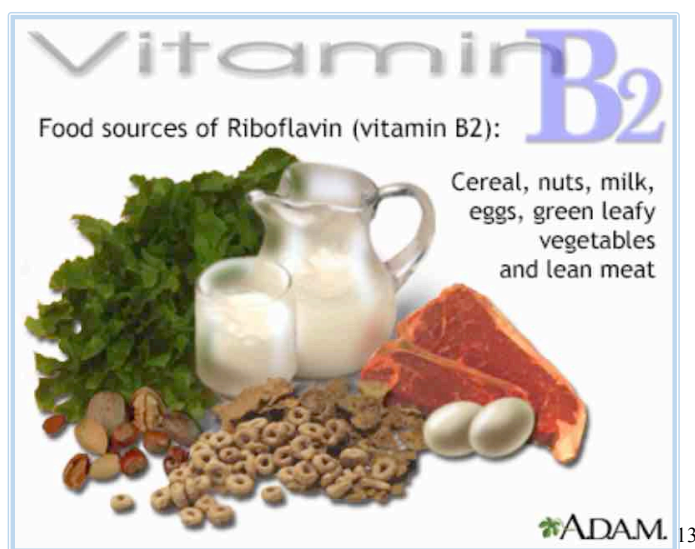
¹² Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_B2

ριβοφλαβίνη έχει το σκελετό μίας βενζοπτεριδίνης, πιο συγκεκριμένα μιας 7, 8 – διμεθυλο – ισαλλοξαζίνης ενωμένης στη 10 – θέση με μία 1' – ριβιτόλη υπό απόσπαση ενός μορίου νερού. Η ριβοφλαβίνη αποτελεί την κυρίως βιταμίνη B2, αλλά μαζί με τη νιασίνη, το φολικό οξύ και το παντοθενικό οξύ αναφέρονται συνήθως ως «σύμπλεγμα βιταμίνης B2», διότι οι ουσίες αυτές έχουν παρόμοια βιταμινική δράση (Ανδρικόπουλος, 2015· Karlson et al., 1993).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η πρόσληψη της ριβοφλαβίνης γίνεται από όλα σχεδόν τα τρόφιμα ζωικής και φυτικής προέλευσης, όπως συμβαίνει και με τη θειαμίνη. Κύριες πηγές της ριβοφλαβίνης θεωρούνται το συκώτι, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, τυρί, γιαούρτι, κρέμα γάλακτος, παγωτό), το ασπράδι του αυγού, το κρέας (βόειο), τα πουλερικά, τα ψάρια, τα αυγά των ψαριών, τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (φασολάκια, αρακάς, σπανάκι, μπρόκολο, σπαράγγια), τα φρούτα (αβοκάντο), οι ξηροί καρποί, τα όσπρια (φασόλια), τα δημητριακά με το φλοιό τους, το αλεύρι σόγιας, το σιτάλευρο, το πίτουρο, το ψωμί, η μαγιά της μύρας, τα μανιτάρια, ο βασιλικός πολτός, το τσάι. Στα παραπάνω τρόφιμα η ριβοφλαβίνη υπάρχει είτε στην καθαρή της μορφή, είτε σαν άλας ενωμένη με φωσφορικό οξύ, είτε σαν φλαβοπρωτεΐνη. Στα περισσότερα τρόφιμα βέβαια περιέχεται με τη μορφή φλαβινোসυνενζύμων συνδεδεμένων με ένζυμα. Η ριβοφλαβίνη καταστρέφεται από το ηλιακό φως και τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το γάλα δεν πρέπει να παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα εκτεθειμένο στον ήλιο, διότι λόγω της ευαισθησίας της ριβοφλαβίνης στην υπεριώδη ακτινοβολία καταστρέφεται. Επίσης, καταστρέφεται με την επεξεργασία των τροφίμων (προοδευτική ψύξη, απόψυξη, αφυδάτωση, κονσερβοποίηση) (Μουντζούρης, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980· Ruston et al., 2004· Veasey et al., 2015).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη υπολογίζεται στα 1,8 mg – 2,1 mg ημερησίως για τους άντρες και στα 1,3 mg – 1,6 mg ημερησίως για τις γυναίκες. Κατά τη διάρκεια της κύησης οι ανάγκες αυξάνονται κατά 0,2 mg ημερησίως, ενώ κατά τη διάρκεια του θηλασμού αυξάνονται κατά 0,4 mg ημερησίως (Ζερφυρίδης, 1998· Ruston et al., 2004).



Εικόνα 1.9: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης B2 (ριβοφλαβίνης).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της ριβοφλαβίνης από τον οργανισμό γίνεται στο δωδεκαδάκτυλο, μέσω μηχανισμού ενεργού μεταφοράς. Σχεδόν σε όλους τους ιστούς πραγματοποιείται η μετατροπή της ριβοφλαβίνης στα συνένζυμά της FMN (Flavin Mononucleotide) και FAD. Η ριβοφλαβίνη που απορροφάται στο λεπτό έντερο απελευθερώνεται από την υδρόλυση των συνενζύμων από τις εντερικές φωσφατάσες. Η ριβοφλαβίνη αποθηκεύεται σε περιορισμένες ποσότητες στον οργανισμό. Όταν η πρόσληψη ριβοφλαβίνης είναι μικρότερη από την απαιτούμενη, τότε ο οργανισμός την συντηρεί στους ιστούς. Όταν η πρόσληψη ριβοφλαβίνης είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για το μεταβολισμό, τότε οι πλεονάζουσες ποσότητες αποβάλλονται μέσω του ουροποιητικού συστήματος (Guthrie, 1983).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η ριβοφλαβίνη είναι αναγκαία για την απελευθέρωση ενέργειας από πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λίπη. Βοηθάει στη διατήρηση του υγιούς δέρματος, των μαλλιών, των ματιών και του νευρικού συστήματος. Παίζει το ρόλο του αντιοξειδωτικού. Είναι απαραίτητη για την αντίσταση του οργανισμού στις μολύνσεις. Προφυλάσσει τον πεπτικό και τον αναπνευστικό βλεννογόνο, αλλά και τα όργανα κυκλοφορίας και έκκρισης. Προάγει

¹³ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002411>

τη σωστή ανάπτυξη. Αποτελεί βασικό παράγοντα ζωτικότητας και μακροβιότητας. Μπορεί να θεραπεύσει την ακμή, καθώς επίσης και τις διάφορες φλεγμονώδεις διαταραχές στα χείλη. Δρα ως συνένζυμο στην κατάλυση πολλών οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων, όπως η αναπνευστική αλυσίδα, ο κύκλος του Krebs, η οξείδωση των λιπαρών οξέων και των αμινοξέων. Συμμετέχει στη ρύθμιση της σύνθεσης σημαντικών ορμονών για τον οργανισμό, όπως είναι η αυξητική ορμόνη, η ινσουλίνη και η θυροξίνη. Είναι απαραίτητη για την αναγέννηση των κυττάρων, όπως των ερυθρών αιμοσφαιρίων που εμπλέκονται στη σύνθεση του DNA (Deoxyribonucleic Acid, Δεοξυριβονουκλεϊκό Οξύ) και στη διατήρηση του στρώματος της μυελίνης. Σχετίζεται με το αμινοξύ της ομοκυστεΐνης, το οποίο συσχετίζεται και ενισχύει την καρδιαγγειακή νόσο και την άνοια (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Guthrie, 1983· Parker, 2006· Veasey et al., 2015).



Εικόνα 1.10: Τα οφέλη της βιταμίνης B2 (ριβοφλαβίνης).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Μεμονωμένη έλλειψη ριβοφλαβίνης, ανεξάρτητα από ελλείψεις άλλων βιταμινών του συμπλέγματος B, είναι σπάνια. Σε χώρες με κανονικό επίπεδο διατροφής έχει βρεθεί ότι είναι σχεδόν ανύπαρκτα τα συμπτώματα σοβαρής έλλειψης ριβοφλαβίνης, σε αντίθεση με τον πληθυσμό των αναπτυσσόμενων χωρών, όπου παρουσιάζονται προβλήματα τυφλώσεων, λόγω του ότι απουσιάζει η ριβοφλαβίνη από το διαιτολόγιό τους. Έλλειψη ριβοφλαβίνης εμφανίζεται συνήθως σε όσους κάνουν μακροχρόνια χρήση βαρβιτουρικών, στους αλκοολικούς, στις γυναίκες που παίρνουν αντισυλληπτικά και σε όσους κάνουν

¹⁴ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002411>

αλόγιστα δίαιτες. Έλλειψη της ριβοφλαβίνης ή αριβοφλαβίνωση προκαλεί ποικίλα δερματικά προβλήματα και αλλοιώσεις στις επιφάνειες της στοματικής κοιλότητας. Συχνότερα παρουσιάζεται υπερκεράτωση (υπερπλασία του δέρματος), έκζεμα, ψωρίαση γύρω από το πρόσωπο, εξανθήματα (ερεθισμός του δέρματος), σμηγματοροϊκή δερματίτιδα, ακμή, γωνιακή χειλίτιδα (σκάσιμο του δέρματος στις άκρες του στόματος), πρησμένα χείλη, δυσκαταποσία, γλωσσίτιδα (φλεγμονή της γλώσσας), ερυθρή γλώσσα με ατροφία των θηλών της, στοματίτιδα και ουλίτιδα (πρόβλημα στα ούλα). Επίσης, η έλλειψη ριβοφλαβίνης μπορεί να προκαλέσει αϋπνία, αδυναμία, ανορεξία, ζαλάδα, διαταραχές του γαστρεντερικού συστήματος, απώλεια βάρους, μειωμένη ικανότητα εκμάθησης, αλωπεκία, καθυστέρηση της ανάπτυξης, επιπεφυκίτιδα, κνησμό, ερεθισμό και αιμάτωμα των ματιών, θολή όραση, καταρράκτη, φωτοφοβία (υπερευαισθησία στο φως), στιγματισμό της ίριδας και συμφόρηση του κερατοειδούς. Η παρατεταμένη έλλειψη της ριβοφλαβίνης μπορεί να προκαλέσει ανωμαλίες στο μεταβολισμό του σιδήρου και κατ' επέκταση να εμφανιστεί αναιμία, θρομβοκυττοπενία, λευκοπενία ή νορμόχρωμη – νορμοκυτταρική αναιμία. Επίσης, κατά τη διάρκεια της κύησης μπορεί να παρατηρηθούν σκελετικές παραμορφώσεις του εμβρύου (Τζάκου, 1967· Finch et al., 1998· Oberbeil, 2001· Parker, 2006· Shils et al., 1999).

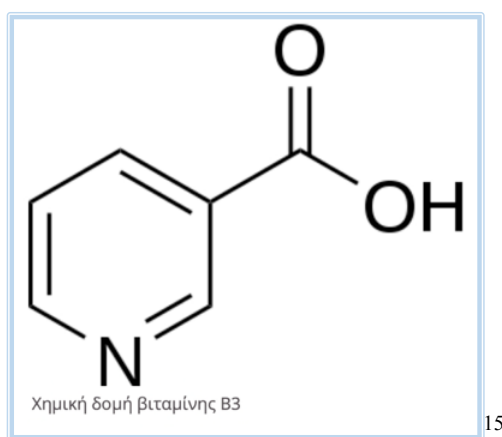
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Η υπερπρόσληψη ριβοφλαβίνης δεν φαίνεται να έχει τοξικές παρενέργειες, εκτός από τον αποχρωματισμό των ούρων (αβλαβής παρενέργεια) κατά τη λήψη μεγάλων δόσεων μέσω φαρμακευτικών σκευασμάτων. Λόγω της υδατοδιαλυτότητάς της η πλεονάζουσα ποσότητα, από την απαιτούμενη, απεκκρίνεται μέσω του ουροποιητικού συστήματος και του ιδρώτα (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Oberbeil, 2001· Veasey et al., 2015).

1.2.3 Βιταμίνη B3 ή Νιασίνη ή Νικοτινικό Οξύ ή Νικοτιναμίδιο ή Βιταμίνη PP ή Αντιπελλαργική

Το 1937, ο Αμερικανός βιοχημικός Conrad Arnold Elvehjem (1901 – 1962) ανακάλυψε την τρίτη βιταμίνη του συμπλέγματος B, τη βιταμίνη B3 ή νιασίνη. Η νιασίνη ανακαλύφθηκε αρχικά από την οξείδωση της νικοτίνης για να διαμορφώσει το νικοτινικό οξύ. Αναφέρεται επίσης και ως βιταμίνη PP (Pelagra Preventive, πρόληψη πελλάγρας) ή αντιπελλαργική. Με τον όρο αυτό εννοούνται δύο ενώσεις παράγωγα της πυριδίνης, το νικοτινικό οξύ (πυριδινό

– 3 – καρβοξυλικό οξύ) και το αμιδίο του, το νικοτιναμίδιο, που αποτελεί το ενεργό μέρος των συνενζύμων NAD και NADP (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate). Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που θεωρείται η πιο σταθερή από όλες τις βιταμίνες, αφού δεν επηρεάζεται από τον αέρα, τον ήλιο, τη θέρμανση και το αλκαλικό περιβάλλον. Απώλεια νιασίνης παρατηρείται μόνο κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος. Το νικοτιναμίδιο μπορεί να συντεθεί από το αμινοξύ τρυπτοφάνη (60 mg τρυπτοφάνης δίνουν 1 mg νιασίνης), παρουσία και άλλων θρεπτικών συστατικών, όπως είναι η θειαμίνη, η πυριδοξίνη και η βιοτίνη. Η σύνθεση αυτή αποτελεί τη βασική πηγή νιασίνης και NAD στον οργανισμό (Ανδρικόπουλος, 2015· Μουντζούρης, 2002· Πανέρας, 1996· Τζάκου, 1967· Melvin, 2003).



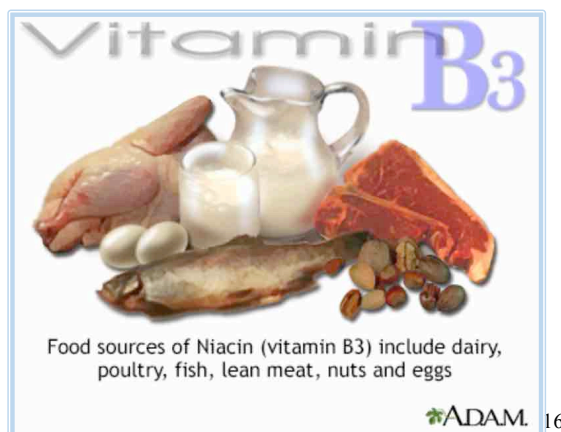
Εικόνα 1.11: Η χημική δομή της βιταμίνης B3 (νιασίνης).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η πρόσληψη της νιασίνης γίνεται σε μεγαλύτερο ποσοστό από τρόφιμα ζωικής προέλευσης, όπου υπάρχει ως νικοτιναμίδιο και σε μικρότερο ποσοστό από τρόφιμα φυτικής προέλευσης, όπου υπάρχει ως νικοτινικό οξύ και ως νικοτιναμίδιο. Κύριες πηγές της νιασίνης θεωρούνται το κόκκινο κρέας, τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά), τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, τυρί), το κουνέλι, τα πουλερικά (γαλοπούλα, κοτόπουλο), τα αυγά, τα ψάρια (τόνος), τα προϊόντα ολόκληρων δημητριακών, το αλεύρι σίτου, το καλαμποκάλευρο, η μαγιά της μύρας, οι ζύμες, το ψωμί ολικής άλεσης, ο αρακάς, τα μανιτάρια, τα όσπρια (φασόλια), οι πατάτες, οι ξηροί καρποί (φυστίκια, καρύδια, ηλιόσποροι), ο καβουρδισμένος καφές, ο βασιλικός πολτός. Στα δημητριακά υπάρχει το

¹⁵ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_B3

αμινοξύ τρυπτοφάνη (πρόδρομη ένωση της βιταμίνης B3), το οποίο μετατρέπεται σε νικοτινικό οξύ στον ανθρώπινο οργανισμό (Μουντζούρης, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Henderson et al., 2003· Oberbeil, 2001).



Εικόνα 1.12: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης B3 (νιασίνης).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη υπολογίζεται στα 13 mg – 18 mg ημερησίως. Κατά τη διάρκεια της κύησης και του θηλασμού οι ανάγκες δεν μεταβάλλονται (Πανέρας, 1996).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της νιασίνης από τον οργανισμό γίνεται στο λεπτό έντερο και οδηγείται στο ήπαρ μέσω της πυλαίας κυκλοφορίας, όπου και μετατρέπεται στο συνένζυμο NAD. Η νιασίνη αποθηκεύεται σε περιορισμένες ποσότητες στον οργανισμό. Κύρια απεκκριτική οδός της νιασίνης θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα (Παπανικολάου, 1997).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

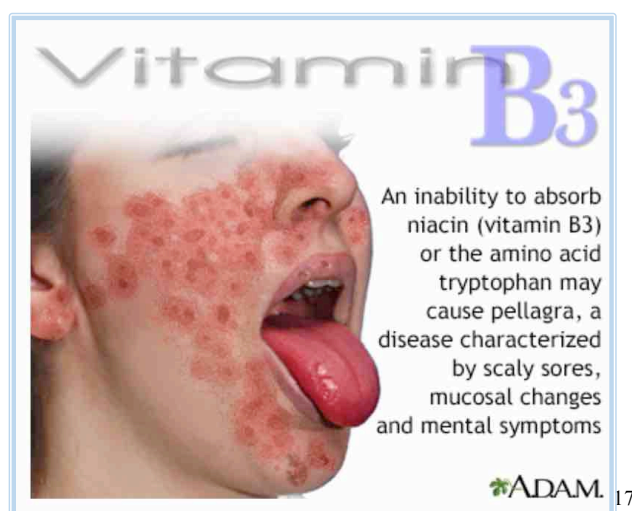
Η νιασίνη είναι απαραίτητη για την απελευθέρωση ενέργειας από θρεπτικές ουσίες, όπως είναι η γλυκόζη και τα λίπη. Επίσης, παίζει βασικό ρόλο στη σύνθεση πολλών σημαντικών ουσιών του οργανισμού, συμπεριλαμβανομένων και μερικών ορμονών. Τα συνένζυμα NAD και NADP παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε πολλές μεταβολικές οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις (κύκλος του Krebs, αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων, γλυκόλυση, διάσπαση των λιπαρών οξέων) και είναι υποδοχείς υδρογόνου. Προλαμβάνει την ασθένεια πελλάγρα.

¹⁶ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002409>

Διατηρεί το δέρμα υγιές. Είναι σημαντική για τη φυσιολογική λειτουργία του εντέρου. Ενισχύει το νευρικό σύστημα και βοηθάει στις ψυχικές και νευρικές διαταραχές, καθώς και στην αρθρίτιδα (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Τζάκου, 1967· Canong, 1995· Melvin, 2003).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Η έλλειψη νιασίνης εμφανίζεται κυρίως σε υποανάπτυκτους πληθυσμούς που χρησιμοποιούν σαν κύριο δημητριακό το καλαμπόκι, που είναι το σιτηρό με την πιο μικρή περιεκτικότητα σε νιασίνη και τρυπτοφάνη, αλλά και όσων η διατροφή είναι φτωχή σε ασβέστιο. Ενώ, ένας άλλος βασικός παράγοντας ανεπάρκειας νιασίνης είναι η υπερκατανάλωση αλκοόλ. Η συνδυασμένη έλλειψη νιασίνης και τρυπτοφάνης οδηγεί στην ασθένεια πελλάγρα, από τον ιταλικό όρο «pelle agra» που σημαίνει τραχύ δέρμα, με κύρια συμπτώματα τη μειωμένη όρεξη, την αδυναμία, τη ζαλάδα, την απώλεια βάρους, τη δυσπεψία, τις γαστρεντερικές ενοχλήσεις, τη διάρροια, την ευερεθιστότητα, την πνευματική διαταραχή, τις παραισθήσεις, τον αποπροσανατολισμό και τη φωτοευαίσθητη δερματίτιδα σαν εκτενές ηλιακό έγκαυμα που προκαλεί εξανθήματα. Η προχωρημένη έλλειψη περιλαμβάνει στοματίτιδα, γλωσσίτιδα, ξηροστομία, νευρικές διαταραχές, παράνοια, διανοητική σύγχυση και αδυναμία συγκέντρωσης (Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980· Guthie, 1983· Parker, 2006).



Εικόνα 1.13: Συμπτώματα έλλειψης βιταμίνης B3 (νιασίνης).

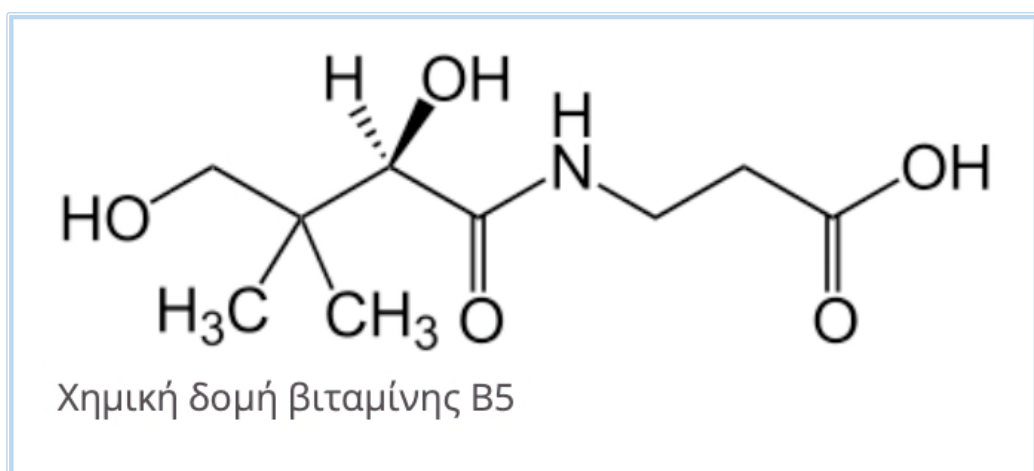
¹⁷ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002409>

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Η υπερπρόσληψη νιασίνης μπορεί να οδηγήσει σε πονοκεφάλους, ζαλάδες, λιποθυμίες, ναυτίες, κούραση, εμετό, κνησμό, δερματικά προβλήματα, διαταραχές του γαστρεντερικού, συστήματος, υπέρταση, αυξημένα επίπεδα ουρικού οξέος, πρήξιμο της γλώσσας. Ενώ, μπορεί να εμφανιστούν συμπτώματα τοξικότητας σε όσους λαμβάνουν συμπληρώματα νιασίνης, στα πλαίσια θεραπείας της υπερχοληστερολαιμίας. Σε περίπτωση ουρικής αρθρίτιδας, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται η υπερπρόσληψη νιασίνης, διότι μπορεί να αυξηθούν τα επίπεδα του ουρικού οξέος, ενώ στο πεπτικό έλκος μπορεί να συμβάλει στην ενεργοποίησή του και σε ηπατικές βλαβες, λόγω πιθανής επιδείνωσης. Υψηλές δόσεις νιασίνης θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται με ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις σακχαρώδη διαβήτη. Τέλος, υψηλές ποσότητες νιασίνης δρουν ως φάρμακο στο νευρικό σύστημα, στα λιπίδια και στη γλυκόζη του αίματος (Πανέρας, 1996· Oberbeil, 2001· Parker, 2006· Shils et al., 1999).

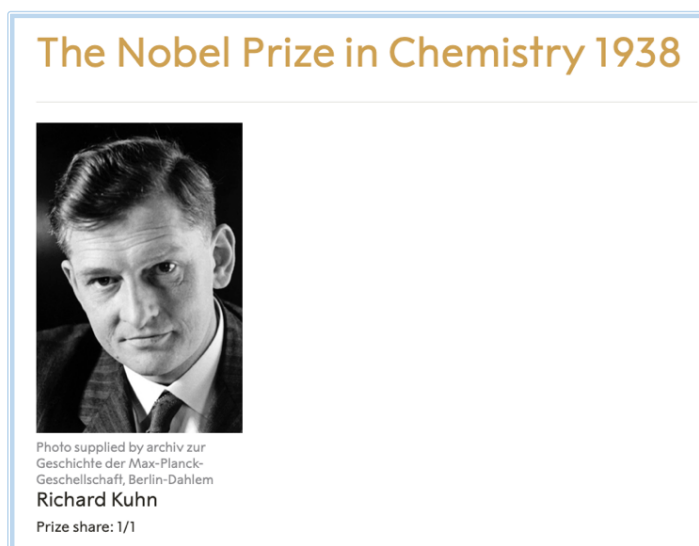
1.2.4 Βιταμίνη B5 ή Παντοθενικό Οξύ

Το 1939, ανακαλύφθηκε η βιταμίνη B5 ή παντοθενικό οξύ από τον Αυστριακό – Γερμανό βιοχημικό Richard Johann Kuhn (1900 – 1967) και το 1940 πραγματοποιήθηκε η εργαστηριακή της σύνθεση από τον Αμερικανό βιοχημικό Roger John Williams (1893 – 1988). Το παντοθενικό οξύ έχει δομή διπεπτιδίου με σύνδεση παντοϊνικού οξέος (2, 4 – διϋδροξυ – 3, 3 – διμεθυλο – βουτυρικού οξέος) με β' – αλανίνη υπό απόσπαση ενός μορίου νερού. Αποτελεί μέρος του CoA, το οποίο είναι βασικό συνένζυμο του μεταβολισμού στον οργανισμό και η παντοθενίνη μέρος του ενζυμικού συστήματος της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων. Το παντοθενικό οξύ είναι ένα οξύ που βρίσκεται παντού στο ζωικό και φυτικό βασίλειο, εξού και το όνομά του. Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που είναι ιδιαίτερος ευαίσθητη και καταστρέφεται με τη θερμότητα, το μαγείρεμα, το όξινο και το αλκαλικό περιβάλλον. Το παντοθενικό οξύ παράγεται και από τον οργανισμό. Έτσι γνωρίζουμε ότι τα κύτταρα του σώματος είναι ικανά να συνθέσουν CoA, που χρησιμοποιείται ως φορέας των λιπαρών οξέων, κατά τη β-οξειδωσή στα μιτοχόνδρια και κατά τη μετέπειτα οξείδωση των προϊόντων τους στον κύκλο του κιτρικού οξέος (Ανδρικόπουλος, 2015· Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Τζάκου, 1967· Canong, 1995· Guthie, 1983).



18

Εικόνα 1.14: Η χημική δομή της βιταμίνης B5 (παντοθενικό οξύ).



¹⁹ Ο Kuhn έλαβε το Νόμπελ του ένα χρόνο αργότερα, το 1939. Κατά τη διαδικασία επιλογής το 1938, η Επιτροπή Νόμπελ Χημείας αποφάσισε ότι καμία από τις υποψηφιότητες του έτους δεν πληρούσε τα κριτήρια που περιγράφονται στη διαθήκη του Alfred Bernhard Nobel. Σύμφωνα με το καταστατικό του Ιδρύματος Νόμπελ, το Βραβείο Νόμπελ μπορεί να διατηρηθεί σε μια τέτοια περίπτωση μέχρι το επόμενο έτος και το καθεστώς αυτό

εφαρμόστηκε στη συνέχεια. Ο Kuhn έλαβε λοιπόν το Νόμπελ του για το 1938 ένα χρόνο αργότερα, το 1939.

Εικόνα 1.15: Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1938 απονεμήθηκε στον Αυστριακό – Γερμανό βιοχημικό Richard Johann Kuhn για το έργο του στα καροτενοειδή και τις βιταμίνες.

¹⁸ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_B5

¹⁹ Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1938/summary/>

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η πρόσληψη του παντοθενικού οξέος γίνεται από όλα σχεδόν τα τρόφιμα ζωικής και φυτικής προέλευσης. Κύριες πηγές του παντοθενικού οξέος θεωρούνται το κρέας, τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά), τα πουλερικά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα), τα αυγά, τα ψάρια (σολομός), ο βασιλικός πολτός, η ακατέργαστη μελάσα, τα δημητριακά, τα φύτρα σιταριού, ο παπαρονόσπορος, το σιτάλευρο, το ρύζι, το ψωμί ολικής άλεσης, η μαγιά της μύρας, η σόγια, τα όσπρια, οι ξηροί καρποί (ηλίόσποροι, φυστίκια), τα φρούτα (αβοκάντο), τα φρέσκα λαχανικά (μπρόκολο, κουνουπίδι, αρακάς), τα μανιτάρια, οι πατάτες, οι ντομάτες. Τα τρόφιμα που επεξεργάζονται σε μεγάλο βαθμό χάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό του παντοθενικού οξέος τους (Κανάκης, 2003· Melvin, 2003· Parker, 2006· Säuberlich, 1999).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία και κυμαίνεται μεταξύ 3 mg – 6 mg ημερησίως. Κατά τη διάρκεια της κύησης και του θηλασμού οι ανάγκες αυξάνονται (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Το 85% του παντοθενικού οξέος υπάρχει ως συστατικό του CoA στα τρόφιμα. Κατά τη διαδικασία της πέψης το CoA υδρολύεται σε παντοθεινή και στη συνέχεια σε παντοθενικό οξύ. Υπολογίζεται ότι το 50% του προσλαμβανόμενου παντοθενικού οξέος είναι διαθέσιμο για απορρόφηση. Η απορρόφηση του παντοθενικού οξέος από τον οργανισμό γίνεται στη νήστιδα μέσω μηχανισμού παθητικής διάχυσης. Από τα εντεροκύτταρα το παντοθενικό οξύ εισέρχεται στην πυλαία κυκλοφορία και στη συνέχεια μεταφέρεται στα σωματικά κύτταρα. Το ελεύθερο παντοθενικό οξύ βρίσκεται στον ορό και στο πλάσμα του αίματος, αλλά οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του βρίσκονται στα ερυθροκύτταρα από τα οποία διαχέεται παθητικά. Η πρόσληψη του παντοθενικού οξέος διαφέρει από ιστό σε ιστό. Οι μύες, τα ηπατοκύτταρα και η καρδιά το προσλαμβάνουν με ενεργό μεταφορά, που εξαρτάται από το νάτριο. Ενώ, ο λιπώδης ιστός, το κεντρικό νευρικό σύστημα και τα νεφρά το προσλαμβάνουν με διευκολυνόμενη διάχυση. Μέσα στα κύτταρα το παντοθενικό οξύ μπορεί να συσσωρευθεί, αφού χρησιμοποιείται για τη σύνθεση και την επανασύνθεση του CoA, το οποίο βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην καρδιά, στα νεφρά, στο ήπαρ και στα επινεφρίδια (Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το παντοθενικό οξύ δυναμώνει τους αδένες που παράγουν αδρεναλίνη και βελτιώνει την παραγωγή κορτιζόνης, ενισχύοντας την άμυνα του οργανισμού κατά του πνευματικού και του σωματικού στρες. Είναι το λειτουργικό συστατικό του CoA και έχει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών παράγοντας ενέργεια και συντελώντας στη βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων και άλλων ενώσεων. Συμβάλλει στη μείωση των αλλεργικών αντιδράσεων του αναπνευστικού και του πεπτικού συστήματος. Εξαλείφει τις μολύνσεις και επιταχύνει την ανάρρωση από διάφορες αρρώστιες. Προλαμβάνει την αναιμία. Είναι απαραίτητο για τη σωστή ανάπτυξη και την καλή υγεία του δέρματος, ενώ έχει συσχετιστεί και με το άσπρισμα των μαλλιών. Μπορεί να προλάβει το πρόωρο γήρας (ρυτίδες) και να προφυλάξει το σώμα από βλάβες προερχόμενες από τις διάφορες ακτινοβολίες. Είναι απαραίτητο στις αντιδράσεις μεθυλίωσης και παίρνει μέρος στη σύνθεση του DNA και του RNA (Ribonucleic Acid), παίζοντας σημαντικό ρόλο στη διαίρεση των κυττάρων (Τζάκου, 1967· Briony, 2001).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

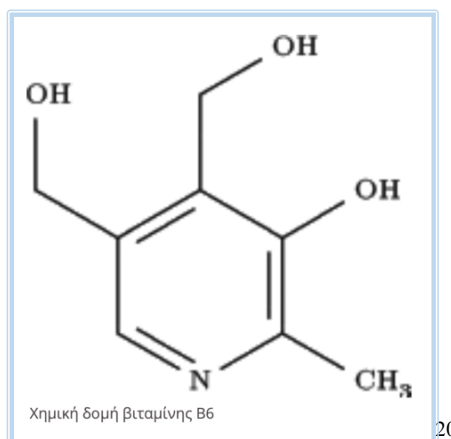
Δεδομένου ότι το παντοθενικό οξύ υπάρχει παντού στη φύση δεν έχουν αναφερθεί συμπτώματα έλλειψής του, παρά μόνο σε κάποιους υποανάπτυκτους πληθυσμούς. Δεδομένου ότι υπάρχει μία στενή σχέση ανάμεσα στο παντοθενικό οξύ και στη ριβοφλαβίνη, τα φαινόμενα έλλειψης παντοθενικού οξέος συγχέονται με τα αντίστοιχα φαινόμενα έλλειψης ριβοφλαβίνης που παρουσιάζονται με τη μορφή οδυνηρής εγκαυματικής αισθήσεως στα γόνατα και στους αγκώνες. Άλλα σοβαρά συμπτώματα είναι η ανορεξία, η δυσπεψία, η αιπνία, ο εμετός, η ζάλη, η κεφαλαλγία, η δυσκοιλιότητα, η κόπωση, η μυϊκή αδυναμία, οι μεταβολικές διαταραχές, η ρευματική αρθρίτιδα, οι κράμπες, η ορθοστατική υπόταση, οι αλλεργικές δερματικές αντιδράσεις, οι καταστάσεις άγχους, η μελαγχολία, ο παραλυτικός ειλεός, η φαλάκρα, το γκριζάρισμά ή το άσπρισμα των μαλλιών (Πανέρας, 1996· Shils et al., 1999).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Η υπερπρόσληψη παντοθενικού οξέος ενδέχεται να προκαλέσει τοξικότητα με κύρια συμπτώματα τη ναυτία, τις κοιλιακές διαταραχές (διάρροια), την κατακράτηση υγρών, την αναπνευστική ανεπάρκεια, τα νευρολογικά προβλήματα (Briony, 2001).

1.2.5 Βιταμίνη B6 ή Πυριδοξίνη ή Αδερμίνη

Ο Ούγγρος βιοχημικός, διατροφολόγος και παιδίατρος Paul György (1893 – 1976), κατά τη διάρκεια των πειραμάτων του για τη ριβοφλαβίνη, παρατήρησε ότι οι αρουραίοι που τρέφονταν μόνο με θειαμίνη παρουσίαζαν συμπτώματα παρόμοια με εκείνα της πελλάγρας, ακόμη και όταν τους χορηγούσαν καθαρή ριβοφλαβίνη. Τα συμπτώματα υποχωρούσαν μόνο όταν οι αρουραίοι κατανάλωναν τροφές που προέρχονταν από ζυμομύκητες (μαγιά) χωρίς φλαβίνη. Ενώ, οι αρουραίοι που λάμβαναν αυτό το εκχύλισμα χωρίς ριβοφλαβίνη δεν παρουσίαζαν συμπτώματα παρόμοια με της πελλάγρας, αλλά δεν έπαιρναν και βάρος, μέχρι να προστεθεί στη διατροφή τους η ριβοφλαβίνη. Αυτές οι παρατηρήσεις επιβεβαίωναν την παρουσία ενός νέου παράγοντα κατά της πελλάγρας, που ήταν βιολογικά διαφορετικός από τη ριβοφλαβίνη (György & Eckardt, 1940). Το 1934, ο György ονόμασε αυτόν το νέο παράγοντα βιταμίνη B6, για να τον διακρίνει από τις υπόλοιπες βιταμίνες B. Το 1936, ο György και ο συνάδελφος του Thomas William Birch κατάφεραν να απομονώσουν τη βιταμίνη B6 από τα ψάρια και το φύτρο του σιταριού (Birch & György, 1936· György, 1938).



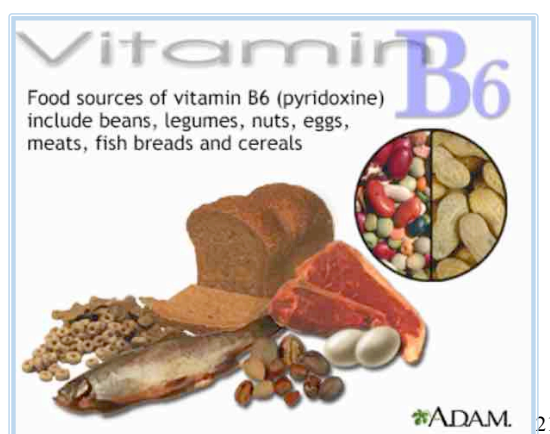
Εικόνα 1.16: Η χημική δομή της βιταμίνης B6 (πυριδοξίνης).

²⁰ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_B6

Η βιταμίνη B6 ή πυριδοξίνη ή αδερμίνη αποδίδεται σε τρία παράγωγα της 2 – μέθυλο – πυριδίνης, την πυριδοξάλη (αλδεϋδη), την πυριδοξόλη ή πυριδοξίνη (αλκοόλη) και την πυριδοξαμίνη (αμίνη). Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που είναι σταθερή στο φως, αλλά καταστρέφεται με την θερμότητα και την οξείδωση. Η βιταμίνη B6 είναι πολύ διαδεδομένη στο φυτικό και στο ζωικό βασίλειο με πλέον σταθερή την πυριδοξόλη. Στον ανθρώπινο οργανισμό απαντάται ως φωσφορική πυριδοξάλη και ως φωσφορική πυριδοξαμίνη (Ανδρικόπουλος, 2015· Baynes & Dominiczak, 2002· Karlson et al., 1993· Melvin, 2003).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η βιταμίνη B6 βρίσκεται σε μία πλειάδα τροφίμων. Κύριες πηγές της βιταμίνης B6 θεωρούνται το κρέας (μοσχάρι, χοιρινό), τα πουλερικά (κοτόπουλο), τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά), τα ψάρια (φρέσκος βακαλάος), τα θαλασσινά, τα προϊόντα ολόκληρων δημητριακών, η ζύμη, τα φύτρα των δημητριακών, το πίτουρο, η βρώμη, το σκούρο ρύζι, η μαγιά της μύρας, το καλαμπόκι, ο βασιλικός πολτός, η μαύρη μελάσα, η σόγια, τα φρούτα (μπανάνες, πεπόνια, αβοκάντο, φυσικός χυμός πορτοκαλιού), τα όσπρια (φασόλια, ρεβύθια), οι ξηροί καρποί (καρύδια, αμύγδαλα, ηλιόσποροι, φυστίκια, φουντούκια), οι πατάτες. Πιο φτωχές πηγές της βιταμίνης B6 θεωρούνται τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα), ο κρόκος του αυγού, τα σταυρανθή λαχανικά (μαρούλι, λάχανο) (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Baynes & Dominiczak, 2002· Gregory, 1997· Melvin, 2003).



Εικόνα 1.17: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης B6 (πυριδοξίνης).

²¹ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002402>

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία και κυμαίνεται γύρω στα 10 mg – 15 mg ημερησίως για τους ενήλικες. Κατά τη διάρκεια της κύησης και του θηλασμού οι ανάγκες αυξάνονται (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

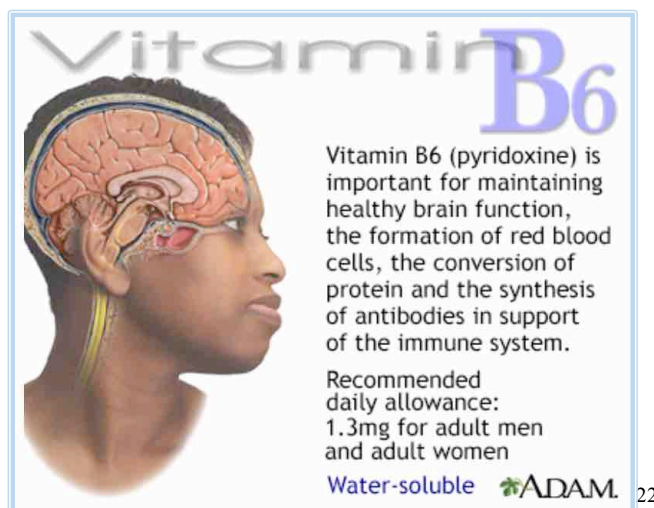
Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η πυριδοξάλη, η πυριδοξίνη και η πυριδοξαμίνη απορροφώνται μέσω μηχανισμού παθητικής διάχυσης, όταν αποφωσφορυλιώνονται οι φωσφορικές ενώσεις της βιταμίνης Β6 από την αλκαλική φωσφατάση της μεμβράνης των επιθηλιακών κυττάρων του λεπτού εντέρου. Η βιταμίνη Β6 αποθηκεύεται στο ήπαρ και η φωσφορική πυριδοξάλη μεταφέρεται σε συνδυασμό με την αιμοσφαιρίνη μέσα στα ερυθροκύτταρα και συνδεδεμένη με τη λευκωματίνη μέσα στο πλάσμα. Κυρία απεκκριτική της οδός θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα (Guthie, 1983).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιταμίνη Β6 είναι αναγκαία για το σχηματισμό αιμογλομπίνης, που προλαμβάνει την αναιμία. Είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών. Απαιτείται για να ρυθμιστούν οι λειτουργίες των κυττάρων στο νευρικό σύστημα. Συμβάλλει στη νεογλυκογένεση στο ήπαρ και στη διάσπαση του γλυκογόνου των μυών. Συμμετέχει σε περισσότερα από 60 ένζυμα και σε λειτουργίες όπως είναι η ενσωμάτωση των αμινοξέων σε πρωτεΐνες (αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη), η σύνθεση των μη απαραίτητων αμινοξέων, η μετατροπή της τρυπτοφάνης σε νιασίνη και ο σχηματισμός νευροδιαβιβαστών (σεροτονίνη, αδρεναλίνη, νοραδρεναλίνη). Διατηρεί το δέρμα υγιές. Παίζει σημαντικό ρόλο στην αναστολή της έκκρισης της προλακτίνης και καταπραΰνει το προεμμηνορροϊκό σύνδρομο. Είναι ωφέλιμη στις πρωινές ναυτίες κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, στην κατάθλιψη μετά τον τοκετό, στην καταπολέμηση του άγχους, στη νευρικότητα, στις ορμονικές διαταραχές, στην αναζωογόνηση του ανοσοποιητικού συστήματος και στις αλλεργίες.. Είναι διουρητική, βοηθώντας στην αποβολή των περιττών υγρών από τον οργανισμό και είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική λειτουργία του εγκεφάλου, του μυϊκού και του νευρικού συστήματος. Είναι ιδιαίτερα ευεργετική σε άτομα τα οποία είναι επιρρεπή σε καταθλιπτικές τάσεις και εκδηλώνουν ψυχικές διαταραχές. Είναι αναγκαία για την παραγωγή του μαγνησίου και του υδροχλωρικού οξέος και απαραίτητη για την απορρόφηση

της βιταμίνης B12 και του ψευδαργύρου (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Baynes & Dominiczak, 2002· Briony, 2001· Gibson, 1990· Henderson et al., 2003· Melvin, 2003).



Εικόνα 1.18: Τα οφέλη της βιταμίνης B6 (πυριδοξίνης).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Ανεπάρκεια της βιταμίνης B6 είναι σπάνια στις μέρες μας και εμφανίζεται συνήθως σε περιπτώσεις ασθενών οι οποίοι λαμβάνουν φάρμακα ανταγωνιστές της πυριδοξίνης, όπως είναι το αντιφυματικό ισονιαζίδιο, η υδραλαζίνη, η θεοφυλλίνη, η κυκλοσερίνη και η πενικιλλαμίνη. Επίσης, μπορεί να εμφανιστεί στα παιδιά των μητέρων που έπαιρναν μεγάλες δόσεις φαρμάκων για την αντιμετώπιση της ναυτίας κατά τη διάρκεια της κύησης τους, αλλά και στις γυναίκες που παίρνουν αντισυλληπτικά. Η έλλειψη της βιταμίνης B6 προκαλεί πονοκέφαλο, νευρική κατάσταση, διάρροια, αδυναμία, αϋπνία, δυσκολία στο περπάτημα, σκελετικές αλλαγές, ανασχεση της ανάπτυξης, έντονη δερματίτιδα, ψωρίαση του δέρματος και του προσώπου, γωνιώδης στοματίτιδα, γλωσσίτιδα, χείλωση, πνευματική κατάπτωση, ελλειπτικούς σπασμούς, άσθμα στα παιδιά, ενδομυελική αιμόλυση, μη αύξηση του σωματικού βάρους των μωρών, πρησμένες απολήξεις νεύρων, δακτύλων και αστραγάλων, πρησμένη κοιλιά, ενοχλήσεις στο στήθος, καρδιακές ανωμαλίες, ευαισθησία στις μολύνσεις. Η προχωρημένη ανεπάρκεια μπορεί να προκαλέσει ευερεθιστότητα,

²² Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002402>

σπασμούς, ίλιγγο, ελαφριά κατάθλιψη, περιφερική νευροπάθεια, νευρίτιδα (φλεγμονή των νευρών και των άκρων), πέτρα στα νεφρά, μικροκυτταρική αναιμία (ανεπαρκής σύνθεση αιμοσφαιρίνης) και στεφανιαία νόσο (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Guthie, 1983).

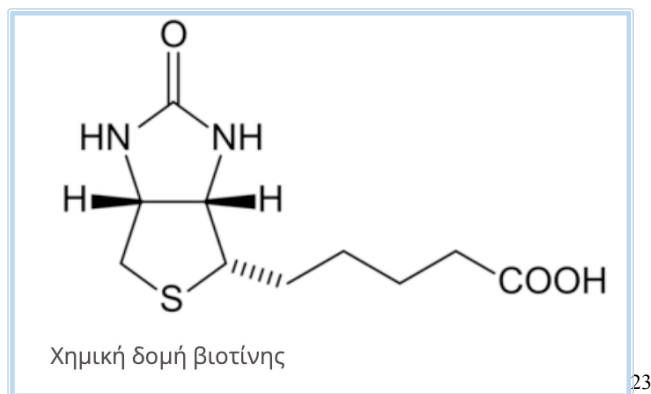
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Η υπερπρόσληψη βιταμίνης Β6 έχει τοξικές επιδράσεις στο νευρικό σύστημα, αλλά είναι σχετικά ακίνδυνη από πλευράς δηλητηρίασης. Οι υψηλές δόσεις βιταμίνης Β6 μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές κινητικές δυσκολίες και βλάβες των νευρών, όπως μούδιασμα και κνησμός των χεριών και των ποδιών, μείωση ή απώλεια των αντανακλαστικών αντιδράσεων, ασταθές βάδισμα και νευρικότητα. Επίσης μπορεί να παρουσιαστεί αδυναμία, ζάλη, ναυτία, παραισθήσεις, ευαισθησία των μαστών, φωτοευαισθησία κατά την έκθεση στον ήλιο, επιδείνωση της ακμής (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Guthie, 1983).

1.2.6 Βιταμίνη Β7 ή Βιοτίνη ή Βιταμίνη Η

Μέχρι το 1927, πολλοί επιστήμονες όπως η Αμερικανίδα βιοχημικός και διατροφολόγος Helen Tracy Parsons (1886 – 1977) είχαν πραγματοποιήσει μία σειρά πειραμάτων που σχετίζονταν με τα συμπτώματα από «τη βλάβη» στο ασπράδι του αυγού. Είχαν παρατηρήσει ότι οι αρουραίοι που τρέφονταν με ασπράδι αυγού (ως μοναδική πηγή πρωτεΐνης) παρουσίαζαν δερματίτιδα, νευρολογική δυσλειτουργία και θάνατο σε σύντομο χρονικό διάστημα (Parsons & Kelly, 1980). Το 1933, ο Ούγγρος βιοχημικός, διατροφολόγος και παιδίατρος Paul György (1893 – 1976) ξεκίνησε να έρευνα τον παράγοντα που ευθύνεται για «τη βλάβη» στο ασπράδι του αυγού. Το 1939 ο György κατάφερε να τον εντοπίσει και να τον απομονώσει, αποκαλώντας τον βιταμίνη Η (György, 1939· György, Kuhn, & Lederer, 1939). Μέχρι τότε πολλές διαφορετικές ομάδες επιστημόνων είχαν απομονώσει την ίδια ένωση και της είχαν προσδώσει διάφορα ονόματα (το 1936 οι Kögl και Tönnis βιοτίνη, το 1939 ο West συνένζυμο R) (West & Wilson, 1939). Το 1940, αναγνωρίστηκε ότι όλες οι ενώσεις ήταν ταυτόσημες και πήραν το όνομα βιοτίνη (György, Rose, Hofmann, Melville, & Vigneaud, 1940). Το 1941, ο György δημοσίευσε ότι «η βλάβη» στο ασπράδι του αυγού, ήταν αποτέλεσμα της δέσμευσης της βιοτίνης από την πρωτεΐνη αβιδίνη (György & Rose, 1943· György, Rose, Eakin, Snell, & Williams, 1941). Η βιταμίνη Β7 ή βιοτίνη έχει δικυκλικό μόριο που έχει προκύψει από τη συνένωση ενός

ιμιδαζολικού και ενός θειολικού δακτυλίου. Λόγω του καρβοξυλίου ανήκει στα οργανικά οξέα. Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που είναι ευκολοδιάλυτη και δεν επηρεάζεται από τη θερμότητα. Αποτελεί βασική θρεπτική ουσία για τους ανθρώπους, τα ζώα και όλους τους μικροοργανισμούς. Στα τρόφιμα βρίσκεται ενωμένη με τις πρωτεΐνες από τις οποίες ελευθερώνεται με ενζυματική υδρόλυση, κατά την πέψη (Ανδρικόπουλος, 2015· Μουντζούρης, 2002).



Εικόνα 1.19: Η χημική δομή της βιταμίνης B7 (βιοτίνης).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η πρόσληψη της βιοτίνης γίνεται σε μικρές ποσότητες τόσο από τρόφιμα ζωικής προέλευσης, όσο και από τρόφιμα φυτικής προέλευσης. Κύριες πηγές της βιοτίνης θεωρούνται τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά), το μυαλό, το κρέας (μοσχάρι), το κοτόπουλο, ο κρόκος του αυγού, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, τυρί), η σοκολάτα, τα ψάρια, τα μανιτάρια, η μαγιά της μύρας, τα δημητριακά, το καλαμπόκι, το σιτάλευρο, το ψωμί, η μελάσα, τα φρούτα (μπανάνες), τα όσπρια, οι ξηροί καρποί (φυστίκια), τα λαχανικά (σπανάκι, λάχανο, κουνουπίδι) (Ζερφυρίδης, 1998· Πανέρας, 1996).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της βιοτίνης από τον οργανισμό γίνεται από το ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου και στη συνέχεια οδηγείται στην πυλαία κυκλοφορία. Η αβιδίνη (πρωτεΐνη στο ασπράδι του αυγού) εμποδίζει την απορρόφηση της βιοτίνης από το έντερο, δεσμεύοντάς

²³ Ανακτήθηκε από: [https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιοτίνη_\(Βιταμίνη_Η_ή_B7\)](https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιοτίνη_(Βιταμίνη_Η_ή_B7))

την. Όμως, το μαγείρεμα των αυγών καταστρέφει την αβιδίνη και κατεπέκταση την ικανότητά της να δεσμεύει τη βιοτίνη. Αν και όλα τα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος περιέχουν βιοτίνη, αυτή αποθηκεύεται στο ήπαρ και στα νεφρά. Κυρία απεκκριτική οδός της βιοτίνης θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα. Μία πολύ μικρή ποσότητα βιοτίνης αποβάλλεται μέσω του θηλασμού (Παπανικολάου, 1997).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιοτίνη δρα ως συνένζυμο και παίζει σημαντικό ρόλο στις αντιδράσεις καρβοξυλίωσης, κατά τη σύνθεση των λιπαρών οξέων και τη γλυκονεογένεση. Επίσης, αποτελεί συνένζυμο όλων των καρβοξυλασών. Είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών. Βοηθάει στη σωστή ανάπτυξη και στο σχηματισμό του αίματος. Προάγει τη δράση του παντοθενικού οξέος. Παίζει σημαντικό ρόλο στη βιοτινυλίωση των πρωτεϊνών του πυρήνα. Βοηθάει τον οργανισμό να μετατρέπει τις τροφές σε ενέργεια (Säuberlich, 1999).

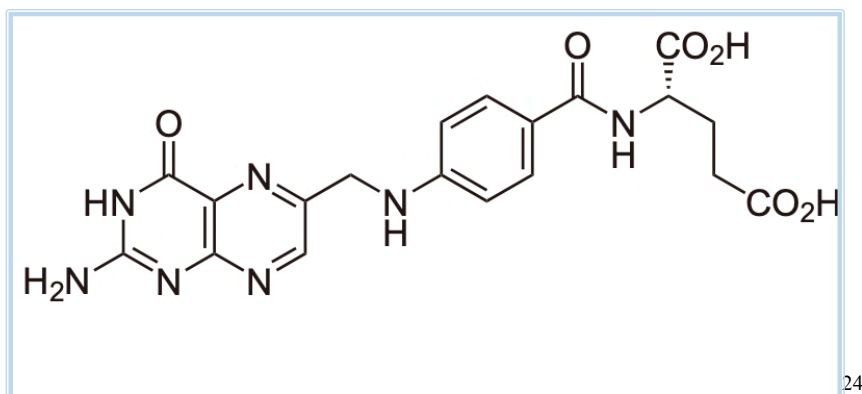
Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Έλλειψη βιοτίνης παρατηρείται κυρίως σε άτομα που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ωμού αυγού, σε ασθενείς που βρίσκονται σε παρεντερική σίτιση και σε ασθενείς που χορηγούνται μεγάλες ποσότητες αντιβιοτικών. Η έλλειψη της βιοτίνης προκαλεί κόπωση, απώλεια ενέργειας, μυϊκούς πόνους, αδυναμία, ανορεξία, αιμορραγίες στα περιφερειακά αγγεία, διαταραχές του νευρικού συστήματος, δερματικές παθήσεις (μυκητίαση, σμηγματόρροια, ξηροδερμία), ηπατικές παθήσεις (Guthrie, 1983· Oberbeil, 2001· Thomas & Bishop, 2007).

1.2.7 Βιταμίνη B9 ή Φυλλικό Οξύ ή Φολικό Οξύ

Στα τέλη της δεκαετίας του 1920, η Αγγλίδα αιματολόγος και γιατρός – ερευνήτρια Lucy Wills (1888 – 1964) πραγματοποίησε έρευνα στην Ινδία σχετικά με μία αναιμία που χαρακτηρίζεται από αύξηση του μέσου μεγέθους των ερυθρών αιμοσφαιρίων και είναι απειλητική για τη ζωή, τη μακροκυτταρική ή μεγαλοβλαστική αναιμία κατά τη διάρκεια της κύησης. Η Wills ανακάλυψε ένα διατροφικό παράγοντα στη μαγιά, τον λεγόμενο

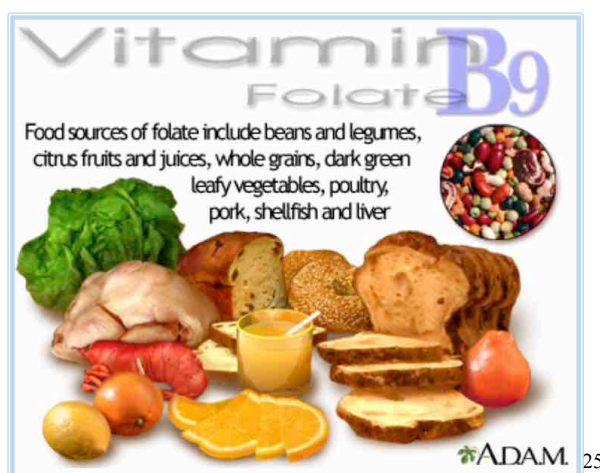
«παράγοντα Wills», που προλάμβανε και θεράπευε αυτή τη διαταραχή και στη συνέχεια αποδείχθηκε ότι επρόκειτο για το φολικό οξύ (Wong, 2019). Πιο συγκεκριμένα, η Wills παρατήρησε μια συσχέτιση μεταξύ των διατροφικών συνηθειών διαφορετικών τάξεων γυναικών της Βομβάης και της πιθανότητας εμφάνισης αναιμίας κατά τη διάρκεια της κύησής τους. Οι φτωχές μουσουλμάνες ήταν αυτές που είχαν τις πιο ανεπαρκείς δίαιτες και τη μεγαλύτερη ευαισθησία στην αναιμία, που ήταν γνωστή ως «ολέθρια αναιμία της εγκυμοσύνης» (Roe, 1978). Ωστόσο, η Wills μπόρεσε να αποδείξει ότι η αναιμία που παρατήρησε διέφερε από την κακοήγη αναιμία, καθώς οι ασθενείς δεν παρουσίαζαν αδυναμία παραγωγής γαστρικού οξέος. Επιπλέον, ενώ οι ασθενείς ανταποκρίνονταν σε ακατέργαστα εκχυλίσματα ήπατος, δεν ανταποκρίνονταν στα «καθαρά» εκχυλίσματα ήπατος (βιταμίνη B12), που είχαν αποδειχθεί ότι θεραπεύουν την κακοήγη αναιμία. Τότε, υποστήριξε ότι υπήρχε ένας άλλος διατροφικός παράγοντας υπεύθυνος για τη μακροκυτταρική αναιμία. Για μερικά χρόνια αυτός ο διατροφικός παράγοντας ήταν γνωστός ως «παράγοντας Wills» και τη δεκαετία του 1940 αποδείχτηκε ότι ήταν το φολικό οξύ. Η Wills αποφάσισε να διερευνήσει πιθανές διατροφικές θεραπείες μελετώντας πρώτα τις επιδράσεις της διατροφικής χειραγώγησης σε αλμπίνο αρουραίους με μακροκυτταρική αναιμία. Οι αρουραίοι που τρέφονταν με την ίδια ανεπαρκή δίαιτα με τις μουσουλμάνες γυναίκες της Βομβάης έγιναν αναιμικοί, ενώ οι κυοφορούσες πέθαιναν πριν γεννήσουν. Η αναιμία των αρουραίων αποτράπηκε με την προσθήκη ζύμης σε συνθετικές δίαιτες που δεν είχαν βιταμίνη B. Αυτή η εργασία αργότερα επαναλήφθηκε χρησιμοποιώντας πιθήκους, καθώς τα αποτελέσματα των αρουραίων ήταν μολυσμένα από λοίμωξη από ψείρες, η οποία θα μπορούσε να είχε στρεβλώσει τα αποτελέσματα. Στη Βομβάη, η Wills πραγματοποίησε κλινικές δοκιμές σε ασθενείς με μακροκυτταρική αναιμία και διαπίστωσε πειραματικά ότι αυτός ο τύπος θα μπορούσε να προληφθεί και να θεραπευτεί με εκχυλίσματα ζύμης, από τα οποία η φθηνότερη πηγή ήταν ο μαρμίτης (μια επάλειψη από εκχύλισμα ζύμης και ένα μείγμα καρυκευμάτων) (Wong, 2019). Η βιταμίνη B9 ή φυλλικό οξύ ή φολικό οξύ αποτελείται από τρία συνδεδεμένα μόρια, ένα παράγωγο περιδίνης, το π – αμινο – βενζοϊκό οξύ και το γλουταμινικό οξύ. Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που υφίσταται απώλειες από το ηλιακό φως, την αποθήκευση και το μαγείρεμα, ενώ καταστρέφεται με τη θέρμανση και το όξινο περιβάλλον (Ανδρικόπουλος, 2015· Karlson et al., 1993· Sanderson et al., 2003).



Εικόνα 1.20: Η χημική δομή της βιταμίνης B9 (φολικό οξύ).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές του φολικού οξέος θεωρούνται τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (σπανάκι, μπρόκολο, λάχανο, ραδίκια, μπατζάρια), τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά), τα μη φυλλώδη λαχανικά, το ψωμί από ολόκληρο σιτάρι, το ρύζι, η σόγια, οι ξηροί καρποί (φυστίκια, καρύδια, αμύγδαλα, κάστανα), η μαγιά της μύρας, τα μανιτάρια, τα μπιζέλια, τα όσπρια (ξερά φασόλια). Μικρότερη περιεκτικότητα σε φολικό οξύ περιέχουν τα αυγά, το γάλα, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, το κρέας (βοδινό), τα ψάρια, τα φρούτα (μπανάνες, πορτοκάλια, φράουλες, ακτινίδια, αβοκάντο), οι χουρμάδες (Ζερφυρίδης, 1998· Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Melvin, 2003).



Εικόνα 1.21: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης B9 (φολικό οξύ).

²⁴ Ανακτήθηκε από: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Folic_acid.svg

²⁵ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002408>

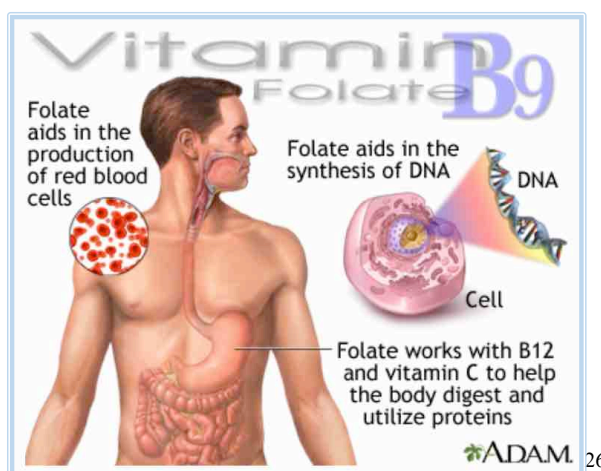
Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη είναι 60 μg – 80 μg ημερησίως για τα βρέφη, 200 μg – 300 μg ημερησίως για τα παιδιά, 400 μg ημερησίως για τους εφήβους και τους ενήλικες και 600 μg ημερησίως για τις κυοφορούσες και θηλάζουσες γυναίκες (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του φολικού οξέος από τον οργανισμό γίνεται στο δωδεκαδάκτυλο με ενεργό μεταφορά και με διάχυση. Η απορρόφηση διευκολύνεται από το ασκορβικό οξύ και από κάποια αντιβιοτικά, ενώ η πέψη του γίνεται παρουσία ψευδαργύρου. Το ήπαρ αποτελεί την κύρια πηγή αποθήκευσης του φολικού οξέος, με αποθέματα που υπολογίζονται γύρω στα 7,5 mg, που μπορούν να διατηρηθούν για 4 – 5 μήνες στον οργανισμό (Τζάκου, 1967· Guthie, 1983).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το φολικό οξύ απαιτείται για την ανάπτυξη και την επισκευή των κυττάρων, αφού λαμβάνει μέρος στη σύνθεση των πουρινών και των πυριμιδινών των νουκλεϊκών οξέων και ορισμένων αμινοξέων. Παίζει βασικό ρόλο στο σχηματισμό των ερυθρών και των λευκών αιμοσφαιρίων, καθώς και στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών και άλλων θρεπτικών συστατικών. Είναι απαραίτητο για την αντιμετώπιση της αναιμίας. Βοηθάει στη μείωση της συγκέντρωσης του αμινοξέος ομοκυστεΐνη στο αίμα μετατρέποντάς το σε μεθειονίνη. Μειώνει την αρτηριοσκλήρυνση και προστατεύει το καρδιαγγειακό σύστημα. Βοηθάει στην καλύτερη λειτουργία του νευρικού συστήματος. Συμμετέχει στη μετατροπή της τρυπτοφάνης σε νιασίνη. Δρα ως συνένζυμο σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις. Συμβάλλει στην υγεία του δέρματος και τονώνει την όρεξη (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Μουντζούρης, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Baynes & Dominiczak, 2002· Ruston et al., 2004).



Εικόνα 1.22: Τα οφέλη της βιταμίνης B9 (φολικό οξύ).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Ανεπάρκεια φολικού οξέος μπορεί να προκληθεί από κακή διατροφή (χαμηλή πρόσληψη), αυξημένες απαιτήσεις (κατά τη διάρκεια της κύησης και του θηλασμού), μειωμένη απορρόφηση (δυσαπορρόφηση στο δωδεκαδάκτυλο), αυξημένες απώλειες (από τη χρήση διουρητικών, αντισυλληπτικών και αντιεπιληπτικών φαρμάκων, την κατάχρηση αλκοόλ) ή από γενετικές ανωμαλίες στη σύνθεση του DNA. Η έλλειψη του φολικού οξέος προκαλεί κυρίως μεγαλοβλαστική αναιμία, θρομβοπενία, διαταραχή της ανάπτυξης των λευκοκυττάρων, καθυστέρηση της ανάπτυξης, καρδιαγγειακά νοσήματα και ορισμένες μορφές καρκίνου. Όταν υπάρχει έλλειψη φολικού οξέος στον οργανισμό, τότε η ομοκυστεΐνη δεν μπορεί να μετατραπεί σε μεθειονίνη. Έτσι, παρατηρείται αύξηση της ομοκυστεΐνης στο αίμα, η οποία είναι σημαντικός παράγοντας κινδύνου για καρδιακό έμφραγμα και εγκεφαλικό επεισόδιο, καθώς και για θρόμβωση των φλεβών, κυρίως των ποδιών. Η έλλειψη φολικού οξέος στα πρώτα στάδια της κύησης έχει συσχετιστεί με προβλήματα στην ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος του εμβρύου, ομοκυστεϊναιμία, μεγαλοβλαστική αναιμία, αυτόματες αποβολές, πρόωρο τοκετό και με υπολειπόμενη ενδομήτρια ανάπτυξη του εμβρύου. Η αβιταμίνωση που προκαλείται από την έλλειψη του φολικού οξέος συχνά σχετίζεται και με την έλλειψη της βιταμίνης C. Η έλλειψη του φολικού οξέος εκδηλώνεται με κόπωση, καταβολή, ανορεξία, διάρροια, πονοκεφάλους, ζάλη, προοδευτική αδυναμία, απώλεια βάρους, ωχρότητα, αίσθημα παλμών, βράχυνση

²⁶ Ανακτήθηκε από: <http://clinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002408>

αναπνοής (λαχάνιασμα), αναπνευστική δυσχέρεια, διαταραχές συμπεριφοράς, αλλεργικές αντιδράσεις με κνίδωση, κοιλιοκάκη και νόσο του Crohn (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Guyton, 1991· Melvin, 2003· Oberbeil, 200· Parker, 2006).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Υψηλές δόσεις φολικού οξέος δεν έχουν τοξική επίδραση στον οργανισμό, αλλά υπάρχει ενδεχόμενο να επηρεάσουν δυσμενώς την απορρόφηση του ψευδαργύρου (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

1.2.8 Βιταμίνη B12 ή Κοβαλαμίνη ή Κυανοκοβαλαμίνη ή Κυανοκομπαλίνη

Το 1915, ο Αμερικανός ιατρός ερευνητής George Richards Minot (1885 – 1950) ξεκίνησε έρευνα για την αναιμία ή ανεπάρκεια αίματος (χαμηλή ποσότητα ερυθρών αιμοσφαιρίων στο αίμα). Το 1924, ο Αμερικανός ιατρός William Parry Murphy (1892 – 1987) αφαίρεσε αίμα από σκύλους για να τους κάνει αναιμικούς και στη συνέχεια, τους τροφοδότησε με διάφορες ουσίες για να μετρήσει τη βελτίωσή τους. Παρατήρησε ότι, η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων συκωτιού αποκαθιστούσε την αναιμία γρηγορότερα από άλλες τροφές. Το 1925, ο Αμερικανός ιατρός, παθολόγος, βιοϊατρικός ερευνητής και εκπαιδευτικός George Hoyt Whipple (1878 – 1976) με τις μελέτες του απέδειξε ότι το ωμό συκώτι, με το οποίο τρέφονταν οι αναιμικοί σκύλοι, ήταν η πιο αποτελεσματική τροφή για τη βελτίωση της αναιμίας, ενισχύοντας την παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων. Στη συνέχεια, απέδειξε ότι τα τρόφιμα που προέρχονταν από ζωικό ιστό (συκώτι, νεφρά, κρέας) και τα μαγειρεμένα βερίκοκα είχαν επίσης θετική επίδραση στην αύξηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων, σε περίοδο αναιμίας. Έτσι, ο Whipple συνέδεσε τη δυνατότητα αναγέννησης των ερυθρών αιμοσφαιρίων με την περιεκτικότητα αυτών των διαιτητικών παραγόντων σε σίδηρο (Miller, 1995). Το 1926, οι Minot και Murphy προσάρμοσαν αυτό το εύρημα για άτομα με σοβαρή ασθένεια κακοήθους αναιμίας και οδηγήθηκαν στην επιτυχή θεραπεία της. Όταν, οι ασθενείς έτρωγαν καθημερινά άφθονες ποσότητες συκωτιού, η κατάστασή τους βελτιωνόταν. Όμως, το δραστικό συστατικό δεν ήταν ο σίδηρος, αλλά ένα υδατοδιαλυτό εκχύλισμα, από το οποίο οι χημικοί κατάφεραν να απομονώσουν τη βιταμίνη B12, που υπήρχε στο συκώτι. Αυτή ήταν μια αξιοσημείωτη ανακάλυψη, αφού η ολέθρια αναιμία ήταν πάντα θανατηφόρα σε νεαρή ηλικία. Για τη συμβολή τους στην ανακάλυψη της θεραπείας

της κακοήθους αναιμίας, το 1934 μοιράστηκαν εξίσου το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής (*About George H. Whipple – George Hoyt Whipple: Nobel Laureate & URM Founder, χ.χ. Whipple, 1976*).

The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1934



Photo from the Nobel Foundation archive.

George Hoyt Whipple

Prize share: 1/3



Photo from the Nobel Foundation archive.

George Richards Minot

Prize share: 1/3



Photo from the Nobel Foundation archive.

William Parry Murphy

Prize share: 1/3

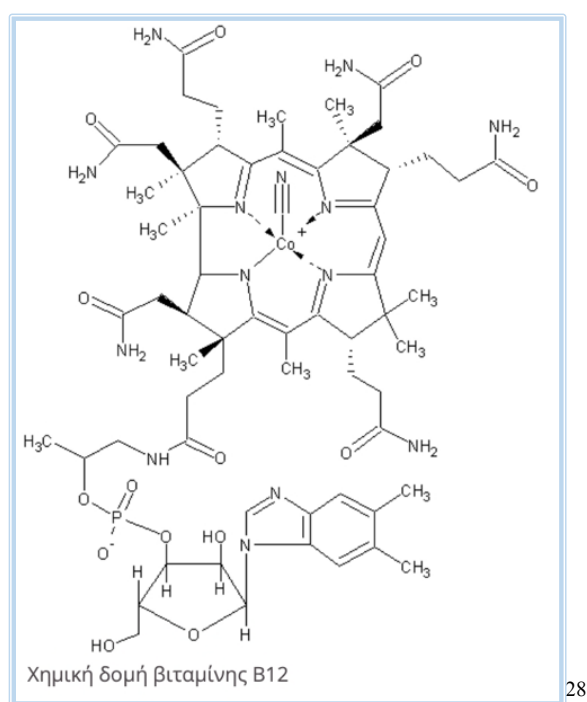
27

Εικόνα 1.23: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1934 μοιράστηκαν εξίσου ο Αμερικανός ιατρός, παθολόγος, βιοϊατρικός ερευνητής και εκπαιδευτικός George Hoyt Whipple, Αμερικανός ιατρός ερευνητής George Richards Minot και ο Αμερικανός ιατρός William Parry Murphy για τις ανακαλύψεις τους σχετικά με τη θεραπεία του ήπατος σε περιπτώσεις αναιμίας.

Ο Αμερικανός βιοχημικός Karl August Folkers (1906 – 1997) έπαιξε εξέχοντα ρόλο στην απομόνωση της βιταμίνης B12, που είναι ένα από τα πιο δομικά συμπλέγματα των

²⁷ Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1934/summary/>

βιταμινών. Το 1955, ο Σκωτσέζος βιοχημικός Lord Alexander Robertus Todd (1907 – 1997) εξιχνίασε τη δομή της βιταμίνης B12. Η βιταμίνη B12 ή κοβαλαμίνη ή κυανοκοβαλαμίνη ή κυανοκομπαλίνη είναι ένωση πολύπλοκης δομής με πορφυρινικό δακτύλιο παρόμοιο με της αίμης, με κοβάλτιο αντί για σίδηρο στο κέντρο, το οποίο σχηματίζει σύμπλοκο με ρίζα κυανίου ($-\text{CN}$). Πρόκειται για μία υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που καταστρέφεται με την έκθεσή της στο φως, στα οξέα, στα αλκάλια και στη θερμότητα. Είναι η μόνη βιταμίνη που αποθηκεύεται στον ανθρώπινο οργανισμό (στο ήπαρ και στα νεφρά), έτσι ώστε να υπάρχει επάρκεια για μεγάλο χρονικό διάστημα (Ανδρικόπουλος, 2015· Τζάκου, 1967).



Εικόνα 1.24: Η χημική δομή της βιταμίνης B12.

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η βιταμίνη B12 βρίσκεται σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης, ενώ μπορεί να παράγεται και από μερικές ζύμες ή βακτήρια. Κύριες πηγές της βιταμίνης B12 θεωρούνται το γάλα, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα αυγά, τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά), το κρέας (βοδινό, χοιρινό, αρνίσιο), τα πουλερικά, τα ψάρια (σαρδέλες), τα στρείδια, η μαγιά της μπύρας (Μόρτογλου

²⁸ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_B12

& Μόρτογλου, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Henderson et al., 2003).



Εικόνα 1.25: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης B12.

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη υπολογίζεται στα 2 μg – 4 μg ημερησίως. Σε περίπτωση κύησης ή θηλασμού οι απαιτήσεις αυξάνονται.

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

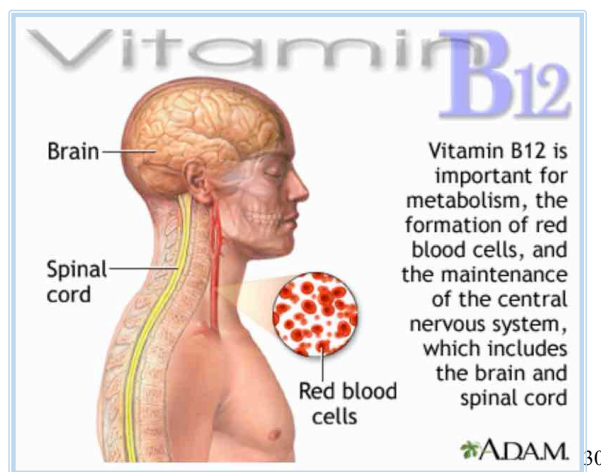
Για την απορρόφηση της βιταμίνης B12 στο έντερο απαιτείται η ταυτόχρονη παρουσία του ενδογενούς παράγοντα (γλυκοπρωτεΐνη), ο οποίος παράγεται από το γαστρικό βλεννογόνο. Ο ενδογενής παράγοντας προσδένεται στη βιταμίνη B12 των τροφών και την προστατεύει από τα γαστρεντερικά ένζυμα, διευκολύνοντας την απορρόφηση της στο ήπαρ, με ενδοκυττάρωση. Επίσης, μεγάλες ποσότητες βιταμίνης B12 μπορούν να απορροφηθούν και με παθητική διάχυση. Κυρία απεκκριτική οδός θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα και τα περιττώματα (Μουντζούρης, 2002).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιταμίνη B12 προλαμβάνει τη μεγαλοβλαστική (κακοήθη) αναιμία. Παίζει βασικό ρόλο στο σχηματισμό των ταχέως αναπτυσσόμενων κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των

²⁹ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002403>

ερυθρών και των λευκών αιμοσφαιρίων στο μυελό των οστών, των κυττάρων του εντερικού επιθηλίου και τα θυλάκια των τριχών. Παρεμβαίνει στο μεταβολισμό των λιπιδίων, των γλυκιδίων, καθώς και στον αναβολισμό των πρωτεϊνών. Λαμβάνει χώρα στη ρύθμιση του καταβολισμού του φολικού οξέος. Είναι απαραίτητη για τη σύνθεση των νουκλεοπρωτεϊνών. Διατηρεί το νευρικό σύστημα υγιές. Είναι απαραίτητη για τη σύνθεση της μυελίνης. Έχει ευεργετική επίδραση σε όσους πάσχουν από διαβητική νευροπάθεια και στοματικά έλκη. Συμβάλλει στη μείωση εμφάνισης στεφανιαίας νόσου. Έχει ευεργετική δράση στην ανάπτυξη, στην αντοχή και στη ζωτικότητα. Είναι απαραίτητη η παρουσία της με τη μορφή της ως μεθυλοκοβαλαμίνη ή ως αδενοσυλο – κοβαλαμίνη στις βιοχημικές αντιδράσεις (μετατροπή του αμινοξέος ομοκυστεΐνη στο αμινοξύ μεθειονίνη, ισομερισμός της B – λευκίνης και της L – λευκίνης, ισομερείωση του μεθυλο – μηλόνυλο – CoA σε ηλέκτρυλο – CoA) (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Τζάκου, 1967· Baynes & Dominiczak, 2002· Säuberlich, 1999· Shils et al., 1999).



Εικόνα 1.26: Τα οφέλη της βιταμίνης B12.

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Η έλλειψη της βιταμίνης B12 μπορεί να οφείλεται σε χαμηλή διατροφική πρόσληψη, σε έλλειψη του ενδογενούς παράγοντα ή σε δυσασπορρόφηση. Διάφορα φάρμακα όπως είναι η κολχικίνη, η μεθορμίνη, η χλωραμφενικόλη, η μεθυλντόπα, η χολεστυραμίνη, οι αμινογλυκοσίδες και τα αμινοσαλικυλικά μπορούν να μειώσουν την απορρόφηση της

³⁰ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002403>

βιταμίνης B12. Η χρήση αντισυλληπτικών φαρμάκων, το φολικό οξύ και η μακροχρόνια χορήγηση χλωριούχου καλίου ελαττώνουν τα επίπεδα της βιταμίνης B12. Ενώ, η βιταμίνη C καταστρέφει τη βιταμίνη B12. Η έλλειψη της βιταμίνης B12 μπορεί να προκύψει σαν αποτέλεσμα ολικής γαστρεκτομής, μερικής γαστρεκτομής ή γαστροδωδεκαδακτυλεκτομής, γαστρικών ελκών, καρκινώματος του στομάχου, κατάχρησης αλκοόλ, δυσασπορρόφησης λόγω φλεγμονώδους νόσου, όπως η Νόσος του Crohn. Άτομα που διατρέχουν τέτοιο κίνδυνο είναι οι ηλικιωμένοι, οι φυτοφάγοι, καθώς και οι γυναίκες που βρίσκονται σε περίοδο κύησης και δεν συμπεριλαμβάνουν καθόλου ζωικά προϊόντα στο διαιτολόγιό τους. Έλλειψη της βιταμίνης B12 προκαλεί μακροκυτταρική αναιμία, μεγαλοβλαστική αναιμία ή Νόσο του Biermer (επίκτητη κακοήθης αναιμία), η οποία χαρακτηρίζεται από μορφολογικές αλλαγές των ερυθροκυττάρων, λόγω διαταραχής της ωρίμανσής τους. Η ανεπάρκεια βιταμίνης B12 στα βρέφη μπορεί να προκαλέσει μη αντιστρέψιμες βλάβες στο νευρικό σύστημα και σοβαρά αναπτυξιακά προβλήματα. Η έλλειψη βιταμίνης B12 εκδηλώνεται με κόπωση, αδυναμία, κούραση, ορθοστατική υπόταση, λεία επώδυνη γλώσσα, δυσκοιλιότητα, ωχρότητα, ήπιος ίκτερος, ψυχολογικές διαταραχές, κατάθλιψη, ψύχωση, παραισθήσεις, νευρολογικές διαταραχές, ελάττωση των νοητικών λειτουργιών, προβλήματα ισορροπίας, μυρμήγκιασμα, μούδιασμα, διαταραχές στην έμμηνο ρύση, χρωματικούς λεκέδες στο σκουρόχρωμο δέρμα των χεριών, λευκοπενία, εκφυλιστικές διαταραχές του νωτιαίου μυελού. Η μακροχρόνια έλλειψη βιταμίνης B12 μπορεί να καταλήξει σε μόνιμες βλάβες του νευρικού συστήματος (Καραμούζης, 1999· Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Μουντζούρης, 2002· Guyton, 1991· Herbert, 1988· Melvin, 2003).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

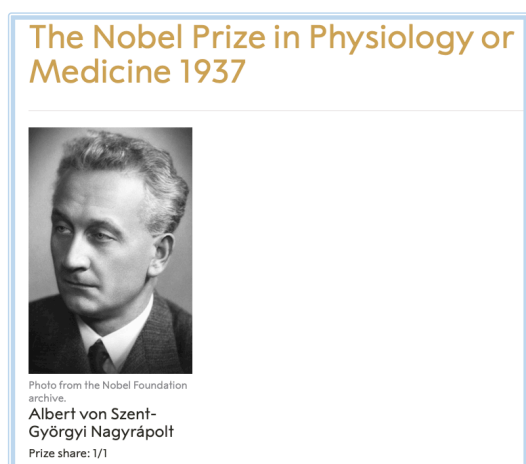
Σε υγιή άτομα δεν έχουν παρατηρηθεί παρενέργειες ή τοξικότητα από υψηλές δόσεις βιταμίνης B 12 (Thomas & Bishop, 2007).

1.3 Βιταμίνη C ή Ασκορβικό Οξύ

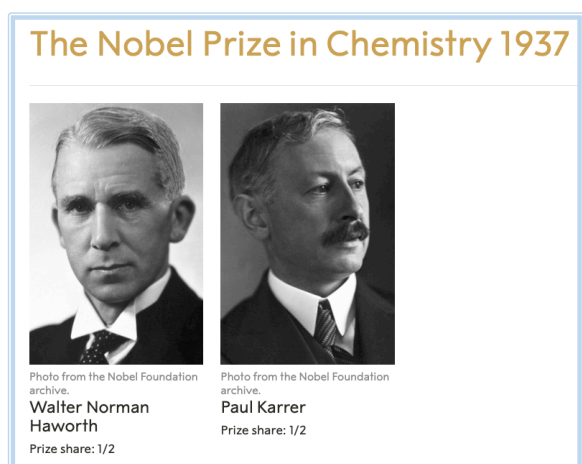
Από τα αρχαία χρόνια ήταν γνωστή η ασθένεια σκορβούτο (scurvy) ή «νόσος των ναυτικών». Τα συμπτώματά της είχαν περιγράψει από τον Πατέρα της Ιατρικής, τον Ιπποκράτη (460 π.Χ. – 377 π.Χ.). Στο παρελθόν, το σκορβούτο εμφανιζόταν στους ναυτικούς που βρίσκονταν εν πλω, για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από αυτά που

μπορούσαν να συντηρηθούν τα φρούτα και τα λαχανικά. Η χρονική διάρκεια των θαλάσσιων ταξιδιών, αλλά και η επιτυχία των εξερευνητικών αποστολών περιορίζονταν, λόγω των σοβαρών συμπτωμάτων αυτής της ασθένειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο πρώτος περίπλους της Γης (γύρω στο 1520) από τον Ισπανό θαλασσοπόρο Fernão de Magalhães (1480 – 1521), όπου το 80% του πληρώματος απεβίωσε από σκορβούτο. Κατά τον 16^ο και 17^ο αιώνα, πολλές από τις πρώτες αποικίες σε περιοχές του σημερινού Καναδά είχαν πληγεί από σκορβούτο. Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα παρατηρήθηκε η προστατευτική δράση που παρείχε στους ναυτικούς η κατανάλωση χυμού λεμονιού και κίτρου ενάντια στο σκορβούτο. Το 1734, ο Πολωνός συγγραφέας, επιστήμονας και Λουθηρανός θεολόγος Jan Fryderyk ή Johann Friedrich Bachstrom (1688 – 1742) ήταν σίγουρος ότι η κύρια αιτία του σκορβούτου ήταν η μη κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Το 1747, ο Σκωτσέζος ιατρός του Βρετανικού Βασιλικού Ναυτικού James Lind (1716 – 1794) παρατήρησε ότι ο χυμός μόνο των λεμονιών και των πορτοκαλιών (όχι όλων των εσπεριδοειδή) ήταν αποτελεσματικός στην αντιμετώπιση του σκορβούτου. Το 1753, αποτύπωσε τις ιδέες του για την ασθένεια στο βιβλίο «A Treatise of the Scurvy», όμως για πολλές δεκαετίες οι διαπιστώσεις του Lind για τη θεραπεία του σκορβούτου πέρασαν απαρατήρητες. Το 1845, το σκορβούτο εμφανίστηκε στην Ιρλανδία κατά τη διάρκεια του «μεγάλου λιμού της πατάτας» (great potato famine). Για πρώτη φορά, το 1912, ο Πολωνός βιοχημικός Casimir Funk (1884 – 1967) υπέθεσε ότι το σκορβούτο οφείλεται στην έλλειψη κάποιου αντισκορβουτικού παράγοντα (anti-scorbutic factor), μιας άγνωστης υδατοδιαλυτής ουσίας. Το 1920, ο Βρετανός βιοχημικός Sir Jack Cecil Drummond (1891 – 1952) αποκάλυψε αυτή την υδατοδιαλυτή ουσία, βιταμίνη C. Το 1928, ο Ούγγρος βιοχημικός Albert von Szent – Györgyi Nagyrápolc (1893 – 1986) και η ερευνητική του ομάδα απομόνωσαν τον αντισκορβουτικό παράγοντα από τα επινεφρίδια ζώων. Το 1931, ο Szent – Györgyi εστίασε την έρευνα του σε μία ένωση που πίστευε ότι ήταν ο αντισκορβουτικός παράγοντας και την ονόμασε εξουρονικό οξύ (hexuronic acid). Το 1932, ο Αμερικανός βιοχημικός Charles Glen King (1896 – 1988), που μελετούσε τις αντισκορβουτικές ιδιότητες του χυμού λεμονιού σε πειραματόζωα, επιβεβαίωσε ότι το εξουρονικό οξύ ήταν η βιταμίνη C. Το 1933, οι Βρετανοί χημικοί Sir Walter Norman Haworth (1883 – 1950) και Sir Edmund Langley Hirst (1898 – 1975) ανακάλυψαν τη χημική δομή και την οπτικοϊσομερή φύση της βιταμίνης C. Οι επιστήμονες σε συμφωνία με τον Szent – Györgyi μετονόμασαν το εξουρονικό οξύ σε ασκορβικό οξύ (ascorbic acid), λόγω των αντισκορβουτικών ιδιοτήτων της χημικής ένωσης και μετέπειτα σε L – ασκορβικό οξύ,

λόγω της οπτικής ισομέρειάς του. Το 1933, ο Πολωνο-Ελβετός χημικός Tadeusz Reichstein (1897 – 1996) ανακάλυψε μια απλή βιοχημική (εν μέρει) μέθοδο σύνθεσης του ασκορβικού οξέος με πρώτη ύλη τη γλυκόζη. Το 1935, άρχισε η βιομηχανική παραγωγή του ασκορβικού οξέος, μέσω της παραπάνω μεθόδου, από τη φαρμακευτική βιομηχανία Roch και συνεχίζει να αποτελεί έως σήμερα τη βάση της βιομηχανικής παραγωγής του (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2014).



31



32

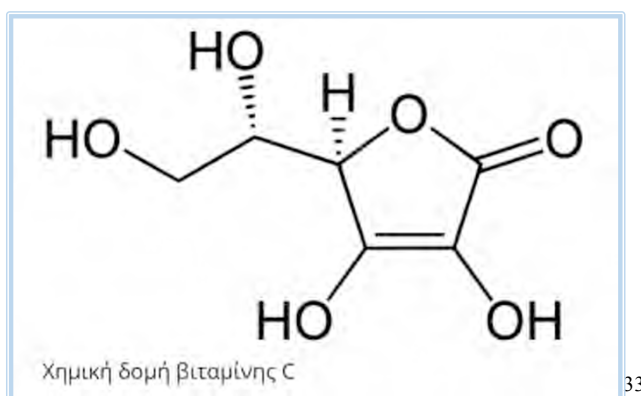
Εικόνα 1.27: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1937 απονεμήθηκε στον Ούγγρος βιοχημικός Albert von Szent – Györgyi Nagyrápolt για τις ανακαλύψεις του σε σχέση με τις βιολογικές διαδικασίες καύσης, με ειδική αναφορά στη βιταμίνη C και την κατάλυση του φουμαρικού οξέος (αριστερά). Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1937 μοιράστηκαν εξίσου ο Βρετανός χημικός Sir Walter Norman Haworth για τις έρευνές του στους υδατάνθρακες και τη βιταμίνη C και ο Ελβετός χημικός Paul Karrer για τις έρευνές του στα καροτενοειδή, τις φλαβίνες και τις βιταμίνες A και B2 (δεξιά).

Η βιταμίνη C ή L – ασκορβικό οξύ είναι παράγωγο του φουρανίου, πολύ διαλυτό στο νερό, με όξινο χαρακτήρα. Το ασκορβικό οξύ διακρίνεται σε D – και L – στερεοϊσομερή, από τα οποία μόνο η L – μορφή εμφανίζει βιταμινική δράση. Στα τρόφιμα βρίσκεται και το L – δεϋδρο – ασκορβικό οξύ, που προκύπτει από το ασκορβικό οξύ κατά την οξειδωσή του με τη βοήθεια διαφόρων οξειδασών των φυτικών ιστών και το οποίο συνυπολογίζεται στη

³¹ Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1937/summary/>

³² Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1937/summary/>

βιταμινική δράση της βιταμίνης C, διότι μετατρέπεται εύκολα σε ασκορβικό οξύ στον οργανισμό. Πρόκειται για μία ασταθής υδατοδιαλυτή βιταμίνη, η οποία παρουσιάζει ευαισθησία στο νερό, στη ζέστη και στον αέρα και συνιστάται να μαγειρεύουμε στον ατμό, διότι καταστρέφεται εύκολα. Κατά τη διαδικασία του μαγειρέματος, η περιεκτικότητα των τροφίμων σε βιταμίνη C ελαττώνεται, εξαιτίας της διάλυσης της βιταμίνης στο νερό και της οξείδωσής της, όπως και κατά τη διάρκεια του ξεφλουδίσματος των φρούτων. Η βιταμίνη C είναι ευαίσθητη ακόμα και σε θερμοκρασία 60 °C, ενώ υφίστανται μεγάλες απώλειες σε ουδέτερο περιβάλλον. Επομένως, τα τρόφιμα θα πρέπει να διατηρούνται σε ψυχρό και όξινο περιβάλλον. Επίσης, η βιταμίνη C οξειδώνεται με το κάπνισμα (Ανδρικόπουλος, 2015· Ζερφυρίδης, 1998· Säuberlich, 1999· Veasey et al., 2015).



Εικόνα 1.28: Η χημική δομή της βιταμίνης C.

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Τα πράσινα λαχανικά και οι πατάτες που αποτελούν βασικές τροφές της διατροφής μας, παρέχουν στον οργανισμό πολύ μεγάλες ποσότητες βιταμίνης C, όπως φυσικά και τα εσπεριδοειδή φρούτα. Κύριες πηγές βιταμίνης C θεωρούνται τα φρούτα (φράουλες, λεμόνια, πορτοκάλια, μανταρίνια, γκρέιπφρουτ, βατόμουρα, ακτινίδια, πεπόνια, μπανάνες, μήλα), τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (μαϊντανός, λάχανο, σπανάκι, αρακάς, μπρόκολο, κουνουπίδι, μαρούλι, άνηθος, γογγύλι), τα κρεμμύδια, οι πατάτες, οι ντομάτες, οι πιπεριές (πράσινες, κόκκινες καυτερές), το κόκκινο πιπέρι, τα σπαράγγια, τα καρότα, το κάρδαμο, τα εντόσθια (συκώτι, νεφρά). Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε βιταμίνη C εξαρτάται σε

³³ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_C

μεγάλο βαθμό από την ποικιλία, την εποχή και το πόσο φρέσκα είναι τα τρόφιμα (Ανδρικόπουλος, 2015· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Briony, 2001· Thomas & Bishop, 2007· Veasey et al., 2015).



Εικόνα 1.29: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης C.

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη υπολογίζεται στα 40 mg ημερησίως για τους μη καπνίζοντες ενήλικες, στα 80 mg ημερησίως για τους καπνίζοντες ενήλικες και στα 30 mg ημερησίως για τα παιδιά. Κατά τη διάρκεια της κύησης η ποσότητα αυτή αυξάνεται κατά 10 mg ημερησίως, ενώ κατά τη διάρκεια του θηλασμού αυξάνεται κατά 30 mg ημερησίως (Briony, 2001· Säuberlich, 1999).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της βιταμίνης C από τα κύτταρα του εντερικού βλεννογόνου γίνεται μέσω μηχανισμού μεταφοράς χρησιμοποιώντας κατάλληλο φορέα (Μουντζούρης, 2002). Κύρια απεκκριτική οδός της πλεονάζουσας ποσότητας της βιταμίνης C θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα και επομένως δεν υφίσταται κίνδυνος τοξικότητας (Säuberlich, 1999).

³⁴ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002404>

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

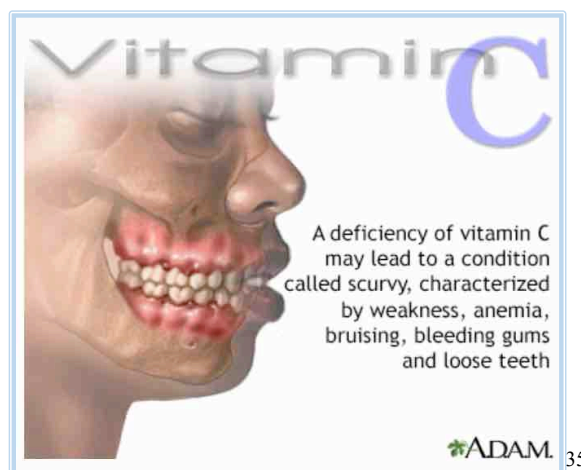
Η βιταμίνη C είναι απαραίτητη για την ομαλή διεξαγωγή πολλών οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων μέσα στα κύτταρα, είτε ως συμπαραάγοντας, είτε ως συνένζυμο. Βρίσκεται σε όλα σχεδόν τα κύτταρα και τα κυτταρικά οργανίδια, όπως είναι τα μιτοχόνδρια και τα ριβοσώματα και είναι απαραίτητη για την καλή λειτουργία τους. Λόγω της ιδιότητας της, να προσλαμβάνει και να αποβάλλει εύκολα υδρογόνο, παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό. Συμμετέχει στο μεταβολισμό των αμινοξέων, στην απελευθέρωση των ορμονών στα επινεφρίδια, στην επούλωση των πληγών, στη σύνθεση και τη διατήρηση του κολλαγόνου (δομική πρωτεΐνη του συνδετικού ιστού) και στη διατήρηση της σταθερότητας των αιμοφόρων αγγείων. Παίρνει μέρος στην υδροξυλίωση της προλίνης και της λυσίνης, στο μεταβολισμό της φαινυλαλανίνης, της τρυπτοφάνης, της ισταμίνης, του φολικού οξέος και της χοληστερόλης, στη σύνθεση των ορμονών / νευροδιαβιβαστών αδρεναλίνη ή επινεφρίνη, νοραδρεναλίνη ή νορεπινεφρίνη (κατεχολαμίνη), σεροτονίνη, θυροξίνη, κορτιζόνη (στεροειδή), στη στεροειδογένεση, στο σχηματισμό χολικών οξέων, στη σύνθεση των πουρινών, της τυροσίνης και της καρνιτίνης. Δυναμώνει τους ιστούς που εκτίθενται σε μηχανική καταπόνηση. Είναι απαραίτητη για την αποθεραπεία των πληγών, μελανιών, καταγμάτων. Μπορεί να ενισχύσει τη φυσική άμυνα του οργανισμού (ανοσοποιητικός μηχανισμός) εναντίον των λοιμώξεων. Η επαρκής περιεκτικότητα των ιστών σε βιταμίνη C βοηθάει τον οργανισμό να αναπτύξει καλύτερη αντίσταση στις λοιμώξεις, δημιουργώντας αντισώματα. Συμβάλλει στην πρόληψη και θεραπεία του κρυολογήματος και της υπερχοληστερολαιμίας. Είναι απαραίτητη για τη φαγοκυτταρική ικανότητα των λευκοκυττάρων. Θεωρείται αποτελεσματικό αντιοξειδωτικό και έχει συσχετιστεί με τη μείωση του καταρράκτη, του σακχαρώδη διαβήτη, της πίεσης του αίματος, της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας, της στεφανιαίας νόσου, της αρτηριοσκλήρυνσης, του άσθματος, των αναπνευστικών συμπτωμάτων, του καρκίνου και της Νόσου Parkinson (δυσκολία στο περπάτημα, τρεμούλιασμα, συσπάσεις των μυών του προσώπου). Ενεργοποιεί κάποια ένζυμα του ήπατος που έχουν αποτοξινωτικό ρόλο. Συμμετέχει στο σχηματισμό και στη διατήρηση των οστών, των δοντιών και των μυών, καθώς και στη διατήρηση της επιδερμίδας. Προλαμβάνει τις ουλίτιδες και το σκορβούτο. Είναι απαραίτητη για την απορρόφηση του μη αιμικού σιδήρου από το έντερο, του σεληνίου, του φωσφόρου, του ασβεστίου και της βιταμίνης E. Παίζει σημαντικό ρόλο στη χρησιμοποίηση του σιδήρου από τον οργανισμό. Χρησιμεύει σαν πηγή ιόντων H^+ για την

παραγωγή του NADPH, στο συκώτι και στο αίμα. Μειώνει τις τοξικές επιδράσεις της βιταμίνης Α, τη δραστικότητα της βαρφανίνης (ουσία με ισχυρή αντιπηκτική δράση) και προστατεύει την ακεραιότητα της βιταμίνης Ε (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Baynes & Dominiczak, 2002· Säuberlich, 1999· Veasey et al., 2015

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Η έλλειψη της βιταμίνης C από τον οργανισμό προκαλεί την ασθένεια σκορβούτο. Τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας αυτής παρουσιάζονται 60 – 90 ημέρες μετά την ανεπάρκεια στη βιταμίνη και πολλές φορές διαφεύγουν από την προσοχή του πάσχοντα. Οι πρώτες ενδείξεις αποδίδονται στη διάσπαση του κολλαγόνου και περιλαμβάνουν αδυναμία, ανορεξία, έντονη κόπωση, πρησμένες αρθρώσεις στους καρπούς και στους αστραγάλους, πόνους στις αρθρώσεις και στα γόνατα, δύσπνοια και λήθαργο. Επίσης, ο οργανισμός εξασθενεί και παρουσιάζει ελαττωμένη αντίσταση στις μολύνσεις. Με την εξάπλωση της ασθένειας εμφανίζονται μικρά στίγματα στο δέρμα, λόγω θραύσης των αγγείων, ενώ παρατηρείται και χαλάρωση των νεύρων. Επίσης, παρουσιάζονται αιμορραγίες σε όλα τα μέρη του σώματος (αιμορραγία στα τριχοειδή αγγεία, ουλίτιδα). Στις περιοχές του δέρματος που αιμορραγούν αναπτύσσονται εύκολα δευτερογενείς μολύνσεις. Όμως, οι παρατεταμένες αιμορραγίες και η ανεπάρκεια φολικού οξέος οδηγούν στην εμφάνιση αναιμίας. Η παρατεταμένη έλλειψη της βιταμίνης C οδηγεί σε σκληρό και τραχύ δέρμα γεμάτο εξανθήματα, αλλά και σε πτώση των δοντιών. Επίσης, η έλλειψη της βιταμίνης C προκαλεί μετασχηματισμούς στα άκρα των οστών και δυσμορφίες (κάταγμα των μακρών οστών στα αναπτυσσόμενα άκρα, λύγισμα ή κάταγμα των πλευρών στα σημεία σύνδεσής τους με τους πλευρικούς χόνδρους), οι οποίες συγχέονται με αύξηση του όγκου της καρδιάς, ραχίτιδες, εκφυλισμό των γεννητικών οργάνων και των αδένων. Επιπλέον, ο οργανισμός αδυνατεί να μεταβολίσει το φώσφορο και το ασβέστιο. Στα βρέφη κυρίως, αλλά και στα παιδιά η έλλειψη της βιταμίνης C εκδηλώνεται με ανεπάρκεια ανάπτυξης των συνδετικών ιστών, των δοντιών και των οστών. Παρατηρούνται εξογκωμένες αρθρώσεις, πόνοι στα κάτω άκρα, περιορισμένη κινητικότητα, ανακοπή της ανάπτυξης των οστών με χαρακτηριστικές μεταβολές στη δομή τους, ανεπαρκής ανάπτυξη των δοντιών. Ομάδες ατόμων που βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο για εμφάνιση έλλειψης βιταμίνης C είναι οι καπνιστές, οι ηλικιωμένοι και όσοι πάσχουν από διαβήτη. Η χρήση αντισυλληπτικών φαρμάκων, η μακροχρόνια χρήση ασπιρίνης και τετρακυκλίων μειώνει τη συγκέντρωση

της βιταμίνης C στο πλάσμα και στα αιμοπετάλια (Πανέρας, 1996· Säuberlich, 1999· Thomas & Bishop, 2007· Wolbach, 1968).



Εικόνα 1.30: Συμπτώματα έλλειψης βιταμίνης C.

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Αν και η βιταμίνη C θεωρείται από τις πιο ασφαλείς βιταμίνες, η υπερπρόσληψή της δημιουργεί κάποια προβλήματα στον οργανισμό. Οι υψηλές δόσεις βιταμίνης C αυξάνουν τα επίπεδα του ουρικού οξέος, καθώς επίσης και του κύριου μεταβολίτη της, του οξαλικού οξέος, με ενδεχόμενο δημιουργίας οξαλικών λίθων (πέτρα) στα νεφρά. Ενώ, ενδέχεται να αυξηθούν και τα επίπεδα οιστρογόνων στο πλάσμα. Επιπλέον, μειώνουν την κατακράτηση του χαλκού και του σεληνίου, καθώς επίσης και τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων (κάδμιο, νικέλιο, μόλυβδος, βανάδιο). Ενώ, καταστρέφουν σημαντικές ποσότητες της βιταμίνης B12 σε άτομα με σιδηροπενική αναιμία. Επίσης, μπορούν να προκληθούν ψευδή αποτελέσματα σε αναλύσεις για διαβήτη ή να δημιουργηθεί ανταγωνισμός με αντιπηκτικά φάρμακα. Η υπερπρόσληψή της βιταμίνης C μπορεί να οδηγήσει σε αϋπνία, πονοκέφαλο, κούραση, μετεωρισμό, φούσκωμα, κοιλιακούς πόνους που σχετίζονται με γαστρική δυσφορία και ωσμωτική διάρροια. Τα συμπληρώματα βιταμίνης C θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με ιδιαίτερη προσοχή, προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα υγείας όπως η διάβρωση των δοντιών, η εμφάνιση τερηδόνας, ο σακχαρώδης διαβήτης, η σιδηροβλαστική αναιμία, η δρεπανοκυτταρική αναιμία (Ζερφυρίδης, 1998· Guthie, 1983· McArdle, Katch, & Katch, 2001).

³⁵ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002404>

1.4 Βιταμίνη D ή Αντιραχίτιδική ή Καλσιφερόλη

Στις αρχές του 1900, η ραχίτιδα (ασθένεια των οστών που οφείλεται στην ανεπάρκεια της βιταμίνης D) αντιμετωπίστηκε με τη βοήθεια βασικών διαιτητικών παραγόντων, όπως το μωρουνέλαιο και το πλήρες γάλα. Θεωρήθηκε επίσης, ότι η ηλιακή ακτινοβολία ήταν ενισχυτικός παράγοντας, όμως η υπόθεση ότι η χοληστερόλη ήταν πρόδρομη ένωση που ενεργοποιείτο μέσω της υπεριώδους ακτινοβολίας ήταν λανθασμένη (Wolf, 2004). Κατά τη διάρκεια ερευνών, υπό την επίβλεψη του Γερμανού χημικού Adolf Otto Reinhold Windaus (1876 – 1959), διαπιστώθηκε ότι η καθαρή χοληστερόλη (που είχε μετατραπεί σε διβρωμίδιο και είχε ανακρυσταλλωθεί) είχε απωλέσει την αντιραχίτιδική της ιδιότητα από την επίδραση της ακτινοβολίας. Την περίοδο 1913 – 1920, ο Βρετανός βιοχημικός και διατροφολόγος Sir Edward Mellanby (1884 – 1955) διερεύνησε τα αίτια της ραχίτιδας. Παρατήρησε ότι οι σκύλοι που τρέφονταν με χυλό εμφάνιζαν ραχίτιδα, η οποία όμως μπορούσε να θεραπευτεί με μωρουνέλαιο. Έτσι, συμπέρανε ότι η αιτία της ραχίτιδας ήταν κάποιος διαιτητικός παράγοντας. Το 1919, ανακάλυψε τη βιταμίνη D και το ρόλο της στην πρόληψη της ραχίτιδας. Πραγματική αιτία της ραχίτιδας ήταν η έλλειψη της βιταμίνης D, λόγω έλλειψης ηλιακής ακτινοβολίας, που μπορούσε όμως να προληφθεί ή και να θεραπευτεί με την πρόσληψη τροφών πλούσιων σε αυτή τη βιταμίνη, όπως το μωρουνέλαιο (Mellanby, 1919). Στις αρχές της δεκαετίας του 1920, ο Αμερικανός βιοχημικός Elmer Verner McCollum (1879 – 1967) παρατήρησε ότι οι αρουραίοι εμφάνιζαν ραχίτιδα, όταν η διατροφή τους αποτελείτο από μία απλή δίαιτα δημητριακών. Η ερευνητική του ομάδα δοκίμασε περισσότερες από 300 δίαιτες σε αρουραίους, παρατηρώντας ότι μόνο το μωρουνέλαιο ήταν σε θέση να αποτρέψει τη ραχίτιδα. Στηριζόμενος στο έργο του Mellanby, ο McCollum τροφοδότησε αρουραίους που εμφάνιζαν ραχίτιδα με μωρουνέλαιο, το οποίο προηγουμένως είχε φροντίσει να εκθέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα στο φως και σε υψηλές θερμοκρασίες προκειμένου να καταστραφεί η βιταμίνη A. Διαπίστωσε ότι το μωρουνέλαιο δεν μπορούσε πλέον να θεραπεύσει τη νυχτερινή τύφλωση, θέραπευε όμως τη ραχίτιδα (Conlan & Sherman, 2000). Αφού πείστηκε ότι η ηλιακή ακτινοβολία και το μωρουνέλαιο προστάτευαν από τη ραχίτιδα, μετέφερε κάποιους αρουραίους έξω στον ήλιο. Μετά την ανάρρωση των αρουραίων, έδωσε στην ουσία αυτή το όνομα βιταμίνη D (το επόμενο γράμμα της αλφαβήτου) (Conis, 2006). Η επόμενη γενιά παιδιών μεγάλωσε με το μωρουνέλαιο να συμπεριλαμβάνεται στο διαιτολόγιό της και η ραχίτιδα ουσιαστικά να εξαφανίζεται. Ο Windaus θεωρούσε ότι η πρόδρομη ένωση της

βιταμίνης D ήταν μία άλλη ουσία που σχετιζόταν με τη «χημικά καθαρή» χοληστερόλη και έπειτα από έρευνες, βρήκε ότι πρόκειται για την εργοστερόλη. Η εργοστερόλη βρέθηκε αρχικά σε μύκητες, οπότε το ζήτημα της λήψης βιταμίνης D από την ηλιακή ακτινοβολία ήταν ακόμα υπό αμφισβήτηση και μελετήθηκε από τον Windaus πολύ μετά την παραλαβή του Βραβείου Νόμπελ Χημείας το 1928, για τις υπηρεσίες που παρείχε μέσω της έρευνάς του για τη σύσταση των στερολών και τη σύνδεσή τους με τις βιταμίνες. Έπειτα, απομονώθηκε από το δέρμα του γουρουνιού, το δέρμα του ανθρώπου, το πλήρες γάλα και το συκώτι των ζώων και προσδιορίστηκε η 7 – δεϋδρο – χοληστερόλη, η οποία επίσης παρουσίαζε αντιραχιτική δράση με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή ήταν μία γνωστή ένωση που προερχόταν από τη χοληστερόλη και η νέα ουσία ονομάστηκε βιταμίνη D₃ ή χοληκαλσιφερόλη. Το 1936, επιβεβαιώθηκε η σωστή δομή της βιταμίνης D.

The Nobel Prize in Chemistry 1928



Photo from the Nobel Foundation archive.

Adolf Otto Reinhold Windaus

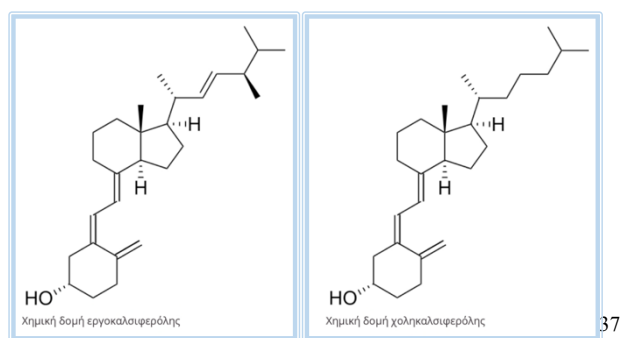
Prize share: 1/1

36

Εικόνα 1.31: Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1928 απονεμήθηκε στο Γερμανό χημικό Adolf Otto Reinhold Windaus για τις υπηρεσίες που παρείχε μέσω της έρευνάς του για τη σύσταση των στερολών και τη σύνδεσή τους με τις βιταμίνες.

³⁶ Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1928/summary/>

Η βιταμίνη D ανάλογα με την πρόδρομη ένωση (προβιταμίνη) απαντά σε διάφορες μορφές. Οι πιο σημαντικές για τη διατροφή του ανθρώπου είναι η D2 και η D3. Και οι δύο έχουν το στερανικό σκελετό της χοληστανόλης με διανοιγμένο το Β δακτύλιο στο C9 – C10. Λόγω του υδροξυλίου στο C3 ανήκουν στις αλκοόλες και όχι στα στεροειδή, αν και προέρχονται από αυτά. Η εργοστερόλη είναι πρόδρομη ένωση της βιταμίνης D2 ή εργοκαλσιφερόλη, από την οποία και σχηματίζεται κατά την επίδραση της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας. Η 7 – δεϋδρο – χοληστερόλη είναι πρόδρομη ένωση της βιταμίνης D3 ή χοληκαλσιφερόλη, από την οποία και συντίθεται στα ζωικά επιδερμικά κύτταρα κατά την επίδραση της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας. Η χοληκαλσιφερόλη πρώτα μετατρέπεται στο ήπαρ σε 25 – υδροξυ – χοληκαλσιφερόλη και στη συνέχεια, με μία δεύτερη υδροξυλίωση, μετατρέπεται στα νεφρά σε 1, 25 – διϋδροξυ – χοληκαλσιφερόλη (1, 25 – (OH)₂D3) ή καλσιτριόλη, η οποία είναι το πραγματικό δραστικό μόριο με ορμονική δράση την απορρόφηση του ασβεστίου στο λεπτό έντερο και την εναπόθεση αλάτων στα οστά. Για αυτό και η βιταμίνη D, κυρίως η D3 κατατάσσεται και στις στεροειδείς ορμόνες. Πρόκειται για μία λιποδιαλυτή βιταμίνη που παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος. Ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες βιταμίνες, διότι είναι η μοναδική που μπορεί να παραχθεί από την έκθεση στον ήλιο και είναι γνωστή ως «η βιταμίνη του ήλιου». Αυτό σημαίνει ότι με συχνή έκθεση στον ήλιο δεν χρειάζεται επιπλέον λήψη βιταμίνης D. Η διατροφική πρόσληψή της είναι κατά κανόνα απαραίτητη σε χώρες που η έκθεση στον ήλιο είναι μη επαρκής. Η καθημερινή λήψη της δεν είναι απαραίτητη, αφού δεν χρησιμοποιείται από τον οργανισμό, αλλά αποθηκεύετε για μελλοντική χρήση (Ανδρικόπουλος, 2015· Ζερφυρίδης, 1998· Brannon & Picciano, 2011· Ursel, 2001).

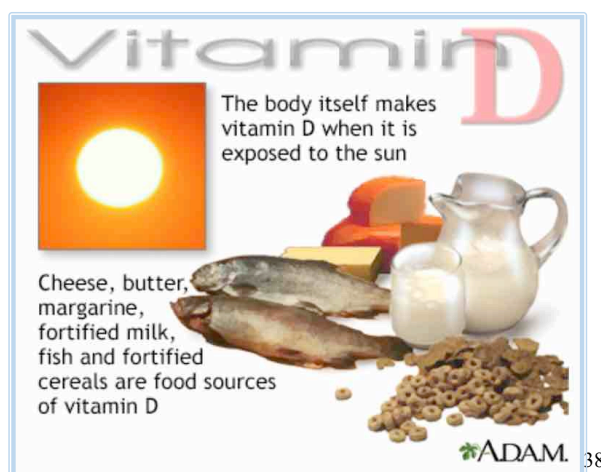


Εικόνα 1.32: Η χημική δομή της βιταμίνης D2 ή εργοκαλσιφερόλης (αριστερά) και της βιταμίνης D3 ή χοληκαλσιφερόλης (δεξιά).

³⁷ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_D

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Τα τρόφιμα που περιέχουν βιταμίνη D είναι ελάχιστα και είναι κυρίως ζωικής προέλευσης. Κύριες πηγές της βιταμίνης D θεωρούνται τα λιπαρά ψάρια (σολομός, σαρδέλα, σκουμπρί, ρέγγα, τόνος), το μωβουνέλαιο, ο κρόκος του αυγού, το συκώτι, το ενισχυμένο γάλα, το τυρί, το βούτυρο γάλακτος, η ενισχυμένη μαργαρίνη, τα ενισχυμένα δημητριακά, το ψωμί, τα μανιτάρια. Τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης και κυρίως τα φυτικά λάδια, περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες εργοστερόλης και άλλων φυτοστερολών, που μπορούν να μετατραπούν σε ουσίες με βιολογική δραστηριότητα βιταμίνης D (Ζερφυρίδης, 1998· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Bendik et al. 2014· Henderson et al., 2003·).



Εικόνα 1.33: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης D.

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη κυμαίνεται γύρω στα 5 μg – 10 μg ημερησίως. Η βιταμίνη D παράγεται ενδογενώς στο δέρμα από την έκθεση στο ηλιακό φως (UVB 290 nm – 320 nm) ή προσλαμβάνεται από ορισμένα τρόφιμα ή μπορεί να προσληφθεί με τη μορφή συμπληρωμάτων διατροφής. Η έκθεση για 10 – 15 λεπτά κατά τη διάρκεια της ημέρας στο φως του ήλιου, δύο ή τρεις φορές την εβδομάδα μπορεί να είναι αρκετή για να παραχθεί η απαιτούμενη βιταμίνη D, που χρειάζεται ο οργανισμός. Σε περίπτωση που δεν γίνεται έκθεση στο φως του ήλιου τις ώρες μεταξύ 8 π.μ. – 3 μ.μ. ή γίνεται συνεχής χρήση υψηλής αντηλιακής προστασίας, τότε θα ήταν καλό να γίνεται πρόσληψη συμπληρωμάτων βιταμίνης D (Ζερφυρίδης, 1998· Brannon & Picciano, 2011).

³⁸ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002405>

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της βιταμίνης D (σε ποσοστό 50%) γίνεται στο λεπτό έντερο, μέσω του λεμφικού συστήματος, με τη βοήθεια χολικών αλάτων. Στη συνέχεια, η χοληκαλσιφερόλη μεταφέρεται με τη βοήθεια της πρωτεΐνης σφαιρίνη στο αίμα και καταλήγει στο ήπαρ. Ακολούθως, μετατρέπεται σε $1, 25 - (\text{OH})_2\text{D}_3$ ή καλσιτριόλη. Η βιταμίνη D αποθηκεύεται στους σκελετικούς μύες, στο λιπώδη ιστό και σε μικρότερες ποσότητες στα οστά, στους πνεύμονες, στο ήπαρ και στο δέρμα. Κύρια απεκκριτική οδός θεωρούνται τα περιττώματα (Karlson et al., 1993· Mahan et al., 2002).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιταμίνη D ενισχύει την απορρόφηση του διαιτητικού ασβεστίου και του φωσφόρου, καθώς και την ομαλή εναπόθεσή τους στα δόντια και στα οστά, με τη μορφή φωσφορικού ασβεστίου. Έτσι, βοηθάει στο σχηματισμό των δοντιών και των οστών και προλαμβάνει την κακή οδοντοφυΐα. Επίσης, συντηρεί συστήματα που απαιτούν ασβέστιο, ειδικά το νευρικό σύστημα, τους μυς και την πήξη του αίματος. Είναι απαραίτητη για την οστέωση του σκελετού και προλαμβάνει το ραχιτισμό, την οστεοπόρωση και την οστεομαλάκυνση. Σε συνεργασία με την παραθυρεοειδή ορμόνη και τη θυροκαλσιτονίνη διατηρεί τη συγκέντρωση του ασβεστίου στο πλάσμα. Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα. Ρυθμίζει τις κυτταρικές λειτουργίες που εμπλέκονται στην ανάπτυξη μερικών τύπων καρκίνου (καρκίνος του μαστού, καρκίνος του προστάτη, καρκίνος του παχέος εντέρου). Παίζει συντονιστικό ρόλο στη διαδικασία της μετάστασης των καρκινικών κυττάρων, μέσω της ρύθμισης των μορίων που εμπλέκονται σε αυτή. Η δραστική μορφή της βιταμίνης D εμπλέκεται στη ρύθμιση των μοριακών εργασιών που ρυθμίζουν την αγγειογένεση. Βοηθάει στη ρύθμιση της παραγωγής ινσουλίνης από τα β – κύτταρα του παγκρέατος και μπορεί να επηρεάσει την ευαισθησία των ιστών στην ινσουλίνη, όπως επίσης και την έκκρισή της, μέσω των επιδράσεών της στα επίπεδα του ενδοκυτταρικού ασβεστίου. Ελέγχει πού και πότε πρέπει να λάβει χώρα μία αποπτωτική ή μία αντι-αποπτωτική διεργασία. Επιδρά σε διάφορες λειτουργίες κατά τη διάρκεια της κύησης, όπως είναι η εμφύτευση του πλακούντα, το οξειδωτικό στρες, το ανοσοποιητικό σύστημα, η φλεγμονώδης απόκριση και η ομοιόσταση της γλυκόζης (Μουντζούρης, 2002 Πανελλήνιος

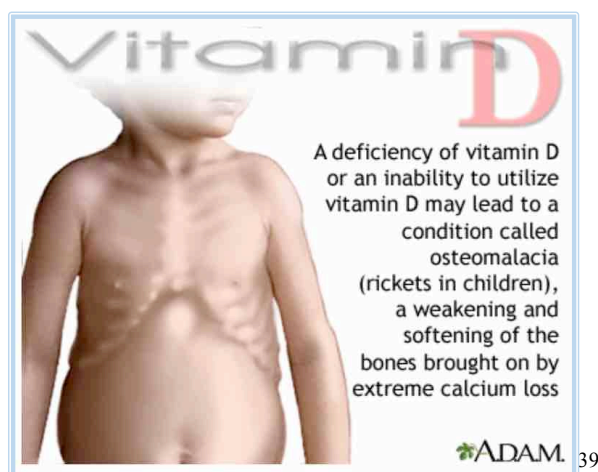
Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Brannon & Picciano, 2011· Chiu, Chu, Go, & Saad, 2004· Lindqvist, 2017· Melvin, 2003· Wei, 2014).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η βιταμίνη D προσλαμβάνεται από ορισμένα τρόφιμα, αλλά η κύρια πηγή παραγωγής της, στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι η έκθεση στο ηλιακό φως (UVB 290 nm – 320 nm). Το χειμώνα, κυρίως στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, η περισσότερη UVB ακτινοβολία απορροφάται από την ατμόσφαιρα και η παρατεταμένη έκθεση στον ήλιο παραμένει ανεπαρκής για τη σύνθεση βιταμίνης D. Αυτό οδηγεί σε ανεπάρκεια της βιταμίνης D, κάτι που αποτελεί πολύ συχνό φαινόμενο στους κατοίκους αυτών των χωρών (Herman, Award, & Holick, 2018). Η έλλειψη της βιταμίνης D παρουσιάζει παρόμοια συμπτώματα με αυτά της έλλειψης ασβεστίου από τον οργανισμό, όπως είναι η ραχίτιδα, η οστεομαλάκυνση και η τετανία. Η ραχίτιδα εμφανίζεται πρόωρα κυρίως στην παιδική ηλικία (2 μηνών – 3 ετών) και προσβάλλει τις περιοχές της ενδοχονδριακής ανάπτυξης. Επιβραδύνει την ανάπτυξή τους ή και τη συνέχιση της ανάπτυξής τους, με ανώμαλη αύξηση των οστών, με επακόλουθο την εμφάνιση παραμορφώσεων, κυρίως στα μακρά οστά, με χαρακτηριστική περίπτωση την βλαιοποδία (στραβά πόδια προς τα έξω). Τα οστά δεν είναι άκαμπτα, υστερούν σε μηχανική αντοχή και δεν μπορούν να αντέξουν τις συνηθισμένες δυνάμεις πίεσης και ελκυσμού, με αποτέλεσμα τις παραμορφώσεις των ποδιών, της λεκάνης, της σπονδυλικής στήλης, του θώρακα και του κρανίου, στο οποίο εξέχει το μέτωπο. Καθυστερεί η δημιουργία των πρώτων δοντιών και επηρεάζεται η όρθια στάση. Η έλλειψη βιταμίνης D στους ενήλικες (έχουν ανεπτυγμένα τα οστά και τα δόντια) οδηγεί στην εναπόθεση ασβεστίου και φωσφόρου στα οστά και στα δόντια σε μικρότερες ποσότητες από εκείνες που απελευθερώνονται, με αποτέλεσμα τη σταδιακή απασβέστωσή τους, την εύκολη καταστροφή από τερηδόνα και την εμφάνιση οστεομαλάκυνσης. Η οστεομαλάκυνση (ο σκελετός που δεν ασβεστώνεται πλήρως γίνεται μαλακός) εμφανίζεται στους ενήλικες και κυρίως στις γυναίκες που χάνουν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου την περίοδο που κυοφορούν ή θηλάζουν. Η οστεομαλάκυνση οδηγεί σε λέπτυνση και εξασθένηση των οστών, αλλά και σε πιο εύκολη εμφάνιση καταγμάτων, σε σχέση με τους υγιείς ενήλικες. Επίσης, μπορεί να προκληθεί τετανία (σύνδρομο νευρομυϊκής υπερδιεγερσιμότητας), που χαρακτηρίζεται από οδυνηρές μυϊκές συσπάσεις, μυϊκούς πόνους, μυϊκές κράμπες, τινάγματα και παραισθήσεις (αιμωδίες ή μυρμηγκιάσματα

στα χέρια και στα πόδια) (Δημόπουλος & Ανδρικόπουλος, 1996· Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995· Ursel, 2001). Συχνά, παρατηρείται ανεπάρκεια βιταμίνης D κατά τη διάρκεια της κύησης και αυτό αποτελεί σημαντικό πρόβλημα της δημόσιας υγείας παγκοσμίως, διότι φαίνεται ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των χαμηλών επιπέδων της βιταμίνης D και της δυσμενούς έκβασης της κύησης, τόσο για την υγεία της μητέρα όσο και για την υγεία του εμβρύου. Πιο συγκεκριμένα, οι γυναίκες, κατά τη διάρκεια της κύησης, μπορεί να εμφανίσουν προεκλαμψία (υπέρταση μαζί με λευκωματουρία, με ή χωρίς παθολογικά οιδήματα), σακχαρώδη διαβήτη κύησης, αλλά μπορεί να εμφανιστούν και επιπλοκές κατά τη γέννηση του εμβρύου. Η μητρική ανεπάρκεια βιταμίνης D την περίοδο της ενδομήτριας ζωής του εμβρύου έχει σχετιστεί με μικρά για την ηλικία κύησης έμβρυα, χαμηλό βάρος γέννησης, αλλά και προωρότητα. Μελέτες έχουν δείξει αυξημένη ευαισθησία στη μετέπειτα ζωή του εμβρύου με χρόνιες, μη μεταδοτικές, φλεγμονώδεις και αυτοάνοσες ασθένειες, καρδιαγγειακά συμβάματα, νευρολογικές και ψυχικές διαταραχές, όπως η σχιζοφρένεια (James, Whitley, & Cartwright, 2010· Javaid et al., 2006· Karras et al., 2016· Reichetzedera, Putraa, Li, & Hochera, 2016· Tabesh, Salehi–Abargouei, Tabesh, & Esmailzadeh, 2013· Websky, Abdallah, Reichetzeder, & Tsuprykon, 2018). Επίσης, πολλές επιδημιολογικές μελέτες υποδηλώνουν συσχετισμό μεταξύ ανεπάρκειας βιταμίνης D και υψηλής συχνότητας εμφάνισης αυτοάνοσων νοσημάτων, όπως θυρεοειδίτιδα ή νόσος του Χασιμότο (Hashimoto) (από τα πιο κοινά αυτοάνοσα νοσήματα), ρευματοειδής αρθρίτιδα (αυτοάνοσο νόσημα, όπου ο οργανισμός επιτίθεται τις αρθρώσεις του και τις καταστρέφει σταδιακά), συστηματικός ερυθματώδης λύκος (αυτοάνοση ασθένεια, που εμφανίζεται όταν το ανοσοποιητικό σύστημα λανθασμένα επιτίθεται σε δικά του όργανα και ιστούς), πολλαπλή σκλήρυνση ή σκλήρυνση κατά πλάκας (αυτοάνοση νευρολογική νόσος, που προσβάλλει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό), φλεγμονώδεις νόσοι του εντέρου (ομάδα αυτοάνοσων ασθενειών που αφορούν κυρίως στην ελκώδη κολίτιδα και στη νόσο του Crohn), σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 (διαρκής αυτοάνοση διαδικασία με αποτέλεσμα την καταστροφή των β – κυττάρων του παγκρέατος). Επομένως, είναι εμφανές πως στο σύνολο των αυτοάνοσων νοσημάτων, το φάσμα είναι ευρύτατο και η ανεπάρκεια της βιταμίνης D μπορεί να επηρεάσει τον οργανισμό με διαταραχές από διάφορα επίπεδα, όπως είναι το ενδοκρινολογικό προφίλ, το νευρολογικό προφίλ ακόμα και να προκαλέσει φλεγμονώδεις διαταραχές. Τα τελευταία χρόνια αρκετές κλινικές μελέτες ασχολήθηκαν με το ερώτημα κατά πόσο τα επίπεδα της βιταμίνης D στους ανθρώπους συνδέονται με τον κίνδυνο ανάπτυξης αυτοανοσίας και κατά πόσο η ανάπτυξη και η πρόοδος των αυτοάνοσων αυτών

νοσημάτων μπορεί να επηρεαστεί και να βελτιωθεί από τα συμπληρώματα βιταμίνης D. Μια συστηματική ανασκόπηση του 2012, η οποία αναλύει μεγάλο αριθμό δημοσιευμένων μελετών καταλήγει στο συμπέρασμα πως η βιταμίνη D φαίνεται να παίζει ωφέλιμο ρόλο στην πρόληψη της αυτοανοσίας, αλλά εξακολουθεί να υπάρχει χώρος για περισσότερη έρευνα στο πεδίο αυτό (Antico, Tampoia, Tozzoli, & Bizzaro, 2012· Cantorna, Zhu, Froicu, & Wittke, 2018). Το 1980, πρωτοεμφανίστηκε η υπόθεση ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων της βιταμίνης D και του καρκίνου. Πιο συγκεκριμένα, οι έρευνες του Αμερικανού επιδημιολόγου Frank Caldwell Garland (1950 – 2010) και του αδερφού του, επίσης επιδημιολόγου, Dr. Cedric Garland κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ανεπάρκεια της βιταμίνης D μπορεί να είναι ένας παράγοντας που αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης ορθοκολικού καρκίνου (κακοήθης βλάβη του ορθού και του παχέος εντέρου) και καρκίνου του μαστού, διότι η εμφάνιση τέτοιων καρκίνων ήταν μεγαλύτερη στις περιοχές των Η.Π.Α., που χαρακτηρίζονται από έλλειψη ηλιακού φωτός. Ομοίως, το 1992, οι Carol Hachette και Garys Schwartz μελέτησαν τη συσχέτιση καρκίνου του προστάτη και έκθεσης στο ηλιακό φως και παρατήρησαν ότι ο επιπολασμός του καρκίνου του προστάτη ήταν χαμηλότερος στις Νότιες περιοχές των Η.Π.Α. και υψηλότερος στις Βόρειες περιοχές. Αυτές οι δύο πολύ σημαντικές δημοσιεύσεις ήταν ο θεμέλιος λίθος για την έναρξη της προσπάθειας κατανόησης των μηχανισμών με τους οποίους η βιταμίνη D ενδεχομένως να επηρεάζει την εμφάνιση και την εξέλιξη του καρκίνου, αλλά και πολλές άλλες σύγχρονες ασθένειες (Garland & Garland, 1980· Hachette & Schwartz, 1992).



Εικόνα 1.34: Συμπτώματα έλλειψης βιταμίνης D.

³⁹ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002405>

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Υψηλά επίπεδα βιταμίνης D στον οργανισμό μπορεί να υπάρξουν από την καθημερινή κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων συμπληρωμάτων και να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα. Οι υψηλές δόσεις μπορούν να διαταράξουν την ισορροπία του ασβεστίου και του φωσφόρου, με αποτέλεσμα να αποδυναμώσουν τα οστά και να επιτρέψουν στο ασβέστιο να συσσωρευτεί στους μαλακούς ιστούς, όπως είναι οι μύες. Επίσης, η υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου στο αίμα (υπερασβεστιαμία) μπορεί να δημιουργήσει νεφρικές βλάβες (πέτρα στα νεφρά), προβλήματα στον καρδιακό ρυθμό, προβλήματα στον εγκέφαλο (διανοητική καθυστέρηση), ακόμα και θάνατο (Παπανικολάου, 1997).

1.5 Βιταμίνη Ε ή Τοκοφερόλη

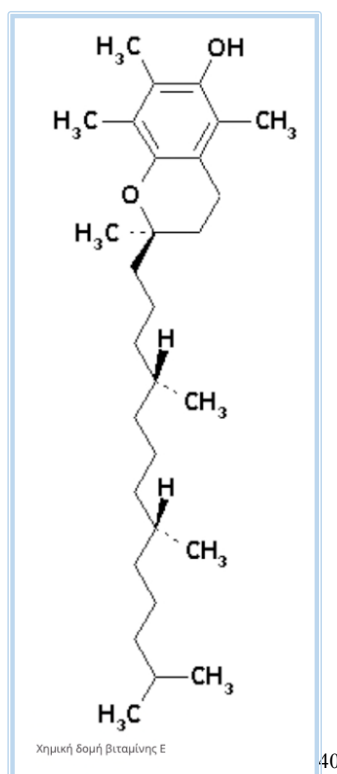
Από το 1911, ο Αμερικανός βιοχημικός Edwin Bret Hart (1874 – 1953) και οι συνεργάτες του είχαν αναφέρει την ύπαρξη ενός παράγοντα «αντι-στεριότητας» στα ζώα. Το 1920, ο Σκωτσέζος βιοχημικός Henry A. Mattill (1883 – 1953) και ο R. A. Conklin μελέτησαν το γάλα ως την «τέλεια» τροφή. Τάιζοντας αρουραίους με φρέσκο πλήρες γάλα παρατήρησαν ότι, ενώ η ανάπτυξή τους ήταν φυσιολογική, μετά την 50ή ημέρα η ανάπτυξή τους μειωνόταν και τα θηλυκά δεν μπορούσαν να αναπαραχθούν. Στη συνέχεια, τάλισαν τους αρουραίους με πλήρες γάλα σκόνη εμπορίου παρατηρώντας ότι, η ανάπτυξη τους ήταν φυσιολογική, αλλά και πάλι δεν μπορούσαν να αναπαραχθούν. Το 1922, ο Αμερικανός ανατόμος και ενδοκρινολόγος Herbert McLean Evans (1882 – 1971) και η Αμερικανίδα ανατόμος, ερευνήτρια και παιδαγωγός Katharine Julia Scott Bishop (1889 – 1975) έπειτα από διατροφικά πειράματα σε αρουραίους, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι εκτός από τις μέχρι τότε γνωστές βιταμίνες, θα έπρεπε να υπάρχει άλλη μία, που θα είχε σχέση με τη σωστή λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Ο Evans και η Bishop που τάλιζαν τους αρουραίους με καθαρά θρεπτικά συστατικά, αλλά και τις μέχρι τότε γνωστές βιταμίνες παρατήρησαν ότι, παρόλο που οι αρουραίοι αναπτύσσονταν κανονικά, παρουσίαζαν προβλήματα με την αναπαραγωγική τους διαδικασία, τα οποία σταματούσαν να υφίστανται όταν εμπλούτιζαν τη διατροφή τους με σπόρους σιταριού. Το 1923, ο Mattill και ο N. C. Stone υπέθεσαν ότι το γάλα περιέχει μία ανασταλτική ουσία, για την αναπαραγωγή. Προκειμένου να διαπιστώσουν εάν η διάλυση του ανασταλτικού παράγοντα στο γάλα, θα μπορούσε να μετατρέψει την αναπαραγωγική ανεπάρκεια σε επιτυχία, πραγματοποίησαν

μία σειρά από δίαιτες σε αρουραίους, όμως η αναπαραγωγή δεν ήταν επιτυχής σε καμία από αυτές τις δίαιτες. Το 1924, ο T. L. Anderegg επανεξέτασε την επίδραση του γάλακτος ως μοναδική πηγή πρωτεΐνης και βιταμινών στην αναπαραγωγή των αρουραίων. Όλες οι δίαιτες που δοκίμασε οδήγησαν σε φυσιολογική αναπαραγωγή, αν και όπως συμβαίνει με τις περισσότερες δίαιτες, περίπου το $1/3 - 1/2$ των νεογνών γεννήθηκαν νεκρά. Ο Anderegg κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, η φυσιολογική ανάπτυξη και η αναπαραγωγή προκύπτουν όταν το πλήρες γάλα σε σκόνη είναι η μόνη πηγή πρωτεΐνης και βιταμινών στη διατροφή. Συμπέρασμα διαφορετικό από εκείνο που είχαν διατυπώσει το 1920 οι Mattill και Conklin. Ο Anderegg, ήταν ο πρώτος, που υποστήριξε ότι στη διατροφή του Mattill, το λαρδί ήταν υπεύθυνο για τη στειρότητα, και επομένως ήταν περιττή η υπόθεση της ύπαρξης μίας νέας βιταμίνης, που σχετίζεται με την αναπαραγωγή. Από την άλλη, ο Mattill πιθανολογούσε ότι τα ζώα που τρέφονται με δίαιτες πλούσιες σε λιπαρά χρειάζονται περισσότερη βιταμίνη X (έτσι αποκαλούσε τότε τη βιταμίνη E) από ότι όταν η διατροφή τους είναι φτωχή σε λιπαρά. Το 1927, ο Mattill έλαβε την απόδειξη για την υπόθεση του. Δεν ήταν περίπτωση κρίσιμου επιπέδου πρόσληψης βιταμίνης E, αλλά φαινομενικής καταστροφής ή αδρανοποίησης αυτής της ουσίας που υπήρχε στο λαρδί, φαινόμενο για το οποίο δεν υπήρχε καμία εξήγηση. Ερευνώντας διαφορετικούς τύπους λίπους, διαπίστωσε ότι η στειρότητα ήταν μεγαλύτερη σε δίαιτες που περιείχαν ακόρεστα λιπαρά. Υποστήριξε ότι το λίπος, ένα σχετικά ακόρεστο ζωικό λίπος, προκαλούσε καταστροφή της βιταμίνης E, όμοια με εκείνη που υφίσταται από τη θερμότητα ή τον αέρα η βιταμίνη A. Για να βρει μία χημική εξήγηση για τις παρατηρήσεις του, ο Mattill καθόρισε την πρόσληψη οξυγόνου από διαφορετικά μίγματα λίπους ή ολόκληρα μίγματα διατροφής τοποθετώντας τα σε φιάλες, μετατοπίζοντας τον αέρα με οξυγόνο και συνδέοντας τα με ένα μανόμετρο, σε ένα λουτρό στους 70 °C. Η σύγκριση μεταξύ μίας δίαιτας «στειρότητας» (15% λαρδί) και μίας δίαιτας «γονιμότητας» (13% λαρδί και 2% λάδι από φύτρα σίτου), έδωσε ότι η δίαιτα «στειρότητας» έδειξε μεγάλη πρόσληψη οξυγόνου εντός 120 h, ανέπτυξε έντονη μυρωδιά και υψηλή ανταπόκριση σε μία χημική δοκιμή για τη διαβρωτικότητα. Υπέθεσε ότι οι μη μονώσιμες και άγνωστες ενώσεις προηγούνται της εμφάνισης υπεροξειδίων, οδηγώντας στην καταστροφή της βιταμίνης E. Ο Mattill πρότεινε μία νέα και μέχρι τότε ανήκουστη ιδέα, ότι η καταστροφή θα μπορούσε να λάβει χώρα είτε κατά την προετοιμασία, είτε κατά την αποθήκευση της δίαιτας, είτε στον πεπτικό σωλήνα. Το ίδιο έτος, ο Evans και ο Burr ανέφεραν ότι μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε λαρδί (22%) που τροφοδοτήθηκε σε αρουραίους αύξησε σημαντικά τη συχνότητα της στειρότητας, σε σύγκριση με τη βασική τους δίαιτα με 15% λίπος.

Προκειμένου να εξηγήσουν αυτό το αποτέλεσμα, δοκίμασαν ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ στη διατροφή, το στεατικό οξύ (22%), στη θέση του λαρδιού παρουσία 2% φύτρου σιταριού και ακολούθησε σχεδόν φυσιολογική γονιμότητα. Με την ίδια δίαιτα, με ελαϊκό οξύ (ακόρεστο λιπαρό οξύ) αντί για στεατικό οξύ και φύτρο σίτου, όλοι οι θηλυκοί αρουραίοι που δοκιμάστηκαν αποδείχθηκαν στείροι, λόγω της απορρόφησης της κύησης. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν σε συμφωνία με αυτό του Mattill, σε σχέση με τη δράση των ακόρεστων λιπών στην πρόκληση στειρότητας. Ωστόσο, ο Mattill υπέθεσε ότι η καταστροφική δράση του λίπους στη βιταμίνη ήταν εκτός οργανισμού, ενώ ο Evans και ο Burr υποστήριζαν την παρουσία μιας «αντι-βιταμίνης», την οποία και προσπάθησαν να απομονώσουν. Σύμφωνα με τον Mattill, τα λίπη από ζωικές πηγές (λαρδί, βούτυρο, μωρουνέλαιο) υπόκεινται σε αυτοξείδωση, μια διαδικασία που οδηγεί στην καταστροφή της βιταμίνης E, ενώ τα φυτικά έλαια, κυρίως το έλαιο φύτρου σιταριού, περιέχουν έναν αναστολέα της αυτοξείδωσης, που προστατεύει τη βιταμίνη E από την καταστροφή. Σύμφωνα με τις χημικές έρευνες του Γάλλου χημικού και φαρμακοποιού François Charles Léon Moureu (1863 – 1929) και του Γάλλου χημικού Charles Dufraisse (1885 – 1969), το γενικό φαινόμενο της αυτοξείδωσης φαίνεται ότι ευνοείται από ορισμένους παράγοντες και αποτρέπεται από κάποιους άλλους. Η δύναμη αποτροπής της δράσης του ελεύθερου οξυγόνου πρέπει να ανήκει σε οξειδώσιμες ουσίες. Μέχρι το 1931, ο M. J. Cummings και ο Mattill είχαν συνειδητοποιήσει ότι η έννοια της ευπάθειας της βιταμίνης E στην οξειδωτική καταστροφή θα μπορούσε να ανατραπεί. Στην αρχή, ισχυρίστηκαν ότι τα φυτικά έλαια που ήταν πλούσια σε βιταμίνη E, θα μπορούσαν να αποτρέψουν την απώλεια της βιταμίνης A σε μικτές δίαιτες, προστατεύοντάς την από την οξείδωση υποστηρίζοντας ότι η βιταμίνη E είχε αντιοξειδωτική δράση. Η ομάδα του Mattill ισχυρίστηκε ότι η επιτυχής χορήγηση συμπυκνωμάτων βιταμίνης E δείχνει ότι η λειτουργία της βιταμίνης E, λόγω της ειδικής αντιοξειδωτικής ικανότητάς της, ελέγχει την πρόοδο της οξείδωσης στους ιστούς. Οι Cummings και Mattill κατέληξαν σε αυτό το σημαντικό συμπέρασμα τροφοδοτώντας αρουραίους με δίαιτες που περιείχαν διαφορετικά λιπαρά και συγκρίνοντας, αφενός, την αναπαραγωγική συμπεριφορά των αρουραίων και αφετέρου, την ευαισθησία *in vitro* αυτών των λιπών στην οξείδωση. Οι δίαιτες αποτελούνταν από καζέϊνη, άμυλο, άλατα, μαγιά και φυτικό λίπος (βαμβακέλαιο) ή ζωικά λίπη (λαρδί, βούτυρο, μωρουνέλαιο). Το 1934, ο H. S. Olcott και ο Mattill παρασκεύασαν ένα εξαιρετικά ενεργό συμπύκνωμα βιταμίνης E, από έλαιο φύτρου σίτου, που καθορίστηκε από την υψηλή αντιστασιακή του δράση σε θηλυκούς αρουραίους και διερεύνησαν τα χημικά χαρακτηριστικά. Μεταξύ άλλων ιδιοτήτων, διαπίστωσαν ότι

καταστράφηκε γρήγορα από ήπιους οξειδωτικούς παράγοντες που προσβάλλουν ομάδες υδροξυλίου. Το 1936, χρησιμοποίησαν αυτό το συμπύκνωμα για να αποδείξουν ότι έχει αντιοξειδωτική δράση μετρώντας την παράταση της περιόδου επαγωγής προς την οξείδωση ενός αριθμού εύκολα οξειδωμένων καθαρισμένων εστέρων λιπαρών οξέων (λινολικός αιθυλεστέρας, ελαϊκός μεθυλεστέρας, ρικινολεϊκός αιθυλεστέρας καθώς και λαρδί) από την απορρόφηση οξυγόνου. Η περίοδος επαγωγής για την πρόσληψη οξυγόνου από τους εστέρες και το λαρδί ήταν σχεδόν 10 φορές μεγαλύτερη τόσο παρουσίας, όσο και απουσίας συμπυκνώματος ελαίου φύτρου σίτου. Οι Olcott και Mattill δήλωσαν ρητά ότι η μέθοδος για την απόκτηση του πιο δραστικού συμπυκνώματος (αντιοξειδωτικού) από φύτρο σιταριού ή βαμβακέλαιου είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που περιγράφεται για τα συμπυκνώματα βιταμίνης E. Το 1936, ο Evans απομόνωσε μια λιπαρή ουσία, από φυτικά έλαια, την οποία ονόμασε τοκοφερόλη, λόγω της φυσιολογικής της δράσης και διαπίστωσε ότι ένα από τα άτομα οξυγόνου ανήκε σε φαινολικό υδροξύλιο. Ως κύρια φυσική πηγή τοκοφερόλης χρησιμοποίησε το σιτέλαιο (φυτικό έλαιο που βρίσκεται στα φύτρα σιταριού), που είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε α – τοκοφερόλη, αλλά και στις υπόλοιπες τοκοφερόλες. Το 1938, ο Γερμανός χημικός και ερευνητής Erhard Fernholtz (1909 – 1940) παρουσίασε την πλήρη χημική δομή της ένωσης. Αργότερα διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν και άλλες ενώσεις με παραπλήσια δομή (με διαφορές μόνο στον αριθμό και στις θέσεις μεθυλίων), που συλλογικά ονομάστηκαν τοκοφερόλες και διακρίνονταν μεταξύ τους με προθήματα ελληνικών γραμμάτων (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2014· Wolf, 2005). Η βιταμίνη E αποτελείται από ένα σύμπλεγμα τεσσάρων ομόλογων ενώσεων, τις α –, β –, γ – και δ – τοκοφερόλες, οι οποίες έχουν ως μητρική ένωση την τοκόλη. Η τοκόλη έχει το σκελετό του 3, 4 – διϋδρο – χρωμένιου με πολυϋδροϊσοτερπενική αλυσίδα στη 2 – θέση και υδροξύλιο στην 6 – θέση. Οι τοκοφερόλες (tocopherols) ανήκουν στα λιποειδή και λόγω του υδροξυλίου τους είναι αλκοόλες. Στην κατηγορία της βιταμίνης E ανήκουν και οι α –, β –, γ – και δ – τοκοτριενόλες, αλλά με πολύ μικρότερη βιταμινική δράση. Έχουν ως μητρική ένωση την τοκοτριενόλη. Οι τοκοφερόλες έχουν βιταμινική και αντιοξειδωτική δράση. Η βιταμινική δράση είναι φθίνουσα από την α – τοκοφερόλη προς τη δ – τοκοφερόλη. Η α – τοκοφερόλη εμφανίζει τη μεγαλύτερη δραστηριότητα ως βιταμίνη E, ενώ οι υπόλοιπες τοκοφερόλες εμφανίζουν βιολογική δραστηριότητα που κυμαίνεται από 1% μέχρι 50%, συγκριτικά με εκείνη της α – τοκοφερόλης. Παρόλα αυτά, οι μη α – τοκοφερόλες, που βρίσκονται συνήθως στις τροφές, συνεισφέρουν το 20% περίπου της απαιτούμενης ποσότητας α – τοκοφερόλης μίας μικτής δίαιτας. Η ονομασία τους προέρχεται από τον ορο «tocos» (τοκετός, γέννα,

δημιουργία) και τον αρχαίο ελληνικό όρο «phereo» (φέρνω), επειδή η απουσία τους είχε συνδεθεί με προβλήματα στην αναπαραγωγική λειτουργία, όπως οι αποβολές εμβρύων. Πρόκειται για μία λιποδιαλυτή βιταμίνη, που αποθηκεύεται για μεγάλες περιόδους στο σώμα, κυρίως στο λιπώδη ιστό και στο ήπαρ (Ανδρικόπουλος, 2015· Παπανικολάου, 1997).



Εικόνα 1.35: Η χημική δομή της βιταμίνης Ε.

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η βιταμίνη Ε βρίσκεται σε προϊόντα φυτικής προέλευσης και στα περισσότερα από αυτά υπάρχει σε σημαντικές ποσότητες. Κύριες πηγές της βιταμίνης Ε θεωρούνται τα φυτικά έλαια (ηλιέλαιο, φοινικέλαιο, βαμβακέλαιο), η μαργαρίνη, το φυτικόβούτυρο, οι ξηροί καρποί (καρύδια, φουντούκια, αμύγδαλα, ηλιόσποροι), τα ψάρια με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος, οι γαρίδες, τα προϊόντα από ολόκληρα δημητριακά, τα πράσινα λαχανικά (χόρτα, σπανάκι, μπρόκολο, σέλινο, σπαράγγια), τα ξερά φασόλια, οι γλυκοπατάτες, τα καρότα, οι ντομάτες, τα φρούτα (αβοκάντο, μάνγκο, ακτινίδια, δαμάσκηνα, μήλα, αχλάδια), το γάλα,

⁴⁰ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_Ε

τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα αυγά (Ανδρικόπουλος, 2015· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997· Baynes & Dominiczak, 2002).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη είναι 10 mg – 15 mg ημερησίως για τους υγιείς ενήλικες.



Εικόνα 1.36: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης Ε.

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της βιταμίνης Ε γίνεται στο λεπτό έντερο παρουσία χολικών αλάτων και λιπών, όπου το 20% διέρχεται μέσω του εντερικού τοιχώματος στη λέμφο. Στη συνέχεια, μεταφέρεται στο αίμα συνδεδεμένη με λιποπρωτεΐνες. Η βιταμίνη Ε αποθηκεύεται σε όλους τους ιστούς, κυρίως στο λιπώδη ιστό, στους μύες και στο ήπαρ. Επίσης, μεγάλες ποσότητες βιταμίνης Ε βρίσκονται στην καρδιά, στους πνεύμονες, στη μήτρα, στους όρχεις, στην υπόφυση και στα επινεφρίδια. Κύρια απεκκριτική οδός θεωρούνται τα περιττώματα, ενώ μικρές ποσότητες απεκκρίνονται και μέσω του ουροποιητικού συστήματος (Παπανικολάου, 1997).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιταμίνη Ε έχει αντιοξειδωτική δράση, προστατεύοντας τις μεμβράνες των κυττάρων από τις βλάβες. Προστατεύει το κυτταρικό και το ενδοκυτταρικό σχηματισμό. Προφυλάσσει

⁴¹ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002406>

ορισμένα ένζυμα και ενδοκυτταρικά συστατικά από την καταστροφή. Βοηθάει στην εξουδετέρωση ή στην καταστροφή των ελεύθερων ριζών (ασταθή μόρια οξυγόνου), που προκαλούν ζημιά στα κύτταρα. Επιβραδύνει το τάγγισμα των λιπών στις τροφές και στο πεπτικό σύστημα. Επίσης, δρα ως αντιοξειδωτικό, στην προστασία των βιταμινών A, C, των ενζύμων που περιέχουν θείο και του ATP (Adenosine Triphosphate, τριφωσφορική αδενοσίνη) και έτσι τα καθιστά ικανά ώστε να φέρουν εις πέρας τις ειδικές και σημαντικές λειτουργίες τους στον οργανισμό. Παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων και στην προστασία τους από βλάβες. Θεωρείται ρυθμιστής ορισμένων ενώσεων του οργανισμού. Οι τοκοφερόλες συμμετέχουν στη βιοσύνθεση του DNA, ρυθμίζοντας την ενσωμάτωση των πυριμιδινών μέσα στη δομή του νουκλεϊκού οξέος. Είναι απαραίτητη για την κυτταρική αναπνοή. Διαθέτει αντικαρκινική δράση (καρκίνος του προστάτη, καρκίνος του μαστού), αλλά και ανασταλτική σε χρόνιες παθήσεις (καταρράκτης, καρδιαγγειακές παθήσεις, διαβήτης, Νόσος Parkinson, Νόσος Alzheimer). Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα. Είναι προστατευτικός παράγοντας κατά της εμφάνισης εμφράγματος του μυοκαρδίου. Μπορεί να δράσει εμποδίζοντας την οξείδωση της «κακής» χοληστερόλης, η οποία ευνοεί τη δημιουργία αθηρωματικών πλακών. Μειώνει τις φλεγμονώδεις διαδικασίες, που συνδέονται με τις καρδιακές παθήσεις. Ανακουφίζει τον πόνο στο στήθος, αλλά και το δριμύ πόνο στα πόδια, που προκαλείται από κυκλοφορικό πρόβλημα. Επίσης, ενισχύει τη θεραπεία του δέρματος και των πληγών. Μπορεί να επιβραδύνει τη διαδικασία γήρανσης. Παρέχει προστασία από τις τοξίνες, τον καπνό του τσιγάρου, καθώς και από άλλες βλάβες που προκαλούνται από παρόμοια οξειδωτικά συστατικά της μόλυνσης του ατμοσφαιρικού αέρα, όπως είναι το όζον (O_3) και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Baynes & Dominiczak, 2002).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Έλλειψη βιταμίνης E παρατηρείται σε πρόωρα νεογνά που πάσχουν από αιμολυτική αναιμία ή αποφρακτικό ίκτερο. Επίσης, παρατηρείται σε κάποιες παθολογικές καταστάσεις, όπως σε άτομα που πάσχουν από κίρρωση του ήπατος, ανεπάρκεια παγκρέατος, σε ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε γαστρεκτομή και σε όσους δεν γίνεται σωστή απορρόφηση των λιπών στο έντερο. Η χορήγηση αντισυλληπτικών και αντισπασμωδικών (φαινυτοΐνη, φαινοβαρβιτάλη, καρβαμαζεπίνη) φαρμάκων, καθώς επίσης και η έλλειψη ψευδαργύρου

μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλά επίπεδα βιταμίνης E στο πλάσμα. Ομοίως, η υγρή παραφίνη, η χολεστυραμίνη και η σουκραλφάτη μπορούν να μειώσουν την εντερική απορρόφηση της βιταμίνης E. Η έλλειψη της βιταμίνης E προκαλεί βλάβες στους ιστούς του νευρικού και του μυϊκού συστήματος. Επίσης μπορεί να επηρεάσει τη γονιμότητα, προκαλώντας στειρώση στους άνδρες και στις γυναίκες (Πανέρας, 1996).

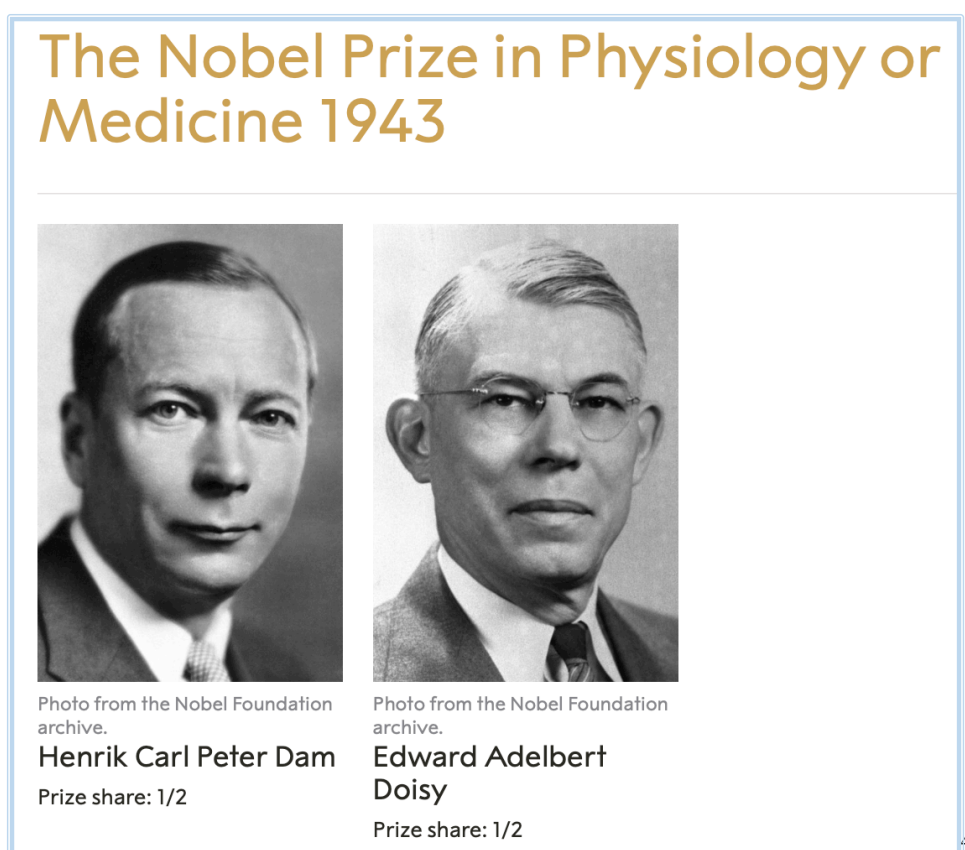
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Δεν υφίσταται κίνδυνος τοξικότητας από υψηλές δόσεις βιταμίνης E, παρά μόνο πονοκέφαλος, διάρροια, αίσθηση διπλής όρασης, κόπωση, μυϊκή αδυναμία. Επίσης, οι υψηλές ποσότητες βιταμίνης E μπορούν να παρεμποδίσουν την απορρόφηση της βιταμίνης A, να αυξήσουν την αντιπηκτική δράση, αλλά και την απαίτηση για βιταμίνη K, σε ασθενείς που τους χορηγούνται αντιπηκτικά (Groff et al., 1995).

1.6 Βιταμίνη K ή Αντιαμορραγική Βιταμίνη

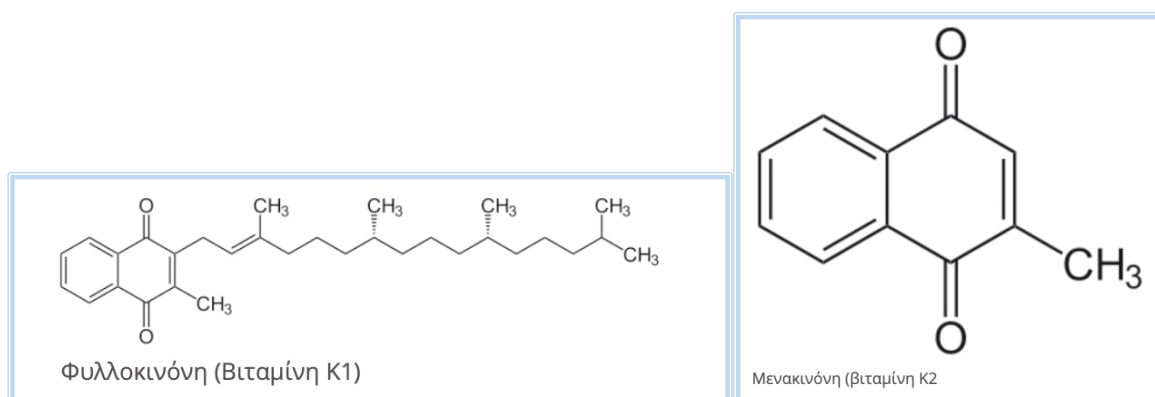
Στα τέλη της δεκαετίας του 1920, ο Δανός βιοχημικός και φυσιολόγος Henrik Carl Peter Dam (1895 – 1976) παρατήρησε ότι στα κοτόπουλα που τρέφονταν με δίαιτα χαμηλής χοληστερόλης, δεν έπηξε το αίμα. Το 1934, μετά από πολύ πειραματισμό με την προσθήκη βιταμίνης C και άλλων γνωστών βιταμινών, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένας άγνωστος μέχρι τότε παράγοντας ήταν απαραίτητος για την πήξη του αίματος. Αυτή την ουσία, την αποκάλεσε βιταμίνη K, από το γερμανικό όρο «koagulation» (πήξη). Τον επόμενο χρόνο, ο Αμερικανός βιοχημικός Edward Adelbert Doisy (1893 – 1986) ανακάλυψε τη χημική φύση της βιταμίνης K. Τη δεκαετία του 1930, ο Dam μελέτησε τις ιατρικές εφαρμογές των παρασκευασμάτων της βιταμίνης K (Shampo & Kyle, 1998). Βιταμινική δράση K έχουν μία σειρά από λιποδιαλυτά παράγωγα της ναφθοκινόνης με ισοπρενοειδή πλευρική αλυσίδα 30 – 50 άτομα άνθρακα, τα οποία διακρίνονται σε βιταμίνη K1 ή φυλλοκινόνη (2 – μέθυλο – 3 – φυτυλο – 1, 4 – ναφθοκινόνη) και K2 ή μενακινόνη (2 – μέθυλο – 3 – πολυπρένυλο – 1, 4 – ναφθοκινόνη). Ανήκουν στα λιποειδή και στα ισοπρενοειδή και λόγω των κετονικών ομάδων κατατάσσονται στις κετόνες και ειδικότερα στις βενζοκενόνες ή στις ναφθοκινόνες. Όμως, έχουν παρασκευαστεί και διάφορες συνθετικές ενώσεις που εμφανίζουν παρόμοια δράση με εκείνη της βιταμίνης K. Η πιο γνωστή από αυτές είναι η βιταμίνη K3 ή μεναδιόνη (2 – μέθυλο – 1, 4 – ναφθοκινόνη), η οποία όμως πρέπει να μετατραπεί σε βιταμίνη K2 για

να είναι βιολογικά δραστική στον ανθρώπινο οργανισμό. Η φυλλοκινόνη και η μενακινόνη διαφέρουν μεταξύ τους στην κατασκευή της πολυπρενυλικής πλάγιας αλυσίδας. Η μεναδιόνη έχει χαρακτηριστικά προβιταμίνης, επειδή η πλάγια αλυσίδα της μπορεί να συντεθεί στον οργανισμό. Η φυλλοκινόνη βρίσκεται σε υψηλότερες ποσότητες σε πράσινα φυλλώδη λαχανικά, επειδή συμμετέχει άμεσα στη φωτοσύνθεση, ενώ η μενακινόνη συντίθεται από πολλούς μικροοργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων και των βακτηριδίων του ανθρώπινου πεπτικού σωλήνα. Πρόκειται για μία λιποδιαλυτή βιταμίνη, που είναι απαραίτητη για τον ανθρώπινο οργανισμό, διότι βοηθάει στην πήξη του αίματος σε περιπτώσεις αιμορραγίας και για αυτό ονομάζεται και αντ αιμορραγική βιταμίνη (Ανδρικόπουλος, 2015· Παπανικολάου, 1997· Karlson et al., 1993).



Εικόνα 1.37: Το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1943 μοιράστηκαν εξίσου ο Δανός βιοχημικός και φυσιολόγος Henrik Carl Peter Dam για την ανακάλυψη της βιταμίνης K και το ρόλο της στην ανθρώπινη φυσιολογία και ο Αμερικανός βιοχημικός Edward Adelbert Doisy για την ανακάλυψη της χημικής φύσης της βιταμίνης K.

⁴² Ανακτήθηκε από: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1943/summary/>



43

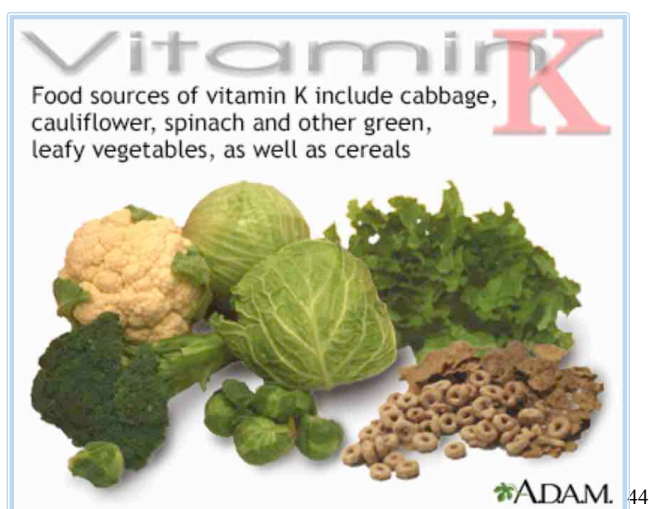
Εικόνα 1.38: Η χημική δομή της βιταμίνης K1 ή φυλλοκινόνης (αριστερά) και της βιταμίνης K2 ή μενακινόνης (δεξιά).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Η καλύτερη πρόσληψη της βιταμίνης K επιτυγχάνεται με την κατανάλωση φρέσκων τροφών, ενώ η κατανάλωση κατεψυγμένων τροφών είναι ανεπαρκής στη συγκεκριμένη βιταμίνη. Κύριες πηγές βιταμίνης K θεωρούνται τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (μπρόκολο, κουνουπίδι, γογγύλια, λάχανο, μαρούλι, σπανάκι, ραδίκια, μπιζέλια), τα προϊόντα δημητριακών, οι πατάτες, οι ντομάτες, τα φυτικά έλαια (ελαιόλαδο, σογιέλαιο, βαμβακέλαιο), η μαργαρίνη, τα φρούτα, τα κάστανα, το χοιρινό συκώτι, τα αυγά, το γάλα, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (τυρί) (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Gropper, Smith, & Groff, 2008· Thomas & Bishop, 2007).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν είναι καθορισμένη, διότι η ποσότητα που συντίθεται στο παχύ έντερο και απορροφάται από το βλεννογόνο του είναι μη προσδιορισμένη. Έπειδή όμως, το πεπτικό σύστημα των νεογνών στερείται φυσιολογικής χλωρίδας και άρα δεν μπορεί να υποστηρίξει τη σύνθεση της βιταμίνης K, συνηθίζεται να χορηγείται η συγκεκριμένη βιταμίνη αμέσως μετά τη γέννηση (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

⁴³ Ανακτήθηκε από: https://www.wikiwand.com/el/Βιταμίνη#/Βιταμίνη_K



Εικόνα 1.39: Πηγές πρόσληψης της βιταμίνης K.

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση της βιταμίνης K γίνεται στην άνω μοίρα του λεπτού εντέρου, στη νήστιδα και στον ειλέο, παρουσία χολικών αλάτων και παγκρεατικού υγρού. Η απορρόφηση των διαφόρων μορφών της ποικίλει. Η φυλλοκινόνη απορροφάται με μία διαδικασία που απαιτεί ενέργεια από το εγγύς τμήμα του λεπτού εντέρου. Η μεναδιόνη απορροφάται παθητικά, με μία διαδικασία που δεν ενέχονται μεταφορείς από το παχύ και το λεπτό έντερο. Στη συνέχεια, μεταφέρεται στο αίμα συνδεδεμένη με λιποπρωτεΐνες. Η βιταμίνη K αποθηκεύεται σε μικρές ποσότητες σε όλους τους ιστούς, κυρίως στο ήπαρ. Κυρία απεκκριτή οδός σε ποσοστό 30% – 40% θεωρούνται τα περιττώματα και σε ποσοστό 15% το ουροποιητικό σύστημα (Guthie, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Η βιταμίνη K απαιτείται για τη βιοσύνθεση κάποιων πρωτεϊνών που βρίσκονται στο πλάσμα και τα νεφρά. Είναι υπεύθυνη για την καρβοξυλίωση της οστεοκαλσίνης (πρωτεΐνη των οστών) στη δραστική της μορφή. Η οστεοκαλσίνη ρυθμίζει την ανταλλαγή του ασβεστίου στα οστά και τη μεταλλοποίηση. Βοηθάει στη δημιουργία γερών οστών. Παίζει σπουδαίο ρόλο στη σύνθεση των πρωτεϊνών της πήξης του αίματος, όπου βοηθάει στην επούλωση των πληγών, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση των αιμορραγιών. Δρα ως συνένζυμο για το

⁴⁴ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002407>

σχηματισμό του γ - καρβοξυ - γλουταμινικού οξέος, το οποίο μετατρέπει τα ιόντα ασβεστίου και επιτρέπει την πρόσδεση των πρωτεϊνών της πήξης του αίματος στα λιπίδια των μεμβρανών. Διεγείρει στο ήπαρ το σχηματισμό και την έκκριση πολλών παραγόντων, κυρίως της προθρομβίνης (πρόδρομη ένωση της θρομβίνης), της προκομβερτίνης (παράγοντας VII), των παραγόντων IX, X και των πρωτεϊνών C, S και Z. Χρησιμοποιείται για την υπερβολική εμμηνορροϊκή αιμορραγία, υπό ιατρική επίβλεψη, καθώς και στη μείωση της απώλειας αίματος μετά από χειρουργική επέμβαση, αλλά και στην αποτροπή προβλημάτων αιμορραγίας στα νεογνέννητα μωρά. Συμμετέχει σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, όπως στην αντίδραση της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, κατά την οποία ξαναδημιουργείται το ATP από το ADP. Επομένως, χρησιμοποιείται από τον οργανισμό για τη μεταφορά και την αξιοποίηση ενέργειας. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην πρόληψη του καρκίνου και βοηθάει όσους υποβάλλονται σε θεραπεία με ακτινοβολία (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Gropper et al., 2008· Karlson et al., 1993· Ursel, 2001).



Εικόνα 1.40: Τα οφέλη της βιταμίνης K.

Έλλειψη – Ανεπάρκεια – Αβιταμίνωση – Υποβιταμίνωση

Η έλλειψη της βιταμίνης K στους υγιείς ανθρώπους είναι σπάνια, διότι ο ανθρώπινος οργανισμός καλύπτει τις ανάγκες του από κάποιους μικροοργανισμούς της παρασιτικής χλωρίδας του εντέρου, που έχουν την ικανότητα παραγωγής της. Ωστόσο, έλλειψη μπορεί να προκληθεί είτε λόγω χολικής απόφραξης, είτε λόγω παθήσεων ή χειρουργικών

⁴⁵ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=002407>

επεμβάσεων στο ήπαρ ή στο έντερο, που διαταράσσουν την απορρόφηση των λιπιδίων, είτε λόγω παρεντερικής σίτισης που δεν περιέχει βιταμίνη Κ, είτε λόγω λήψης φαρμάκων αντιπηκτικών, σουκραλφάτης, υγρής παραφίνης, χολεστυραμίνης, που μειώνουν την εντερική απορρόφηση της βιταμίνης. Επίσης, μπορεί να παρουσιαστεί στα νεογνά κατά τις πρώτες ημέρες της ζωής τους, με αποτέλεσμα την εκδήλωση χαρακτηριστικής αιμορραγίας, η οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί με χορήγηση βιταμίνης Κ στο νεογνό αμέσως μετά τον τοκετό ή στη μητέρα πριν τον τοκετό. Η κύρια συνέπεια της ανεπάρκειας της βιταμίνης Κ είναι η αναστολή της σύνθεσης της προθρομβίνης, καθώς και των άλλων παραγόντων της πήξης του αίματος, που εξαρτώνται από αυτήν. Επίσης, η χρόνια έλλειψη οδηγεί σε κακή οστεοποίηση και σε κακή αποτιτάνωση της οστικής μάζας. Χαμηλά επίπεδα βιταμίνης Κ και μειωμένη καρβοξυλίωση της οστεοκαλσίνης έχουν αναφερθεί σε γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση και σε άτομα που έχουν υποστεί κατάγματα. Ένα από τα πρώτα σημάδια της ανεπάρκειας βιταμίνης Κ είναι όταν εμφανίζονται εύκολα μώλωπες (Πανέρας, 1996· Säuberlich, 1999· Gropper et al., 2008).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη – Υπερβιταμίνωση

Η πρόσληψη φυσικών μορφών βιταμίνης Κ, από το στόμα, δεν παρουσιάζει τοξικότητα. Αντιθέτως, η συνθετική της μορφή, η μεναδιόνη και τα διάφορα παράγωγά της, προκαλεί τοξικότητα και απαγορεύεται η χρήση της σε διατροφικά εμπλουτισμένα τροφών. Για το λόγο αυτό, τα παρασκευάσματα της βιταμίνης Κ1 προτιμούνται για την αντιμετώπιση παθολογικών καταστάσεων, όπως είναι η ηπατική νόσος, η χορήγηση υπερβολικής δόσης αντιπηκτικών και οι σοβαρές περιπτώσεις δυσαπορρόφησης (Townsend, 1996).

2. Ανόργανα Συστατικά

Για την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού είναι ιδιαίτερος σημαντικός ο ρόλος των ανόργανων συστατικών. Πρόκειται για χημικά στοιχεία που συναντώνται στο ανθρώπινο σώμα, κυρίως στους ιστούς, στο σκελετό και στα υγρά μέρη του. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ανόργανων συστατικών, τα μέταλλα ή μακροστοιχεία και τα ιχνοστοιχεία. Τα πρώτα είναι αναγκαία σε μεγάλες ποσότητες, ενώ για τα δεύτερα αρκεί μία μικρή ποσότητα για να ωφελήσουν τον οργανισμό. Η συγκέντρωση των μακροστοιχείων είναι αρκετά μεγάλη

στους ανθρώπινους ιστούς. Τα κυριότερα μακροστοιχεία που προσλαμβάνονται σε ικανοποιητικό ποσοστό με τις τροφές είναι το ασβέστιο (Ca), το θείο (S), το κάλιο (K), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), ο φώσφορος (P), αλλά και το χλώριο (Cl). Τα χημικά στοιχεία που συναντώνται στον ανθρώπινο οργανισμό σε ελάχιστες ποσότητες (ίχνη) λέγονται ιχνοστοιχεία. Τα ιχνοστοιχεία από τη μεριά τους μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, α) στα απαραίτητα ή ωφέλιμα για τη ζωή, με κυριότερα παραδείγματα το ιώδιο (I) και το σίδηρο (Fe) και β) τα μη απαραίτητα ή τοξικά με κύριο εκπρόσωπο το μόλυβδο (Pb). Βέβαια, υπάρχει περίπτωση ένα ιχνοστοιχείο σε μικρές ποσότητες να είναι απαραίτητο, αλλά σε μεγάλες ποσότητες τοξικό. Πολύ σημαντικά ιχνοστοιχεία θεωρούνται το βανάδιο (V), το βόριο (B), το ιώδιο (I), το κοβάλτιο (Co), το μαγγάνιο (Mn), το μολυβδαίνιο (Mo), το πυρίτιο (Si), το σελήνιο (Se), ο σίδηρος (Fe), το φθόριο (F), ο χαλκός (Cu), το χρώμιο (Cr) και ο ψευδάργυρος (Zn). Η συγκέντρωση των μακροστοιχείων στο σώμα είναι αρκετά υψηλή, εν αντιθέσει με τα ιχνοστοιχεία που η συγκέντρωσή τους θεωρείται σχεδόν μηδαμινή, πλην όμως απαραίτητη για τις μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού. Οι συνιστώμενες ημερήσιες προσλήψεις του οργανισμού σε μακροστοιχεία κυμαίνονται μεταξύ 100 mg και μερικών γραμμαρίων, ενώ σε ιχνοστοιχεία από μερικά μg σε μερικά mg. Υπάρχουν άλατα ανόργανων συστατικών όπως του ιωδίου, του καλίου, του νατρίου και του φθορίου που είναι ευδιάλυτα στο νερό και έτσι απορροφώνται εύκολα από το ανθρώπινο σώμα. Όμως, τα άλατα των υπολοίπων ανόργανων συστατικών είναι δυσδιάλυτα στο νερό και έτσι ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτών, που συναντάται στις τροφές, απορροφάται από το ανθρώπινο έντερο. Τα ανόργανα συστατικά παρουσιάζουν έντονη βιολογική δράση. Αξίζει να αναφερθεί ότι: α) Το ασβέστιο, το μαγνήσιο και ο φώσφορος συμβάλλουν στη διαμόρφωση του σκελετού του σώματος. β) Μερικά από αυτά αποτελούν δομικά συστατικά πολλών πρωτεϊνών, ενζύμων και ορμονών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το ιώδιο στη θυροξίνη, ο σίδηρος στην αιμοσφαιρίνη και ο ψευδάργυρος στην καρβοξυπεπτιδάση. γ) Μπορούν να ενεργοποιήσουν ή να αναστείλουν την δράση των ενζύμων. δ) Λειτουργούν σαν αποθήκες ενέργειας. ε) Υποβοηθούν τη μεταφορά χημικών μηνυμάτων, διαμέσου του νευρικού συστήματος. στ) Συνεισφέρουν στη διατήρηση της ωσμωτικής πίεσης των υγρών του σώματος. ζ) Κατανέμουν ομοιόμορφα τα ιόντα στο σώμα και ρυθμίζουν το pH στις φυσιολογικές τιμές. Χάρη στην ομοιόσταση οι διάφοροι ιστοί και τα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού εφοδιάζονται συνεχώς με τα απαραίτητα ανόργανα συστατικά. Όμως, διατροφή κι ομοιόσταση οφείλουν να λειτουργούν

αλληλένδετα, ώστε ο οργανισμός να εξασφαλίζει συνεχώς αποθέματα στο εσωτερικό του (Μουντζούρης, 2002· Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980).

2.1 Μέταλλα ή Μακροστοιχεία

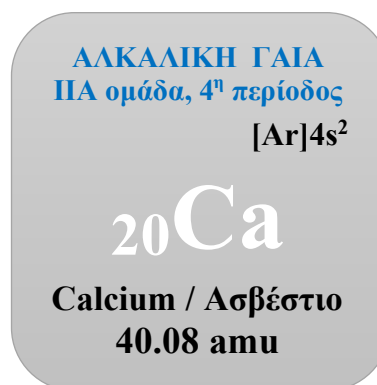
Δύο θεμελιώδεις λειτουργίες της τροφής, η σύνθεση βασικών ιστών και η ρύθμιση φυσιολογικών διεργασιών του οργανισμού διεκπεραιώνονται από τα ανόργανα συστατικά. Ιδιαίτερα τα μέταλλα διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στο σχηματισμό σημαντικών ιστών του σώματος, όπως των οστών, των δοντιών και των μυών. Επίσης, κάποια μέταλλα δομούν ειδικές πρωτεΐνες, τα ένζυμα και ονομάζονται μεταλλοένζυμα. Έτσι, πολλές μεταβολικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο ανθρώπινο σώμα επιταχύνονται με τη συμβολή και των μετάλλων. Επιπροσθέτως, οι λειτουργίες των μυών και των νεύρων καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την επάρκεια κάποιων μετάλλων. Τα χημικά στοιχεία κάλιο, νάτριο και χλώριο συμβάλλουν στη διατήρηση της ωσμωτικής πίεσης στο εσωτερικό του οργανισμού. Τα στοιχεία αυτά σε υδατικό περιβάλλον παρέχουν ελεύθερα φορτισμένα σωματίδια, τα ιόντα, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Για το λόγο αυτό ονομάζονται ηλεκτρολύτες. Το κάλιο και το νάτριο παρέχουν θετικά ιόντα, ενώ το χλώριο αρνητικά ιόντα. Ο ενδοκυττάριος χώρος του οργανισμού είναι πλούσιος σε ιόντα καλίου (K^+) και ιόντα μαγνησίου (Mg^{+}), σε αντίθεση με τον εξωκυττάριο χώρο, όπου σε μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκονται τα ιόντα νατρίου (Na^+). Έτσι στην εξωτερική επιφάνεια υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ιόντων νατρίου, ενώ στην εσωτερική επιφάνεια υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ιόντων καλίου, καθώς και αρνητικών ιόντων. Η μεμβράνη του κυττάρου διατηρεί αυτή την άνιση κατανομή ιόντων, μέσω της αντλίας καλίου – νατρίου. Λόγω αυτής της μεγάλης διαφοράς συγκέντρωσης ιόντων νατρίου ανάμεσα στους δύο χώρους της μεμβράνης του κυττάρου, τα ιόντα νατρίου μεταφέρονται μέσα στο κύτταρο, ενώ τα ιόντα καλίου οδηγούνται στην έξοδο. Έτσι, εξασφαλίζεται η παραγωγή δυναμικής ενέργειας στα νεύρα και στους μυς. Όσον αφορά τις φυσιολογικές διεργασίες, αυτές οι οποίες ρυθμίζονται από τα μέταλλα είναι: α) Οι μυϊκές συσπάσεις. β) Η μεταφορά του οξυγόνου. γ) Η μεταφορά των χημικών μηνυμάτων (ερεθισμάτων), που δέχεται ο οργανισμός. δ) Η διατήρηση του νερού σε φυσιολογικά επίπεδα. ε) Η πήξη του αίματος. στ) Η φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς. Όταν οι ποσότητες των ανόργανων συστατικών αποκλίνουν από τα φυσιολογικά επίπεδα, τότε ο ανθρώπινος οργανισμός ενεργοποιεί την ομοιόσταση. Στην περίπτωση της ανεπάρκειας, η απορρόφηση ποσότητας ανόργανων

συστατικών υπερισχύει της αποβολής αυτών, ενώ όταν παρατηρείται πλεόνασμα η απέκκριση αυξάνεται σε σχέση με την απορρόφηση. Όμως, ο οργανισμός δεν είναι σε θέση να αποβάλλει κάποια ανόργανα συστατικά. Έτσι, η υπερβολική πρόσληψη αυτών μπορεί να επιφέρει σοβαρές βλάβες στην υγεία του ανθρώπου (Ζερφυρίδης, 1998· Eccles, 1994· Melvin, 2003).

2.1.1 Ασβέστιο (Ca)

Ιστορική Αναδρομή

Από τους προϊστορικούς χρόνους χρησιμοποιούσαν τον ασβέστη ως δομικό υλικό. Στην πόλη Khafajah της Μεσοποταμίας βρέθηκε η πρώτη καταγεγραμμένη ασβεστοκάμινος, η οποία χρονολογείται από το 2.500 π.Χ. Το 1808, ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829) κατάφερε να απομονώσει για πρώτη φορά το μεταλλικό ασβέστιο, μέσω της ηλεκτρόλυσης. Η ονομασία του «calcium» προέρχεται από



το λατινικό όρο «calx» (ασβέστης) (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012c). Το ασβέστιο (calcium, Ca²⁺) αποτελεί το πιο άφθονο δισθενές κατιόν στον ανθρώπινο οργανισμό, συγκριτικά με τα υπόλοιπα μέταλλα. Πρόκειται για ένα ανόργανο συστατικό τεράστιας σημασίας. Αποτελεί περίπου το 1,5% του συνολικού σωματικού βάρους, δηλαδή 1.000 g – 1.300 g. Το 99% απαντάται στον οργανικό σκελετό, με τη μορφή φωσφορικών αλάτων, και στα δόντια, με τη μορφή υδροξυαπατίτη (το κυριότερο συστατικό του σμάλτου των δοντιών), συμβάλλοντας τόσο στο σχηματισμό, όσο και στη διατήρησή τους. Το υπόλοιπο 1% απαντάται στα ενδοκυττάρια και στα εξωκυττάρια υγρά του σώματος (Ζαχαριάδης, χ.χ· Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995· Guthrie, 1983).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές ασβεστίου θεωρούνται το γάλα (πλήρες γάλα, αποβουτυρωμένο ή με 1% λιπαρά γάλα, συμπυκνωμένο αποβουτυρωμένο γάλα, βουτυρόγαλα), τα γαλακτοκομικά

προϊόντα (τυρί, γιαούρτι, παγωτό), τα αυγά, τα πράσινα λαχανικά (σπανάκι, μαρούλι, λάχανο, κουνουπίδι, μπρόκολο, βρούβες, φασολάκια, μπάμιες, ραδίκια, αγκινάρες, χόρτα, γογγύλια), τα ψάρια (σολομός, μπακαλιάρος, γλώσσα) και ιδίως τα μικρά ψάρια που καταναλώνονται με το κόκκαλο (μαρίδα, γάυρος, σαρδέλα), το μουνουνέλαιο, οι ξηροί καρποί (αμύγδαλα, κολοκυθόσποροι, καρύδια, φιστίκια), τα όσπρια (ξηρά φασόλια, ρεβύθια, φακές), τα φρέσκα φρούτα (ακτινίδια, μπανάνες) καθώς και τα αποξηραμένα φρούτα (ξηρά σύκα, δαμάσκηνα), το τόφου, το γάλα σόγιας εμπλουτισμένο με ασβέστιο (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997· Eccles, 1994).

Πίνακας 2.1: Περιεκτικότητα φυτικών τροφών σε ασβέστιο.

Τρόφιμα	Ποσότητα	Ασβέστιο (mg)
Λαχανικά		
Χόρτα Collards	1 φλυτζάνι	268
Σπανάκι	1 φλυτζάνι	245
Λαχανίδα μαγειρεμένη (Kale)	1 φλυτζάνι	179
Μπάμιες	1 φλυτζάνι	136
Γογγύλι	1 φλυτζάνι	98
Μπρόκολο	1 φλυτζάνι	62
Αρακάς (μαγειρεμένος)	1 φλυτζάνι	43
Μαϊντανός	½ φλυτζάνι	41
Γλυκοπατάτα	1 μέτρια	41
Κολοκυθάκια (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	37
Πράσα (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	36
Κινόα	1 φλυτζάνι	31
Ραδίκια	1 φλυτζάνι	25

Προϊόντα Σόγιας		
Γάλα σόγιας (εμπλουτισμένο)	½ φλυτζάνι	240
Τόφου	½ φλυτζάνι	126
Ξηροί Καρποί		
Φιστίκια	¼ φλυτζάνι	185
Αμύγδαλα	¼ φλυτζάνι	92
Σουσάμι	1 κουταλιά της σούπας	89
Ταχίνι	1 κουταλιά της σούπας	64
Φουντούκια	¼ φλυτζάνι	35
Όσπρια		
Ρεβύθια (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	80
Φασόλια (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	62
Φακές (μαγειρεμένες)	1 φλυτζάνι	38
Φρούτα		
Δαμάσκηνα αποξηραμένα	1 φλυτζάνι	75
Σύκα αποξηραμένα	¼ φλυτζάνι	60
Πορτοκάλια	1 μέτριο	51
Άλλα Τρόφιμα		
Μελάσα Ζαχαρότευτλου	1 κουταλιά της σούπας	80
Μαύρη Σοκολάτα (70% κακάο)	100 γραμμάρια	73 ⁴⁶

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία και κυμαίνεται μεταξύ 200 mg – 1.200 mg ημερησίως (Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997).

⁴⁶ Πηγή: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release, 2012.

Πίνακας 2.2: Συνιστώμενες διαιτητικές προσλήψεις ασβεστίου.

Στάδιο Ζωής	Άνδρες	Γυναίκες
0 – 6 μηνών	200 mg	200 mg
7 – 12 μηνών	260 mg	260 mg
1 – 3 ετών	700 mg	700 mg
4 – 8 ετών	1.000 mg	1.000 mg
9 – 18 ετών	1.300 mg	1.300 mg
19 – 50 ετών	1.000 mg	1.000 mg
> 51 ετών	1.200 mg	1.200 mg
Εγκυμοσύνη		1.000 mg
Θηλασμός		1.000 mg ⁴⁷

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

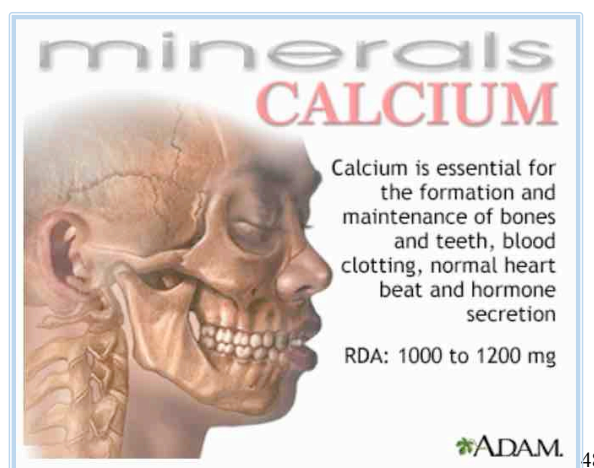
Η απορρόφηση του ασβεστίου (σε διαλυτή ή ιονισμένη μορφή) από τον οργανισμό γίνεται μέσω του γαστρεντερικού συστήματος, που το απελευθερώνει στην κυκλοφορία του αίματος, προτού το ασβέστιο αποθηκευτεί στα σπογγώδη οστά και εν συνεχεία μετακινηθεί ανάλογα με τις ανάγκες. Με προϋπόθεση την επαρκή ποσότητα βιταμίνης D, υπολογίζεται η απορρόφηση του ασβεστίου σε ποσοστό μόλις 20% – 30%, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα ασβεστίου απεκκρίνεται. Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε ασβέστιο και η βιοδιαθεσιμότητά του ποικίλει ανάλογα με τη σύσταση των τροφίμων. Όλα τα γαλακτοκομικά προϊόντα, αλλά και πολλά πράσινα λαχανικά έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο. Όμως, σε κάποια λαχανικά, όπως το σπανάκι, δεν παρατηρείται υψηλή βιοδιαθεσιμότητα ασβεστίου, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε οξαλικά άλατα. Αντιθέτως, το νερό (πόσιμο και μεταλλικό) αποτελεί καλή πηγή βιοδιαθεσιμότητας. Η βιοδιαθεσιμότητα εξαρτάται τόσο από ορμονικούς, όσο και από διαιτητικούς παράγοντες. Σημαντικοί παράγοντες για υψηλή βιοδιαθεσιμότητα του ασβεστίου θεωρούνται: η επαρκής

⁴⁷ Πηγή: Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington (DC): The National Academies Press, 2010.

ποσότητα βιταμίνης D, η πρόσληψη πρωτεϊνών, ο δισακχαρίτης του γάλακτος λακτόζη, το όξινο περιβάλλον (χαμηλό pH) και η παραθυρεοειδής ορμόνη. Παράγοντες που σχετίζονται με χαμηλή διαθεσιμότητα ασβεστίου θεωρούνται: η ανεπαρκής ποσότητα βιταμίνης D, η υψηλή κατανάλωση άπεπτων φυτικών ινών, το οξαλικό οξύ, το φυτικό οξύ, η έλλειψη ισορροπίας ασβεστίου – φωσφόρου, η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ και καφεΐνης, το αυξημένο κορεσμένο λίπος, τα μειωμένα επίπεδα οιστρογόνων, το άγχος και η έλλειψη άσκησης. Υψηλή βιοδιαθεσιμότητα παρατηρείται σε γυναίκες κατά τη διάρκεια της κύησης και του θηλασμού, σε ενήλικες μέχρι να γίνουν μεσήλικες, καθώς επίσης και σε παιδιά των οποίων τα οστά αναπτύσσονται. Ενώ, χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα παρατηρείται σε γυναίκες την περίοδο μετά την εμμηνόπαυση, λόγω της ύπαρξης μειωμένων επιπέδων οιστρογόνων. Κύρια απεκκριτική οδός του 70% – 80% που δεν απορροφάται, αλλά και του ενδογενούς ασβεστίου (125 mg – 180 mg ημερησίως) θεωρούνται τα περιττώματα. Η περίσσεια της απορροφώμενης ποσότητας ασβεστίου απεκκρίνεται επίσης, είτε μέσω του ουροποιητικού συστήματος (100 mg – 200 mg ημερησίως), είτε μέσω του ιδρώτα (15 mg ημερησίως, για φυσιολογικά άτομα και έως 100 mg ημερησίως, για εργαζόμενα άτομα σε θερμό κλίμα). Κατά τη διάρκεια της κύησης, 30 g ασβεστίου περίπου εναποτίθενται από τη μητέρα στο έμβρυο, ενώ κατά τη διάρκεια του θηλασμού 250 g ασβεστίου περίπου απεκκρίνονται στο μητρικό γάλα (Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997· Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το ασβέστιο έχει κυρίως δομικό ρόλο, δεσμεύοντας περισσότερο από τα 3/4 του συνολικού φωσφόρου συμβάλλει στην οστεοποίηση (στήριξη των οστών και των δοντιών). Σε συνεργασία με το μαγνήσιο ρυθμίζει τη σωστή καρδιαγγειακή λειτουργία. Μαζί με τη βιταμίνη K ελέγχει τη θρόμβωση (πήξη του αίματος), συμμετέχοντας στη μετατροπή της προθρομβίνης σε θρομβίνη. Συμβάλλει στην καλή λειτουργία της πέψης και στη ρύθμιση του μεταβολισμού. Βοηθάει στην κανονική λειτουργία τόσο του νευρικού συστήματος (μείωση της νευρομυϊκής διεγερσιμότητας), όσο και του μυϊκού συστήματος (συσπαστικότητα των μυών). Είναι απαραίτητο για την παραγωγή και τη δράση κάποιων ορμονών, καθώς και για τη διατήρηση της λειτουργικότητας της κυτταρικής μεμβράνης. Αποτελεί συνένζυμο της καλμοδουλίνης (ένζυμο που ρυθμίζει τη δραστηριότητα της συνθάσης του γλυκογόνου και άλλων ενζύμων) (Ζαχαριάδης, χ.χ· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Guthie, 1983).



Εικόνα 2.1: Κύριες λειτουργίες του ασβεστίου.

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη ασβεστίου (απασβέστωση) στον οργανισμό μπορεί να εμφανίσει οστεοπόρωση. Οστεοπόρωση ονομάζεται η νόσος κατά την οποία μειώνεται η οστική μάζα των οστών, χωρίς να μειώνεται ο όγκος τους, προκαλώντας την αραιώση των οστών. Έτσι διατηρείται η φυσιολογική σχέση της οργανικής ουσίας προς τα ανόργανα συστατικά, όμως στην πραγματικότητα ελαττώνεται και η οργανική ουσία, αλλά και τα ανόργανα συστατικά. Οι γυναίκες ηλικίας 51 ετών – 65 ετών εμφανίζουν οστεοπόρωση τύπου I, η οποία επηρεάζει κυρίως τον καρπό και τους σπονδύλους. Οι γυναίκες και οι άντρες ηλικίας άνω των 75 ετών εμφανίζουν οστεοπόρωση τύπου II, η οποία επηρεάζει το βραχιόνιο οστό, το ισχίο, την κνήμη, τη λεκάνη και τους σπονδύλους. Αιτίες εμφάνισης της οστεοπόρωσης είναι: το οικογενειακό ιστορικό οστεοπόρωσης, το γυναικείο φύλο, οι διαταραχές του κύκλου, η πρόωρη εμμηνόπαυση (πριν το 42^ο έτος της ηλικίας), η προχωρημένη ηλικία (ηλικιωμένα άτομα), η λευκή φυλή, η μικρόσωμη εμφάνιση, η κακή διατροφή (χαμηλή πρόσληψη ασβεστίου, έλλειψη βιταμίνης D, υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ, κάπνισμα), η θεραπεία με στεροειδή για μεγάλο χρονικό διάστημα, η έλλειψη σωματικής άσκησης, αλλά και νοσήματα όπως είναι η θυρεοειδοπάθεια, η ρευματοπάθεια, η νεφροπάθεια. Η μειωμένη εναπόθεση ασβεστίου και αλάτων στα οστά προκαλεί ραχίτιδα και οστεομαλάκυνση. Η ραχίτιδα εμφανίζεται πρόωρα κυρίως στην παιδική ηλικία (2 μηνών – 3 ετών) και προσβάλλει τις περιοχές της ενδοχονδριακής ανάπτυξης. Επιβραδύνει την ανάπτυξή τους ή

⁴⁸ Ανακτήθηκε από: <http://eclinicalworks.adam.com/content.aspx?productid=39&pid=1&gid=000376>

και τη συνέχιση της ανάπτυξής τους, με ανώμαλη αύξηση των οστών, με επακόλουθο την εμφάνιση παραμορφώσεων κυρίως στα μακρά οστά, με χαρακτηριστική περίπτωση την βλαιοποδία (στραβά πόδια προς τα έξω). Τα οστά δεν είναι άκαμπτα, υστερούν σε μηχανική αντοχή και δεν μπορούν να αντέξουν τις συνηθισμένες δυνάμεις πίεσης και ελκυσμού, με αποτέλεσμα τις παραμορφώσεις των ποδιών, της λεκάνης, της σπονδυλικής στήλης, του θώρακα και του κρανίου, στο οποίο εξέχει το μέτωπο. Καθυστερεί η δημιουργία των πρώτων δοντιών και επηρεάζεται η όρθια στάση. Η έλλειψη βιταμίνης D στους ενήλικες (έχουν ανεπτυγμένα τα οστά και τα δόντια) οδηγεί στην εναπόθεση ασβεστίου και φωσφόρου στα οστά και στα δόντια σε μικρότερες ποσότητες από εκείνες που απελευθερώνονται, με αποτέλεσμα τη σταδιακή απασβέστωσή τους, την εύκολη καταστροφή από τερηδόνα και την εμφάνιση οστεομαλάκυνσης. Η οστεομαλάκυνση (ο σκελετός που δεν ασβεστώνεται πλήρως γίνεται μαλακός) εμφανίζεται στους ενήλικες και κυρίως στις γυναίκες που χάνουν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου κατά την περίοδο που κυοφορούν ή θηλάζουν. Η οστεομαλάκυνση οδηγεί σε λέπτυνση και εξασθένηση των οστών, αλλά και σε πιο εύκολη εμφάνιση καταγμάτων, σε σχέση με τους υγιείς ενήλικες. Τα χαμηλά επίπεδα ελεύθερου ασβεστίου στο αίμα (υπασβεσταιμία) μπορούν να προκαλέσουν τετανία (σύνδρομο νευρομυϊκής υπερδιεγερσιμότητας), που χαρακτηρίζεται από οδυνηρές μυϊκές συσπάσεις, μυϊκούς πόνους, μυϊκές κράμπες, τινάγματα και παραισθήσεις (αιμωδίες ή μυρμηγκιάσματα στα χέρια και στα πόδια). Η μακροχρόνια έλλειψη ασβεστίου μπορεί να οδηγήσει σε υπέρταση και καρκίνο του παχέος εντέρου. Σύμφωνα με έρευνες, η λήψη συμπληρωμάτων ασβεστίου μειώνει την αρτηριακή πίεση των υπερτασικών ατόμων, που προηγουμένως κατανάλωναν δίαιτες ανεπαρκείς σε ασβέστιο. Τέτοιου είδους δίαιτες έχουν συσχετιστεί και με τον καρκίνο του παχέος εντέρου. Αν και δεν υπάρχουν επιστημονικά δεδομένα που να το επιβεβαιώνουν, η επαρκής πρόσληψη ασβεστίου (> 800 mg ημερησίως) θεωρείται προστατευτική ενάντια στον καρκίνο του παχέος εντέρου. Όμως, υπάρχει μία προτεινόμενη θεωρία, σύμφωνα με την οποία το ασβέστιο δεσμεύει τα χολικά οξέα και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα που προάγουν τον καρκίνο, με το να ευνοούν τον υπερ-πολλαπλασιασμό των κυττάρων του παχέος εντέρου (Δημόπουλος & Ανδρικόπουλος, 1996· Ζαχαριάδης, χ.χ· Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995· Ursel, 2001).

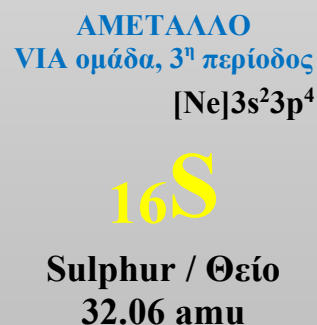
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα ασβεστίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υπερ-ασβεστίωση. Η υπερ-ασβεστίωση τις περισσότερες φορές οφείλεται σε προχωρημένο στάδιο καρκίνου και σπανίως στη διατροφή και στα συμπληρώματα ασβεστίου. Επίσης, στα υψηλά επίπεδα ασβεστίου μπορεί να οφείλεται η μη απορρόφηση άλλων σημαντικών μεταλλικών στοιχείων (φώσφορος, σίδηρος, μαγνήσιο, ψευδάργυρος), όπως επίσης και η δημιουργία αποτιτανώσεων (εναπόθεση ασβεστίου στους ιστούς) (Ursel, 2001).

2.1.2 Θείο (S)

Ιστορική Αναδρομή

Το στοιχείο θείο ήταν γνωστό από τα αρχαία χρόνια. Ο Όμηρος το αναφέρει ως μέσο εξαγνισμού (απολυμαντικός χαρακτήρας της καύσης του). Σύμφωνα με κάποιους σχετίζεται με το θεό Δία και συγκεκριμένα με τη φωτιά που εξαπέλυε με τους κεραυνούς του, ενώ σύμφωνα με κάποιους άλλους σχετίζεται με το θεό Ήφαιστο και συγκεκριμένα υπάρχει στα ηφαίστεια (τόπος διαμονής του θεού). Στη σημερινή εποχή, τα οξείδια του θείου ενσωματώνονται σε νέφη και μετατρέπονται σε ισχυρά οξέα που μεταφέρονται με τη βροχή (όξινη βροχή) καταστρέφοντας τη βλάστηση, το έδαφος και την επιφάνεια πολλών κατασκευών που έχει φτιάξει ο άνθρωπος (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012). Το θείο (sulphur, S) είναι ένα ανόργανο στοιχείο, που υπάρχει σε κάθε κύτταρο του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε εκείνα τα κύτταρα που αποτελούν τα μαλλιά, τα νύχια και το δέρμα. Επίσης, υπάρχει στη χολή και στο σάλιο (Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980).



Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές θείου θεωρούνται οι πρωτεϊνούχες τροφές, όπως είναι τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, τυρί), τα αυγά, το κρέας, τα όσπρια, τα δημητριακά, τα ψάρια, τα μύδια (Παπανικολάου, 1997).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν έχει οριστεί με ακρίβεια, όμως μία διατροφή επαρκής σε πρωτεΐνες εξασφαλίζει την ποσότητα θείου που χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός, διότι περιέχεται στα περισσότερα αμινοξέα (Παπανικολάου, 1997).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του θείου από τον οργανισμό γίνεται μέσω του λεπτού εντέρου. Κατά τη διάρκεια της πέψης, τα θειούχα αμινοξέα διαχωρίζονται και απομακρύνονται από τις πρωτεΐνες τους και απορροφώνται. Το θείο αποθηκεύεται σε όλα τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού και κυρίως σε εκείνα που αποτελούν τα μαλλιά, τα νύχια και το δέρμα. Η πλεονάζουσα απορροφημένη ποσότητα θείου απεκκρίνεται είτε μέσω του ουροποιητικού συστήματος (το 85% της ανόργανης μορφής, που προέρχεται από το μεταβολισμό των θειούχων αμινοξέων), είτε μέσω των περιττωμάτων (Παπανικολάου, 1997).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το θείο είναι υπεύθυνο για την καλή διατήρηση της εμφάνισης και της ομορφιάς. Τα αστραφτερά μαλλιά και το όμορφο χρώμα του δέρματος οφείλονται στο θείο. Σε οργανική μορφή αποτελεί απαραίτητο συνθετικό όλων των πρωτεϊνών, διότι είναι τμήμα των θειούχων αμινοξέων (κυστεΐνη, μεθειονίνη, κυστίνη). Είναι κύριο συστατικό της κερατίνης (ινώδης δομική πρωτεΐνη της τρίχας, των νυχιών και του δέρματος). Παίξει σημαντικό ρόλο στη σύνθεση του κολλαγόνου. Σε οργανική μορφή συμμετέχει στη σύνθεση των βιταμινών, βιοτίνη και θειαμίνη. Είναι βασικό συστατικό της ορμόνης που ελέγχει το μεταβολισμό των υδατανθράκων, της ινσουλίνης (Πανέρας, 1996· Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980· Briony, 2001).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη θείου δημιουργεί προβλήματα τριχόπτωσης, ενώ έλλειψη θείου έχει παρατηρηθεί και σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη (Briony, 2001).

2.1.3 Κάλιο (K)

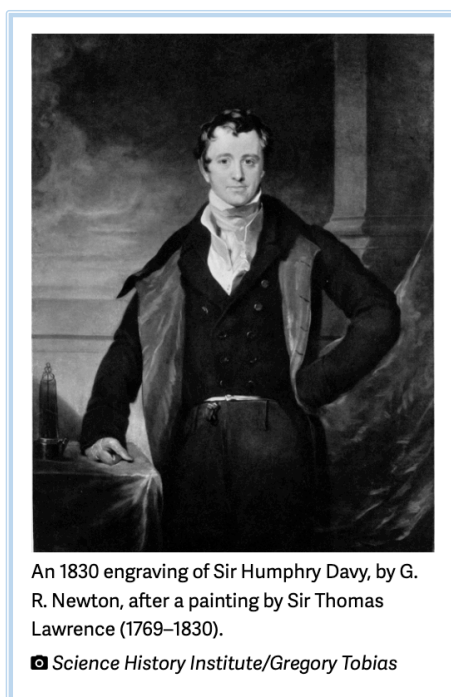
Ιστορική Αναδρομή

Το στοιχείο κάλιο και τα άλατά του δεν ήταν γνωστά στη ρωμαϊκή εποχή. Έτσι, ο ελληνικός όρος «κάλιο» προέρχεται από το νεολατινικό όρο «kalium», ο οποίος προέρχεται από τον όρο «alkali», που έχει προέλθει από τον αραβικό όρο «αλ-καλιάχ» που σημαίνει «φυτική στάχτη», ενώ στα μοντέρνα αραβικά η «φυτική στάχτη» καλείται «μπουτάσουμ». Ο αγγλικός όρος «potassium» (ποτάσιο) προέρχεται από τον όρο «potash» (ποτάσα). Η



παρασκευή της ποτάσας ή φυτικής στάχτης είχε ως εξής: ξέπλεναν τη στάχτη (ash) από τα ξύλα ή τα φύλλα των δέντρων και εν συνεχεία αποξήραναν το διάλειμμα σε μία κατσαρόλα (pot) με τελικό προϊόν «τη στάχτη της κατσαρόλας» (potash). Η ποτάσα ήταν γνωστή από την αρχαιότητα με την έννοια της ξεπλυμένης και αποξηραμένης φυτικής στάχτης. Το 1807, ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829) κατάφερε να απομονώσει το μεταλλικό κάλιο για πρώτη φορά, μέσω της ηλεκτρόλυσης τηγμάτων του υδροξειδίου του καλίου (KOH) και ήταν το πρώτο μέταλλο που απομονώθηκε με ηλεκτρόλυση (Davy, 1808· Enghag, 2004). Το 1809, ο Γερμανός φυσικοχημικός Ludwig Wilhelm Gilbert (1769 – 1824) πρότεινε την ονομασία «kalium» (κάλιο), την οποία υποστήριξε το 1814 και ο Σουηδός χημικός Jöns Jacob Berzelius (1779 – 1848), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012c). Το κάλιο (kalium, potassium, K) αποτελεί το τρίτο σε σειρά πιο άφθονο μέταλλο στον ανθρώπινο οργανισμό, έπειτα από το ασβέστιο και το φώσφορο. Αν και η συγκέντρωσή του ρυθμίζεται μέσα σε στενά όρια, αποτελεί το κύριο ενδοκυττάριο κατιόν, αφού το 98% της περιεκτικότητάς του βρίσκεται στον ενδοκυττάριο χώρο (σε αντίθεση με το νάτριο) και μόλις το 2% βρίσκεται στον εξωκυττάριο χώρο. Η συνολική συγκέντρωση καλίου στον ανθρώπινο οργανισμό έχει

άμεση σχέση με το ποσό των άπαχων ιστών. Η αναλογία ενδοκυττάριου καλίου – εξωκυττάριου νατρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ομαλή λειτουργία των κυττάρων, διότι καθορίζει την κίνηση του νερού και την είσοδο θρεπτικών συστατικών στο κύτταρο, απομακρύνει τους μεταβολίτες στα εξωκυττάρια υγρά και ορίζει τη σπαργή (διόγκωση) των κυττάρων. Όταν διαλύεται στο υδατώδες μέσο της κυκλοφορίας του αίματος δρα ως ηλεκτρολύτης (ουσία που λαμβάνει θετικό ή αρνητικό φορτίο). Άλλοι σημαντικοί ηλεκτρολύτες είναι το νάτριο και το χλώριο. Για να πραγματοποιηθεί μία σειρά σημαντικών λειτουργιών, θα πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία αυτοί οι τρεις ηλεκτρολύτες (Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).



49

Εικόνα 2.2: Ο Κορνοουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829).

Εφηύρε το λαμπτήρα Davy και μια πολύ πρόιμη μορφή λαμπτήρα τόζου. Επίσης, χρησιμοποιώντας ηλεκτρισμό απομόνωσε για πρώτη φορά μία σειρά στοιχείων. Το 1807 απομόνωσε το κάλιο και το νάτριο και το 1808 απομόνωσε το ασβέστιο, το στρόντιο, το βάριο, το μαγνήσιο και το βόριο. Ανακάλυψε τη στοιχειώδη φύση του χλωρίου και του ιωδίου. Ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε ενυδρίτες στο εργαστήριο του. Το 1799 πειραματίστηκε με το οξείδιο του αζώτου και έμεινε έκπληκτος με το πως τον έκανε να γελάσει. Για αυτό το ονόμασε «αέριο γέλιου» και έγραψε για τις πιθανές αναισθητικές του ιδιότητες στην ανακούφιση του πόνου κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης.

⁴⁹ Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/humphry-davy>



50

Εικόνα 2.3: Ο Σουηδός χημικός Jöns Jacob Berzelius (1779 – 1848), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας.

Θεωρείται ένας από τους Θεμελιωτές της Σύγχρονης Χημείας, μαζί με τον Robert Boyle, τον John Dalton και τον Antoine Laurent Lavoisier. Διακρίθηκε για τον προσδιορισμό των ατομικών βαρών και τα πειράματά του που οδήγησαν στην πληρέστερη κατανόηση των αρχών της στοιχειομετρίας, δηλαδή στο Νόμο των σταθερών αναλογιών. Διερεύνησε τον ισομερισμό, την αλλοτροπία και την κατάλυση. Ήταν από τους πρώτους που διατύπωσε τις διαφορές μεταξύ ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Ανακάλυψε τα στοιχεία σελήνιο και δημήτριο και απομόνωσε το πυρίτιο και το θόριο. Απέδειξε τη χρήση ενός ηλεκτροχημικού στοιχείου για την αποσύνθεση ορισμένων χημικών ενώσεων. Διατύπωσε τη θεωρία του ηλεκτροχημικού δυϊσμού, υποστηρίζοντας ότι οι χημικές ενώσεις είναι άλατα οξειδίου, που συνδέονται μεταξύ τους με ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις. Το έργο του με τα ατομικά βάρη και η θεωρία του για τον ηλεκτροχημικό δυϊσμό που οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός σύγχρονου συστήματος σημειογραφίας χημικού τύπου, που έδειξε την σύνθεση οποιασδήποτε ένωσης τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά. Το σύστημα του συντόμευσε τα λατινικά ονόματα των στοιχείων με ένα ή δύο γράμματα και εφάρμοσε επιγραφές για να ορίσει τον αριθμό των ατόμων κάθε στοιχείου που υπάρχει στην ένωση.

⁵⁰ Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/jons-jakob-berzelius>

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές καλίου θεωρούνται τα φρέσκα φρούτα (αβοκάντο, μπανάνα, πορτοκάλι, αχλάδι, πεπόνι, βερίκοκο, ροδάκινο), τα αποξηραμένα φρούτα (σύκα, δαμάσκηνα, σταφίδες), τα πράσινα λαχανικά (αγκινάρα, μπρόκολο, κουνουπίδι, μαρούλι, σπανάκι, μπάμιες, πιπεριές,), οι πατάτες, οι ντομάτες, τα όσπρια (φασόλια), τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, γιαούρτι), το κρέας (χοιρινό, μοσχαρίσιο), το κοτόπουλο, τα ψάρια, οι ξηροί καρποί (ηλιόσποροι), το κακάο, η σοκολάτα, τα μανιτάρια, η γλυκοπατάτα, το νερό καρύδας, τα προϊόντα δημητριακών που είναι πλούσια σε πίτυρα, τα προϊόντα δημητριακών που περιέχουν φυτικές ίνες, αλλά και κάποια υποκατάστατα αλατιού που περιέχουν κάλιο αντί για νάτριο. Ο τρόπος μαγειρέματος των τροφών μεταβάλλει την περιεκτικότητά τους σε κάλιο. Για παράδειγμα, οι πατάτες που μαγειρεύονται στον ατμό χάνουν λιγότερο από το 6%, ενώ οι βρασμένες πατάτες χάνουν το 50% του καλίου τους (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Πίνακας 2.3: Οι κυριότερες πηγές καλίου.

Τρόφιμα	Ποσότητα	Κάλιο (mg)
Κρεμμύδι ξερό	100 gr	1.383
Φυστίκι αράπικο	100 gr	972
Στραγάλια	100 gr	797
Πατάτες	1 μεσαία	782
Πατάτες τηγανιτές	100 gr	775
Σταφίδες	100 gr	763
Μαϊντανός	100 gr	727
Σύκα αποξηραμένα	100 gr	640
Αβοκάντο	½ μεσαίο	602
Καρποί σόγιας μαγειρεμένοι	100 gr	540
Μπιφτέκι ψητό	100 gr	500

Φιλέτο μοσχάρι μαγειρεμένο	100 gr	500
Χυμός πορτοκαλιού	1 κούπα	496
Κολοκύθια	½ κούπα	473
Μπανάνα	1 μεσαία	451
Κάστανα ωμά	100 gr	454
Καρύδια	100 gr	450
Βερίκοκα αποξηραμένα	¼ φλυτζάνι	448
Ντομάτες ωμές	1 μέτρια	444
Σοκολάτα αμυγδάλου	100 gr	442
Φιλέτο σολομού μαγειρεμένο	100 gr	442
Φασόλια μαγειρεμένα	100 gr	416
Κοτόπουλο ψητό	100 gr	411
Αποβουτυρωμένο γάλα	1 κούπα	406
Μπακαλιάρος παστός	100 gr	403
Χοιρινή μπριζόλα	100 gr	390
Συκώτι βοδινό μαγειρεμένο	100 gr	380
Γάλα πλήρες	1 κούπα	370
Κουνέλι μαγειρεμένο	100 gr	368
Μουσακάς	100 gr	350
Φιλέτο μπριζόλα χωρίς λίπος	100 gr	348
Μπακαλιάρος φρέσκος	100 gr	347
Γλυκοπατάτα	1 μεσαία	342
Καρότα ωμά	100 gr	341
Χοιρινό χωρίς λίπος	100 gr	330

Σπανάκι μαγειρεμένο	100 gr	324
Αρνί μπουτί χωρίς λίπος	100 gr	320
Βερίκοκα φρέσκα	3 μέτρια	313
Ροδάκινα	1 μέτριο	308
Τόνος σε λάδι	100 gr	303
Γαλοπούλα	100 gr	303
Αγκινάρες μαγειρεμένες	100 gr	301
Κομπόστα βερίκοκο	100 gr	299
Κορομηλά	100 gr	299
Ρεβύθια μαγειρεμένα	100 gr	294
Κομπόστα ροδάκινο	100 gr	292
Ψωμί πιτυρούχο	100 gr	273
Μαρούλι	100 gr	269
Μπρόκολο	100 gr	267
Πεπόνι	100 gr	251
Κοτόπουλο	100 gr	235
Λάχανο ωμό	100 gr	233
Βρούβες	100 gr	220 ⁵¹

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν έχει καθοριστεί. Όμως, σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των Η.Π.Α., η Ελάχιστη Συνιστώμενη Απαίτηση (Estimated Minimum Requirement, EMR) έχει οριστεί στα 200 mg ημερησίως. Δεδομένου όμως, ότι η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών είναι αυξημένη για λόγους πρόληψης ή ελέγχου της υπέρτασης, θεωρείται ότι η πρόσληψη 3.500 mg ημερησίως, για όλους τους ενήλικες, είναι

⁵¹ Ανακτήθηκε από: <https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/YD208/Δ%26Μ-Ι%20Θ%20Παρουσίαση%206-2017.pdf>

περισσότερο επιθυμητή. Υπάρχει όμως και μία μερίδα ανθρώπων που δεν καταναλώνουν αρκετή ποσότητα από αυτής της ζωτικής σημασίας ομάδα τροφίμων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στη Μεγάλη Βρετανία, όπου η μέση πρόσληψη καλίου είναι 2.500 mg ημερησίως για το 1/3 του πληθυσμού της. Σύμφωνα με τις συστάσεις που εκδόθηκαν το 2004, η πρόσληψη 4.700 mg ημερησίως είναι επαρκής, για όλους τους ενήλικες. Όμως, οι ανάγκες των αθλητών (η συνεχής άσκηση μειώνει τα επίπεδα καλίου στους μύες) και των ανθρώπων που λαμβάνουν διουρητικά φάρμακα είναι αυξημένες σε πρόσληψη καλίου και για αυτό χρειάζονται τα ανάλογα συμπληρώματα, τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται μαζί με το φαγητό για να περιοριστούν οι στομαχικές διαταραχές (Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του καλίου (σε ποσοστό 90% και άνω) από τον οργανισμό γίνεται μέσω του εντέρου. Τα νεφρά, με κύρια ρυθμιστική ορμόνη την αλδοστερόνη, διατηρούν την ισορροπία του καλίου, συμβάλλοντας στο να μην συνοδεύονται οι μεγάλες διαφορές της πρόσληψης καλίου, με σοβαρές διακυμάνσεις της συγκέντρωσής του στο πλάσμα. Η αλδοστερόνη (στεροειδής ορμόνη), ο καφές, η αλκοόλη και η περίσσεια ζάχαρης επιταχύνουν την απέκκριση του καλίου μέσω του ουροποιητικού συστήματος, που είναι και η κυρία απεκκριτική του οδός. Μικρές μόνο ποσότητες απεκκρίνονται μέσω των περιττωμάτων (Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το κάλιο διατηρεί τη βέλτιστη ισορροπία των επιπέδων νερού και υγρών στο ανθρώπινο σώμα. Συμβάλλει στη ρύθμιση του επιπέδου των υγρών και στη μετάδοση ηλεκτρικών φορτίων σε όλο το σώμα. Δρα ρυθμιστικά μαζί με το νάτριο διατηρώντας σε επιθυμητά επίπεδα το pH. Συμμετέχει στην καλή λειτουργία των νεύρων. Ενισχύει τη νευρική δραστηριότητα και αυξάνει τη γνωστική λειτουργία, διαδραματίζοντας βασικό ρόλο στη διατήρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εγκεφάλου. Συμμετέχει σε ανώτερες λειτουργίες, όπως είναι η μάθηση και η μνήμη. Συμμετέχει στην καλή λειτουργία των μυών. Μειώνει τις μυϊκές διαταραχές. Παίζει σπουδαίο ρόλο στην τακτική συστολή και χαλάρωση των μυών. Διεγείρει τη νευρική συνδεσιμότητα των μυών και του εγκεφάλου, διατηρώντας

γρήγορα τα αντανακλαστικά. Αποτρέπει τις μυϊκές κράμπες. Εξασφαλίζει τη σωστή ανάπτυξη των μυϊκών ιστών και τη χρήση της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια του μεταβολισμού, με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά η μυϊκή δύναμη. Αυξάνει το μεταβολισμό και συμμετέχει σε αντιδράσεις που σχετίζονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων, τη σύνθεση των πρωτεϊνών και τη φωσφορυλίωση της κρεατίνης. Βοηθάει στη μείωση του άγχους και του στρες, ρυθμίζοντας διάφορες ορμόνες, όπως η κορτιζόλη και η αδρεναλίνη. Βελτιώνει την υγεία των οστών, βοηθώντας στη συγκράτηση και τη διατήρηση του ασβεστίου. Σταθεροποιεί το σάκχαρο του αίματος, απαιτείται για την έκκριση της ινσουλίνης από το πάγκρεας. Επιτρέπει τη μετατροπή της γλυκόζης σε γλυκογόνο (αποθηκευμένη μορφή ενέργειας), που αποθηκεύεται στο ήπαρ και στους μύες. Ενισχύει την καλή λειτουργία της καρδιάς. Διατηρεί την ομαλότητα της πίεσης του αίματος μειώνοντας τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων και υπέρτασης. Ενισχύει την καλή λειτουργία των νεφρών, βοηθώντας τα να απομακρύνουν τα απόβλητα μέσω της απεκκριτικής διαδικασίας (Ζαχαριάδης, χ.χ· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997· Groff & Gropper, 1995).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Τα χαμηλά επίπεδα καλίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υποκαλιαιμία. Η υποκαλιαιμία προκαλείται από τη χρήση διουρητικών φαρμάκων, τη νεφρική ανεπάρκεια, τον παρατεταμένο υποσιτισμό, τον εμετό, τη διάρροια, τις διαταραχές του μεταβολισμού του καλίου, τα εγκαύματα, τα τραύματα, την κυστική ίνωση, την υπεργλυκαιμία, τον υπεραλδοστερονισμό, το Σύνδρομο Cushing (ορμονική διαταραχή που οφείλεται στα υψηλά επίπεδα κορτιζόλης), το Σύνδρομο Fanconi (διαταραχή της νεφρικής λειτουργίας), το Σύνδρομο Bartter (γενετική ασθένεια). Η υποκαλιαιμία μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή αρτηριακή πίεση σε βαθμό θανάτου από καρδιακή προσβολή, μη φυσιολογικούς καρδιακούς παλμούς, καρδιακές αρρυθμίες, μυϊκή κόπωση και αδυναμία, ανενεργά αντανακλαστικά, νευρικές διαταραχές και πνευματική σύγχυση, σοβαρούς πονοκεφάλους, οίδημα στους αδένες, κατακράτηση νατρίου, πόνο στα έντερα, ανικανοποίητη δίψα, διαβήτη, αφύσικη ξηρότητα του δέρματος, ακμή, ζάλη, ναυτία, εμετό, κρυολόγημα, δυσκοιλιότητα, αϋπνία, κατάθλιψη (Ζαχαριάδης, χ.χ· Παπανικολάου, 1997).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα καλίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υπερκαλιαιμία. Η υπερκαλιαιμία είναι επικίνδυνη και προκύπτει στην περίπτωση που η λήψη καλίου είναι τόσο μεγάλη, που τα νεφρά είναι ανίκανα να την αποβάλουν από τον οργανισμό. Η υπερκαλιαιμία προκαλείται είτε από τη μετακίνηση του ενδοκυττάριου καλίου στην κυκλοφορία του αίματος, που συμβαίνει όταν τα ερυθρά αιμοσφαίρια δεν έχουν αιμοσφαιρίνη (αιμόλυση) ή όταν καταστρέφονται οι ιστοί (σοβαρό έγκαυμα, τραυματισμός), είτε από τη χρήση διουρητικών φαρμάκων, που έχουν ως αποτέλεσμα την ανεπαρκή έκκριση αλδοστερόνης (υποαλδοστερονισμός), η οποία λόγω μειωμένης αποβολής ούρων μπορεί να οδηγήσει στη συσσώρευση καλίου. Υπερκαλιαιμία δεν παρατηρείται σε άτομα με φυσιολογική νεφρική λειτουργία. Η υπερκαλιαιμία μπορεί να οδηγήσει σε καρδιακές αρρυθμίες που μπορεί να προκαλέσουν μέχρι και καρδιακό επεισόδιο, μυϊκή ατονία, μούδιασμα των χεριών και των ποδιών, προσωρινή παράλυση, χρόνια νεφρική νόσο (Ursel, 2001).

2.1.4 Μαγνήσιο (Mg)

Ιστορική Αναδρομή

Στο Epsom της Αγγλίας, το 1618 ένας αγρότης προσπάθησε να ποτίσει τις αγελάδες του με νερό από ένα πηγάδι, όμως λόγω της πικρής του γεύσης δεν το ήπιαν. Αλλά ο αγρότης παρατήρησε ότι το συγκεκριμένο νερό γιάτρυνε τα γδαρσίματα και τις ουλές. Τελικά, διαπιστώθηκε ότι το νερό περιείχε ένυδρο θειικό μαγνήσιο (MgSO_4) και κάπως έτσι εξαπλώθηκε η φήμη για το άλας του Epsom (φαρμακευτικό παρασκεύασμα του μαγνησίου για εξωτερική και εσωτερική χρήση). Άλλωστε, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) έχει συμπεριλάβει στον κατάλογο των ουσιωδών φαρμάκων του το θειικό μαγνήσιο, ως ένα από τα πιο σημαντικά φάρμακα που χρειάζεται το σύστημα υγείας (WHO Model List of Essential Medicines, 2013). Το 1808, ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829) κατάφερε να το απομονώσει για πρώτη φορά, μέσω της ηλεκτρόλυσης

ΑΛΚΑΛΙΚΗ ΓΑΙΑ
IIA ομάδα, 3^η περίοδος
[Ne]3s²

12Mg

Magnesium / Μαγνήσιο
24.305 amu

ενός μίγματος οξειδίου του μαγνησίου (MgO) και οξειδίου του υδραργύρου (HgO) και το αποκάλεσε magnium (μάγνιο). Όμως, η επικρατούσα ονομασία είναι μαγνήσιο και προέρχεται από τη Μαγνησία της Θεσσαλίας (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012c). Το μαγνήσιο (magnesium, Mg) αποτελεί το τέταρτο σε σειρά πιο άφθονο μέταλλο στον ανθρώπινο οργανισμό (έπειτα από το ασβέστιο, το φώσφορο και το κάλιο) και το δεύτερο σε σειρά ενδοκυττάριο κατιόν, έπειτα από το κάλιο. Πρόκειται για ένα θετικό ιόν, που συνδέεται τόσο με το ασβέστιο, όσο και με το φώσφορο. Η συνολική συγκέντρωση μαγνησίου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι περιορισμένη, αφού μόλις 20 g – 30 g περιέχονται στους ιστούς ενός ενήλικα, εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 60%) αποθηκεύεται στο σκελετό, με απώτερο σκοπό να χρησιμοποιηθεί σε περιόδους διαιτητικής ανεπάρκειας, το 39% βρίσκεται εντός των κυττάρων (εκ των οποίων το 20% στους σκελετικούς μύες) και το υπόλοιπο 1% εκτός των κυττάρων. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό όλων των κυττάρων και είναι σημαντικό για τη λειτουργία περισσότερων των 300 ενζύμων. Έλλειψη μαγνησίου μπορεί να παρατηρηθεί τόσο στα ζώα και τα φυτά, όσο και στον άνθρωπο (Πανέρας, 1996· Office of Dietary Supplements, US National Institutes of Health, 2016· Williams, 2003).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές μαγνησίου θεωρούνται τα σκουροπράσινα λαχανικά (σπανάκι), διότι αποτελούν το κεντρικό άτομο του μορίου της χλωροφύλλης. Άλλες πηγές μαγνησίου θεωρούνται οι ξηροί καρποί (αμύγδαλα, κάσιους, φιστίκια, καρύδια pecan), το φιστικοβούτυρο, τα δημητριακά από ολόκληρο σπόρο (κουάκερ, κριθάρι, μαύρο ρύζι, καλαμπόκι, σίκαλη ολικής άλεσης, σιταρένιο σιτάρι), τα όσπρια (μαύρα φασόλια, μαυρομάτικα φασόλια, pinto φασόλια, μπιζέλια), τα ψάρια, τα θαλασσινά (μύδια, γαρίδες), το τσάι, ο καφές, η σοκολάτα, τα καρότα, τα μανιτάρια, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα), το κρέας, τα φρέσκα και τα αποξηραμένα φρούτα (αβοκάντο, μπανάνα, σύκα, μούρα) αλλά και τα εξωτικά φρούτα. Στις κύριες πηγές μαγνησίου συμπεριλαμβάνεται και το σκληρό νερό. Δεν περιλαμβάνουν μαγνήσιο οι επεξεργασμένοι υδατάνθρακες, τα λίπη και η αλκοόλη. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η επεξεργασία των τροφίμων μπορεί να μειώσει κατά πολύ την περιεκτικότητά τους σε μαγνήσιο (Ζερφυρίδης, 1998· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Mahan, Escott, & Krause, 2002).

Πίνακας 2.4: Πηγές μαγνησίου.

Τρόφιμα	Ποσότητα	Μαγνήσιο (mg)
Αμύγδαλα	28,35 gr	80
Κάσιους	28,35 gr	75
Σπανάκι βρασμένο	½ κούπα	75
Δημητριακά κουάκερ	1 κούπα	55
Φιστίκια	28,35 gr	50
Πατάτα ψημένη με τη φλούδα	1 μέτρια	50
Γιαούρτι από αποβουτυρωμένο γάλα	226,80 gr	45
Νιφάδες πίτουρου	¾ της κούπας	40
Ρύζι ολικής άλεσης μακρύκοκκο	½ κούπα	40
Αβοκάντο	½ κούπα	35
Μπανάνα	1 μέτρια	30
Γάλα 0% ή 2%	1 κούπα	27
Σταφίδες	½ κούπα	25 ⁵²

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία και υπολογίζεται γύρω στα 400 mg ημερησίως για τους άντρες και στα 300 mg ημερησίως για τις γυναίκες. Για τις γυναίκες που κυοφορούν ή θηλάζουν οι απαιτήσεις αυξάνονται (Ζερφυρίδης, 1998· Mahan et al., 2002).

⁵² Ανακτήθηκε από: <https://winmedica.gr/μαγνήσιο-ο-πολύτιμος-σύμμαχος-του-α/>

Πίνακας 2.5: Συνιστώμενες διαιτητικές προσλήψεις μαγνησίου.

Στάδιο Ζωής	Άνδρες	Γυναίκες	Εγκυμοσύνη	Θηλασμός
0 – 6 μηνών	30 mg	30 mg		
7 – 12 μηνών	75 mg	75 mg		
1 – 3 ετών	80 mg	80 mg		
4 – 8 ετών	130 mg	130 mg		
9 – 13 ετών	240 mg	240 mg		
14 – 18 ετών	410 mg	360 mg	400 mg	360 mg
19 – 30 ετών	400 mg	310 mg	350 mg	310 mg
31 – 50 ετών	420 mg	320 mg	360 mg	320 mg
51+ ετών	420 mg	320 mg		53

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του μαγνησίου από τον οργανισμό γίνεται κατά μήκος του λεπτού εντέρου και κυρίως στο δωδεκαδάκτυλο και στον ειλεό. Όμως, όταν κάποια ασθένεια εμποδίζει την απορρόφησή του από το λεπτό έντερο, τότε το παχύ έντερο είναι εκείνο που συμμετέχει στην απορρόφησή του. Υπάρχουν δύο πιθανοί μηχανισμοί της απορρόφησης στον εντερικό σωλήνα. Είτε μέσω απλής διάχυσης, που λαμβάνει χώρα σε υψηλότερες απορροφήσεις μαγνησίου, είτε μέσω φορέα που υφίσταται κορεσμό ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα απορρόφησης μαγνησίου. Η απορρόφηση είναι πιο αποδοτική, όταν η πρόσληψη μαγνησίου είναι χαμηλή και η συγκέντρωσή του είναι χαμηλή ή οριακή. Στους ενήλικες απορροφάται το 30% – 65% του μαγνησίου, όταν η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

⁵³ Ανακτήθηκε από: <https://winmedica.gr/μαγνήσιο-ο-πολύτιμος-σύμμαχος-του-α/>

είναι επαρκής. Κυρία απεκκριτική οδός της ποσότητας του μαγνησίου που δεν κατακρατείται από τον οργανισμό θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα. Το 70% – 80% της συγκέντρωσης του μαγνησίου φιλτράρεται από τα νεφρά, όμως το 95% – 97% αυτού επανααρροφάται και έτσι μόνο το 3% – 5% απεκκρίνεται, τελικά. Όμως, στην περίπτωση που η συγκέντρωση του μαγνησίου στον οργανισμό είναι αυξημένη, τότε αυξάνεται η διήθηση και απεκκρίνεται το 40% – 80% της διηθούμενης συγκέντρωσης. Στην περίπτωση που η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη είναι μειωμένη, τότε τα νεφρά επανααρροφούν και διατηρούν το μαγνήσιο πολύ αποδοτικά. Το μαγνήσιο που δεν απορροφάται και η ποσότητα του ενδογενούς μαγνησίου (25 mg – 50 mg ημερησίως) που διαφεύγει της επαναρρόφησης απεκκρίνεται μέσω των περιττωμάτων. Η απέκκριση αυξάνεται με την κατανάλωση καφεΐνης, τη χρήση διουρητικών φαρμάκων, θυρεοειδικών ορμονών και αλδοστερόνης, ενώ αναστέλλεται από την παραθορμόνη (PTH) (Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το μαγνήσιο παίζει κύριο ρόλο σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες, όπως καρδιαγγειακές, νευρομυϊκές και ορμονικές λειτουργίες. Αποτελεί μέρος της ΑΤΡασης συμμετέχει στη μυϊκή σύσπαση και σε όλες τις λειτουργίες του οργανισμού, που χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας το ΑΤΡ. Συμβάλλει στη σύσπαση του καρδιακού και του σκελετικού μυός. Εμποδίζει την πήξη του αίματος, προστατεύοντας από θρομβώσεις και εμφράγματα (δρα ανασταλτικά σε σχέση με το ασβέστιο). Παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ομοιόστασης των ιόντων ασβεστίου, καλίου, νατρίου. Είναι απαραίτητο στοιχείο για τη δράση της βιταμίνης D. Διευκολύνει την απορρόφηση του ασβεστίου. Επηρεάζει το μεταβολισμό των οστών και των δοντιών και βοηθάει στην κατασκευή και τη διατήρησή τους, έτσι ώστε να μην είναι εύθραυστα. Συμβάλλει στην πρόληψη του άγχους και στην άμυνα του οργανισμού από ασθένειες. Δραστηριοποιείται στις ενεργοπαραγωγικές χημικές αντιδράσεις εντός των κυττάρων όπως: ο κύκλος του Krebs (μέσω της οξειδωτικής αποκαρβοξυλίωσης του πυροσταφυλικού σε ακέτυλο-CoA), η β-οξείδωση (έναρξη με τη θειοκινάση, συνθετάση του άκυλο-CoA), η γλυκόλυση (μέσω των ενζύμων φωσφοφρουκτοκινάση και εξοκινάση). Συμμετέχει στη δημιουργία των νουκλεϊκών οξέων, στη σύνθεση και την αποικοδόμηση του DNA, στη φυσική ακεραιότητα της έλικας του

DNA και στη μεταγραφή του DNA. Συμβάλλει στην ενεργοποίηση των αμινοξέων, στην πρωτεϊνοσύνθεση και στη σύνθεση άλλων μορίων, όπως το βασικό μόριο για το μεταβολισμό του οξυγόνου, το 2, 3 – DPG (2, 3 – Diphosphoglycerate). Βοηθάει στο σχηματισμό της φωσφοκρεατίνης (κρεατινική κινάση) και του cAMP (cyclic Adenosine Monophosphate, κυκλική Μονοφωσφορική Αδενοσίνη) από την αδενυλική κυκλάση. Συμμετέχει στη δραστηριότητα της αλκαλικής φωσφατάσης (Ζαχαριάδης, χ.χ.· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Briony, 2001· Williams, 2003).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη μαγνησίου σε υγιή άτομα είναι σπάνια, λόγω μειωμένης πρόσληψης και συνήθως οφείλεται σε μεγάλες απώλειες λόγω διάρροιας. Όμως, έχει παρατηρηθεί έλλειψη σε περιπτώσεις παθολογικών καταστάσεων και κυρίως σε άτομα που πάσχουν από αλκοολισμό ή νεφρική ανεπάρκεια, αφού το όργανο που ρυθμίζει τα επίπεδα του μαγνησίου στον οργανισμό είναι τα νεφρά. Η έλλειψη αναπτύσσεται προοδευτικά, αφού υπάρχουν αποθέματα αυτού του μετάλλου στο σκελετό. Η έλλειψη μαγνησίου μπορεί να οδηγήσει σε ταχυκαρδία, μυϊκή αδυναμία, σπασμούς, κράμπες, κόπωση, ναυτία, ανορεξία, παραισθήσεις, θάνατο (Ζαχαριάδης, χ.χ.· Mahan et al., 2002).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Υψηλά επίπεδα μαγνησίου από υπερπρόσληψη παρουσιάζεται μόνο στην περίπτωση χρήσης φαρμάκων, όπου περιέχεται όπως είναι τα αντιόξινα, αλλά αποβάλλεται εύκολα και δεν παρατηρείται τοξικότητα. Υψηλές δόσεις μαγνησίου για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορούν να προκαλέσουν διάρροια, ναυτία, ξηροστομία, νευρική νωχότητα (Ζερφυρίδης, 1998· Mahan et al., 2002).

2.1.5 Νάτριο (Na)

Ιστορική Αναδρομή

Το αλάτι (χλωριούχο νάτριο, NaCl) ήταν γνωστό από τα αρχαία χρόνια και εχρησιμοποιείτο ως νόμισμα, είτε στις αγοραπωλησίες αγαθών / προϊόντων, είτε ως αντάλλαγμα για την αγορά δούλων. Υπήρχαν λαοί που είχαν έρθει σε πόλεμο προκειμένου να κατακτήσουν εδάφη με αλατούχες πηγές. Επομένως, ήταν πολύ σημαντικό όπως αποδεικνύει και η λέξη «salary», που προέρχεται από τη λατινική λέξη «salarium» (πλακίδια αλατιού που λάμβαναν μαζί με το μισθό τους οι Ρωμαίοι στρατιώτες). Ενώ, στο Μεσαίωνα η λατινική λέξη «sodanum» εχρησιμοποιείτο για τη θεραπεία της κεφαλαλγίας. Ο όρος «sodium» προέρχεται από την αραβική λέξη «suda» (πονοκέφαλος), διότι ήταν γνωστό από τα αρχαία χρόνια ότι το ανθρακικό νάτριο (Na₂CO₃, σόδα) έχει την ικανότητα να ανακουφίζει τον πονοκέφαλο (Newton & Baker, 1999). Για μεγάλο χρονικό διάστημα, το νάτριο αναγνωριζόταν σε ενώσεις του, όμως το 1807, ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829) κατάφερε να το απομονώσει για πρώτη φορά, μέσω της ηλεκτρόλυσης τηγμάτων υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) και πρότεινε την ονομασία «sodium» με το οποίο είναι γνωστό στη διεθνή βιβλιογραφία (Davy, 1808· Weeks, 1932). Το 1813, ο Σουηδός χημικός Jöns Jakob Berzelius (1779 – 1848), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας, ήταν ο πρώτος που δημοσίευσε στο σύστημα των ατομικών του συμβόλων τη χημική συντομογραφία του νατρίου (Na). Ο όρος «natrium» προέρχεται από την αιγυπτιακή λέξη «natron» (φυσικό ορυκτό άλας, που αποτελείται από ένυδρο ανθρακικό νάτριο) (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012c). Το νάτριο (natrium, sodium, Na) αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά ανόργανα συστατικά (93% των κατιόντων) του ανθρώπινου οργανισμού. Η συνολική συγκέντρωση νατρίου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι 120 mg περίπου. Το 30% της συγκέντρωσής του βρίσκεται στην επιφάνεια των οστικών κρυστάλλων, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό βρίσκεται στο εξωκυττάριο υγρό και στους νευρομυϊκούς ιστούς (Groff & Gropper, 1995).



Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κυριότερη πηγή νατρίου θεωρείται το χλωριούχο νάτριο (επιτραπέζιο αλάτι), με το 39% της περιεκτικότητάς του να αποτελείται από νάτριο. Άλλες πηγές νατρίου θεωρούνται τα αλλαντικά (μπέικον, ζαμπόν, λουκάνικα), τα καπνιστά και παστά κρέατα και ψάρια (μπακαλιάρος, ρέγγα, σαρδέλες), τα τουρσιά, οι ελιές, το τυρί, τα κονσερβοποιημένα τρόφιμα (κονσέρβες τροφίμων, κονσερβοποιημένα λαχανικά, χυμοί ντομάτας, χυμοί φρούτων και λαχανικών), οι αλμυροί ξηροί καρποί, τα αλμυρά snacks (πατατάκια, γαριδάκια) που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι με σκοπό την αποφυγή ανάπτυξης μικροοργανισμών και τη συντήρησή τους. Οι φυσικές πηγές νατρίου (γάλα, αυγά, κρέας, κάποια φρούτα και λαχανικά) έχουν χαμηλή περιεκτικότητα, αφού περιέχουν μόνο το 10% του προσλαμβανόμενου νατρίου. Επίσης, το νερό παρέχει λιγότερο από το 10% και το αλάτι, που προστίθεται κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος, παρέχει περίπου το 15% του συνολικού νατρίου. Θεωρείται ότι από την κατανάλωση επεξεργασμένων τροφίμων και κονσερβών καταναλώνεται το 75% του συνολικού νατρίου, που προέρχεται από το προστιθέμενο αλάτι σε αυτά (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν έχει καθοριστεί. Όμως, σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των Η.Π.Α., η Ελάχιστη Συνιστώμενη Απαίτηση (Estimated Minimum Requirement, EMR) έχει οριστεί στα 500 mg ημερησίως, λόγω των απωλειών του μέσω του ιδρώτα από διάφορους παράγοντες (υψηλές θερμοκρασίες, έντονη εργασιακή ή αθλητική δραστηριότητα). Για παράδειγμα, οι απαιτήσεις του οργανισμού ενός ενήλικα που ζει σε εύκρατο κλίμα είναι περίπου 4 g ημερησίως, όμως το ποσό αυτό μπορεί να χαθεί εύκολα μέσα σε διάστημα 3 h έντονης σωματικής δραστηριότητας σε υψηλή θερμοκρασία. Η πρόσληψη 115 mg ημερησίως θεωρείται ικανή για την ανάπτυξη και την αποκατάσταση των απωλειών. Στο γενικό πληθυσμό παρατηρούνται προσλήψεις μεταξύ 1.800 mg ημερησίως – 5.000 mg ημερησίως, που είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από την Ελάχιστη Συνιστώμενη Απαίτηση (Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του νατρίου από τον οργανισμό γίνεται μέσω του λεπτού εντέρου και είναι στενά συνδεδεμένη με την απορρόφηση του χλωρίου, για να υφίσταται ηλεκτρική ουδετερότητα. Υπάρχουν τρεις πιθανοί μηχανισμοί απορρόφησης κατά μήκος του εντερικού βλεννογόνου. Είτε μέσω του μηχανισμού συμμεταφοράς γλυκόζης – Na^+ , που λαμβάνει χώρα κυρίως στο λεπτό έντερο, είτε μέσω ενός ηλεκτρικά ουδέτερου μηχανισμού συμμεταφοράς $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$, που λαμβάνει χώρα τόσο στο λεπτό, όσο και στο εγγύς τμήμα του παχέος εντέρου, είτε μέσω ενός ηλεκτρογόνου μηχανισμού απορρόφησης νατρίου, που συμβαίνει κυρίως στο παχύ έντερο. Το 95% περίπου του προσληφθέντος νατρίου απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό απεκκρίνεται. Η αλδοστερόνη (κύρια ρυθμιστική ορμόνη των νεφρών) είναι υπεύθυνη για την κατακράτηση (επαναρρόφηση) του νατρίου. Κυρία απεκκριτική οδός του νατρίου θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα, μέσω του οποίου αποβάλλεται η περίσσεια της απορροφώμενης ποσότητας νατρίου, με σκοπό τη ρύθμιση της συγκέντρωσής του στο αίμα. Τα βρέφη δεν έχουν ανεπτυγμένα τα νεφρά τους, προκειμένου να αποβάλουν την περίσσεια και για αυτό θα πρέπει να λαμβάνουν χαμηλά ποσά νατρίου. Ενώ, εκείνο το μικρό ποσοστό που δεν απορροφάται απεκκρίνεται μέσω των περιττωμάτων. Μία άλλη μη ελεγχόμενη απεκκριτική οδός θεωρείται ο ιδρώτας, όταν το σώμα εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες ή έντονη δραστηριότητα (εργασία, άθληση). Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται υψηλότερη πρόσληψη νατρίου, έτσι ώστε να παρεμποδιστεί η εμφάνιση επώδυνων μυϊκών συστολών (Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το νάτριο μαζί με άλλους ηλεκτρολύτες παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης μέσα στα κύτταρα, συμβάλλοντας στη διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας, καθώς και στη μεταφορά των ουσιών τόσο μέσα, όσο και έξω από τα κύτταρα. Βοηθάει στη ρύθμιση της πίεσης του αίματος, καθώς και στη μεταφορά και στην απέκκριση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Είναι συστατικό της χολής, του παγκρεατικού υγρού, του ιδρώτα και των δακρύων. Παίζει σημαντικό ρόλο στη δραστηριότητα των μυών και των νεύρων, συμμετέχοντας στη μεταφορά του ηλεκτροχημικού σήματος για τη λειτουργία της μυϊκής συστολής και των νεύρων (Ζαχαριάδης, χ.χ· Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Παπανικολάου, 1997· Groff & Gropper, 1995).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Έλλειψη νατρίου που να οφείλεται στη διατροφή παρατηρείται πολύ σπάνια, διότι υπάρχει σε όλες σχεδόν τις τροφές του καθημερινού διαιτολογίου. Τα χαμηλά επίπεδα νατρίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υπονατρίαμία. Η υπονατρίαμία προκαλείται από παρατεταμένη εφίδρωση σε συνδυασμό με αφυδάτωση, εμετό, διάρροια, αυστηρή χορτοφαγία, πλήρη νηστεία, καθώς και από παθήσεις όπως είναι η νεφρική ανεπάρκεια, οι γαστρεντερικές διαταραχές και οι ηπατικές διαταραχές. Η υπονατρίαμία μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση, απώλεια όρεξης, μυϊκή αδυναμία, μυϊκές κράμπες, κατάπνωση, μειωμένη συγκέντρωση και απώλεια μνήμης (Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα νατρίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υπερνατρίαμία. Η υπερνατρίαμία μικρού όγκου προκαλείται από ιδρώτα, εμετό, διάρροια, νεφρική ασθένεια, διουρητικά φάρμακα. Η υπερνατρίαμία κανονικού όγκου προκαλείται από μειωμένη αίσθηση δίψας, πυρετό, αυξημένο ρυθμό αναπνοής, άποιο διαβήτη. Η υπερνατρίαμία μεγάλου όγκου προκαλείται από υπεραλδοστερονισμό, υπερβολική χορήγηση ενδοφλέβιου φυσιολογικού όρου ή όξινου ανθρακικού νατρίου και σπανίως από υπερβολική πρόσληψη αλατιού. Η υπερνατρίαμία μπορεί να οδηγήσει σε ανορεξία, αδυναμία, ισχυρό αίσθημα δίψας, ναυτία, σύσπαση των μυών, ντελίριο ακόμα και σε ενδοκρανιακή αιμορραγία (Lin, Liu, & Lim, 2005· Reynolds, Padfield, & Seckl, 2006). Η υπερπρόσληψη χλωριούχου νατρίου έχει συσχετισθεί με την υπέρταση, την οστεοπόρωση, τον καρκίνο του στομάχου καθώς και με νεφρικές παθήσεις. Η υπέρταση ενέχει σημαντικό κίνδυνο για πρόκληση ισχαιμικής καρδιοπάθειας, εμφράγματος ή νεφρικών ασθενειών, που αποτελούν και τις κυριότερες αιτίες θνησιμότητας στην Ευρώπη (Groff & Gropper, 1995).

2.1.6 Φώσφορος (P)

Ιστορική Αναδρομή

Το 1669, ένας Γερμανός έμπορος του Αμβούργου και ερασιτέχνης αλχημιστής ο Hennig Brand (1630 – 1710) στην προσπάθειά του να ανακαλύψει τη φιλοσοφική λίθο (μία πανίσχυρη μυστηριώδη ουσία, που θα είχε τη δύναμη να χαρίζει μέχρι και την αιώνια νεότητα στους ανθρώπους) ανακάλυψε τη λίθο του φωτός (μία ουσία που φωτοβολούσε στο σκοτάδι) δια ξηράς απόσταξης υπολειμμάτων ούρων. Αυτή τη νεοανακαλυφθείσα ουσία ο Brand την αποκάλεσε ψυχρό πυρ (kaltes feuer), ενώ γύρω στο 1676 ο Άγγλο-Ιρλανδός φιλόσοφος και φυσικοχημικός Robert William Boyle (1627 – 1691) ύστερα από μελέτες, την αποκάλεσε «noctiluca» και καθιερώθηκε ως «ο αγγλικός φωσφόρος ή φωσφόρος του Boyle», ενώ κάποια χρόνια αργότερα οι ειδικοί την ονόμασαν «αξιοθαύμαστο φωσφόρο» (phosphorus mirabilis). Φωσφόρο από τις ελληνικές λέξεις «φως» και «φέρω», λόγω της ικανότητάς του να εκπέμπει φως στο σκοτάδι και όχι φώσφορο όπως λανθασμένα καλείται. Έπειτα από έναν αιώνα, το 1769, ο Σουηδός χημικός και μεταλλουργός Johan Gottlieb Gahn (1745 – 1818) διαπίστωσε ότι το κυριότερο συστατικό των οστών είναι ο φωσφόρος, υπό τη μορφή φωσφορικού ασβεστίου ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) και το 1775, ο Γερμανο-Σουηδός χημικός Carl Wilhelm Scheele (1742 – 1786) παρασκεύασε φωσφόρο από την τέφρα των οστών, ενώ ο Γάλλος χημικός Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας, διαπίστωσε την πραγματική φύση του φωσφόρου ως χημικό στοιχείο μελετώντας τις ιδιότητες του. Το 1829, ο Γερμανός χημικός Friedrich Wöhler (1800 – 1882), ο πατέρας της Οργανικής Χημείας, ανακάλυψε τη μέθοδο παραγωγής του φωσφόρου, από φωσφορικό ασβέστιο, άνθρακα και άμμο με θέρμανση σε ηλεκτρική κάμινο. Το 19^ο αιώνα οι πρώτες ποσότητες φωσφόρου χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή σπέρτων (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012α: “Η ανακάλυψη του φωσφόρου: Μια απίστευτη και «δύσοσμη» ιστορία”, χ.χ.). Ο φωσφόρος (phosphorus, P) αποτελεί το δεύτερο πιο άφθονο ανόργανο συστατικό στον ανθρώπινο οργανισμό, έπειτα από το ασβέστιο, με το οποίο είναι στενά συνδεδεμένος (ανεπάρκεια του ενός δημιουργεί πρόβλημα στη χρήση του άλλου). Με τη μορφή φωσφορικών αλάτων συμμετέχει σε πολλές λειτουργίες του οργανισμού.

ΑΜΕΤΑΛΛΟ
VA ομάδα, 3^η περίοδος
[Ne]3s²3p³

15P

Phosphorus / Φωσφόρος
30.97376 amu



⁵⁴ Θεωρείται ο πρώτος σύγχρονος χημικός και ένας εκ των θεμελιωτών της επιστήμης της χημείας, στο πέρασμά της ιστορικά, από την αλχημεία στην πειραματική χημεία. Υπήρξε πρωτοπόρος για την εποχή του, αφού ήταν ο πρώτος που εφήρμοσε μοντέρνες επιστημονικές μεθόδους στα πειράματά που εκπόνησε. Διατύπωσε το Νόμο των αερίων, ο οποίος είναι ευρύτερα γνωστός ως ο Νόμος Boyle – Mariotte. Ήταν ο πρώτος που εισήγαγε την έννοια του ατόμου, απορρίπτοντας έτσι τη Θεωρία του Αριστοτέλη για τα τέσσερα θεμελιώδη στοιχεία (γη, νερό, αέρας, φωτιά). Αντιλήφθηκε την πραγματική φύση των στοιχείων, προσδίδοντας σε αυτά τη χημική έννοια καθώς επίσης και ότι οι διάφορες ουσίες αποτελούν χημικές ενώσεις στοιχείων και το αντίστροφο.

Εικόνα 2.4: Ο Άγγλο-Ιρλανδός φιλόσοφος και φυσικοχημικός Robert William Boyle (1627 – 1691).

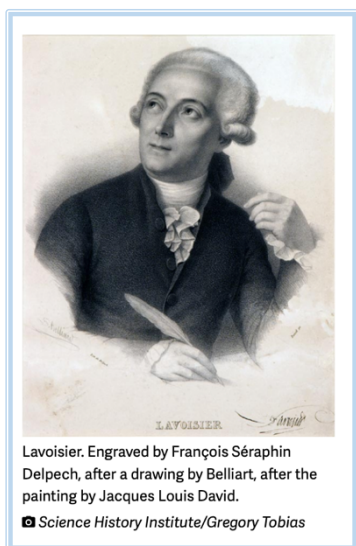


⁵⁵ Ανακάλυψε το οξυγόνο και εντόπισε το μολυβδένιο, το βολφράμιο, το βάριο, το υδρογόνο και το χλώριο. Ανακάλυψε τα οργανικά οξέα: τρυγικό, οξαλικό, ουρικό, γαλακτικό, κιτρικό, καθώς επίσης και τα υδροφορικά, τα υδροκυανικά και τα αρσενικά οξέα.

Εικόνα 2.5: Ο Γερμανο-Σουηδός χημικός Carl Wilhelm Scheele (1742 – 1786).

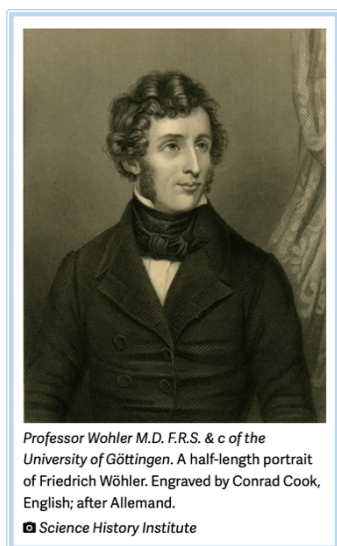
⁵⁴ Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/robert-boyle>

⁵⁵ Ανακτήθηκε από: <https://cdn.britannica.com/14/18314-050-80524769/Carl-Wilhelm-Scheele-Swedish-German-1780.jpg>



⁵⁶ Θεωρείται ένας από τους Θεμελιωτές της Σύγχρονης Χημείας, μαζί με τον Robert Boyle, τον John Dalton και τον Jöns Jacob Berzelius. Θεμελίωσε με τις έρευνες του μία νέα αντίληψη στην μελέτη του φυσικού κόσμου και οδήγησε την ανθρώπινη σκέψη στην ορθολογική προσέγγιση των χημικών φαινομένων, σύμφωνα με τις επιταγές της εποχής του ορθού λόγου.

Εικόνα 2.6: Ο Γάλλος χημικός Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας.



⁵⁷ Είναι γνωστός κυρίως για τη σύνθεση της ουρίας, εξαιτίας της οποίας θεωρείται ο πατέρας της Οργανικής Χημείας, αλλά και για την ανακάλυψη αρκετών χημικών στοιχείων.

Εικόνα 2.7: Ο Γερμανός χημικός Friedrich Wöhler (1800 – 1882), ο πατέρας της Οργανικής Χημείας.

⁵⁶ Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/antoine-laurent-lavoisier>

⁵⁷ Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/justus-von-liebig-and-friedrich-wohler>

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές φωσφόρου θεωρούνται όλες οι πρωτεϊνούχες τροφές, όπως είναι τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, τυρί), το κρέας, τα πουλερικά, τα αυγά, τα ψάρια, τα δημητριακά ολικής άλεσης, το ρύζι, το καλαμπόκι, οι ξηροί καρποί (αμύγδαλα, φυστίκια), τα όσπρια (μαύρα φασόλια, φασόλια pinto, ξερά φασόλια), τα ξερά μπιζέλια, τα προϊόντα σόγιας και για αυτό σπανίως παρατηρείται έλλειψη φωσφόρου στον ανθρώπινο οργανισμό. Όμως, προσθετικά φωσφόρου όπως είναι το φωσφορικό οξύ, το φωσφορικό ασβέστιο, το διφωσφορικό νάτριο κ.α. (τα γνωστά πρόσθετα τροφίμων ή ουσίες E) χρησιμοποιούνται από τις εταιρείες παρασκευής τροφίμων (junk food, προμαγειρεμένες τροφές) κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των τροφίμων με σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής τους, την πήξη τους, τη βελτίωση της γεύσης τους ή την παρεμπόδιση του αποχρωματισμού τους (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Säuberlich, 1999).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη για τα άτομα ηλικίας 9 ετών – 19 ετών είναι 1.250 mg ημερησίως, ενώ για τα άτομα ηλικίας άνω των 19 ετών είναι 700 mg ημερησίως. Τα προσθετικά φωσφόρου αποτελούν το 30% – 50% του καθημερινού προσλαμβανόμενου φωσφόρου μέσω της τροφής. Πολλοί E-αριθμοί που έχουν ως βάση το φωσφόρο μπορούν να καταστούν βλαπτικοί (Säuberlich, 1999).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του φωσφόρου (σε ανόργανη μορφή, σε ποσοστό 50% – 70% ή 90% όταν η πρόσληψή του είναι χαμηλή) από τον οργανισμό γίνεται μέσω του λεπτού εντέρου και κυρίως στο δωδεκαδάκτυλο και στη νήστιδα. Υπάρχουν δύο πιθανοί μηχανισμοί απορρόφησης. Είτε μέσω παθητικής διάχυσης από την παρακυτταρική οδό, που εξαρτάται γραμμικά από τη συγκέντρωση, είτε μέσω μιας μικρής ενεργητικής διακυτταρικής μεταφοράς από συμμεταφορέα Na – φωσφόρου, η οποία αυξάνεται με την επίδραση της καλσιτριόλης (δραστική μορφή της βιταμίνης D), κυρίως σε συνθήκες χαμηλής πρόσληψης φωσφόρου. Η μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων είναι τα στοιχεία ασβέστιο, μαγνήσιο και αργίλιο. Έτσι, το ασβέστιο (είτε ως ανθρακικό, είτε ως οξικό ασβέστιο) μειώνει τη βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου και χρησιμοποιείται για τη δέσμευση των φωσφορικών σε ασθενείς με δευτεροπαθή υπερφωσφαταιμία από νεφρική νόσο. Το μαγνήσιο επίσης μειώνει τη

βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου, όμως η ανεπάρκεια μαγνησίου στον αυλό βελτιώνει τη βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου. Πιστεύεται ότι, ο φώσφορος και το μαγνήσιο δημιουργούν στο γαστρεντερικό σωλήνα το σύμπλοκο $Mg_3(PO_4)_2$ (φωσφορικό τριμαγνήσιο), καθιστώντας τα μη διαθέσιμα για απορρόφηση. Η απορρόφηση του φωσφόρου μειώνεται σε ποσοστό από 70% έως 35% στην περίπτωση που το υδροξείδιο του αργιλίου ($Al(OH)_3$) λαμβάνεται μαζί με κάποιο γεύμα. Η παρατεταμένη χρήση αντιόξινων, όπως είναι το υδροξείδιο του αργιλίου, μπορεί να οδηγήσει σε υποφωσφαταιμία, για αυτό χρησιμοποιείται ως θεραπεία στην υπερφωσφαταιμία από νεφρική νόσο. Κυρία απεκκριτική οδός του φωσφόρου σε ποσοστό 67% θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα. Το υπόλοιπο 10% – 33% απεκκρίνεται μέσω των περιττωμάτων. Σε αντίθεση με το ασβέστιο, η υψηλή διαιτητική πρόσληψη φωσφόρου οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα φωσφόρου στον ορό, που οδηγεί σε αυξημένη απέκκριση φωσφόρου μέσω των ούρων (Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Ο φωσφόρος συμμετέχει σε όλες σχεδόν τις χημικές αντιδράσεις του οργανισμού. Είναι ζωτικής σημασίας για τον ενδιάμεσο μεταβολισμό, συμμετέχοντας στο μεταβολικό δυναμικό με τη μορφή φωσφορικών δεσμών υψηλής ενέργειας, όπως το ATP και με τη φωσφορυλίωση των ενεργειακών υποστρωμάτων. Η ενεργότητα πολλών ενζύμων ρυθμίζεται με εναλλασσόμενη φωσφορυλίωση ή αποφωσφορυλίωση, όπως συμβαίνει με τα ένζυμα που συμμετέχουν στη διάσπαση του γλυκογόνου. Επίσης, είναι σημαντικό συστατικό των νουκλεϊκών οξέων, DNA και RNA. Ο φωσφόρος εναλλάσσεται με πεντόζες για το σχηματισμό του γραμμικού σκελετού αυτών των μακρομορίων. Συμμετέχει στην οξεοβασική ισορροπία και στη μεταφορά οξυγόνου. Βοηθάει στον καλό σχηματισμό των οστών και των δοντιών, καθώς επίσης και στη σωστή ανάπτυξη του σκελετικού ιστού, αφού το 85% των συνολικών αποθεμάτων του βρίσκεται στα οστά. Αποτελεί δομικό συστατικό των κυττάρων (Ursel, 2001).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη φωσφόρου θεωρείται σπάνια, διότι ο φωσφόρος βρίσκεται σε όλα σχεδόν τα τρόφιμα και απορροφάται σε πολύ ικανοποιητικά ποσοστά (60% – 80%) από τον

ανθρώπινο οργανισμό. Ωστόσο, έλλειψη μπορεί να προκληθεί είτε λόγω κάποιων παθήσεων (νεφροπαθείς, αλκοολικοί), είτε λόγω παρεντερικής σίτισης, είτε λόγω ελλιπούς διατροφής (χορτοφάγοι), είτε λόγω λήψης αντιόξινων φαρμάκων για μεγάλο χρονικό διάστημα, είτε λόγω συνδρόμων δυσαπορρόφησης. Η έλλειψη φωσφόρου συνοδεύεται από ανορεξία, μυϊκή αδυναμία, αίσθημα κακουχίας, απώλεια φωσφορικών αλάτων από τα οστά, οστική αλγία, απώλεια ασβεστίου. Επίσης, στα νεογνά η ανεπαρκής πρόσληψη φωσφόρου και ασβεστίου έχει συνδεθεί με την παθογένεση οστικής νόσου (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Η πρόσληψη μεγάλων ποσοτήτων φωσφόρου (κυρίως μέσω κρέατος ή αναψυκτικών) μπορεί να οδηγήσει σε υπερφωσφαταιμία. Δεδομένου ότι, υπάρχει ισορροπία μεταξύ των επιπέδων του φωσφόρου και του ασβεστίου στον οργανισμό, εάν τα επίπεδα του φωσφόρου αυξηθούν στο αίμα, τότε θα μειωθούν τα επίπεδα του ασβεστίου. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απελευθέρωσης του ασβεστίου στο αίμα και την απασβέστωση των οστών, δηλαδή την πρόκληση σκελετικών προβλημάτων και οστεοπόρωσης. Επίσης, τα υψηλά επίπεδα φωσφόρου μπορούν να οδηγήσουν και σε υπερθυρεοειδισμό, εκτός από την αύξηση της εναπόθεσης ασβεστίου στους μαλακούς ιστούς και την μείωση της οστικής μάζας (Ζερφυρίδης, 1998).

2.1.7 Χλώριο (Cl)

Ιστορική Αναδρομή

Το αλάτι (χλωριούχο νάτριο, NaCl) ήταν γνωστό από τα αρχαία χρόνια και εχρησιμοποιείτο ως νόμισμα, είτε στις αγοραπωλησίες αγαθών / προϊόντων, είτε ως αντάλλαγμα για την αγορά δούλων. Υπήρχαν λαοί που είχαν έρθει σε πόλεμο προκειμένου να κατακτήσουν εδάφη με αλατούχες πηγές. Επομένως, ήταν πολύ σημαντικό όπως αποδεικνύει και η λέξη salary, που προέρχεται από τη λατινική λέξη

ΑΛΟΓΟΝΟ
VIIA ομάδα, 3^η περίοδος
[Ne]3s²3p⁵

17Cl

Chlorum / Χλώριο
35.453 amu

salarium (πλακίδια αλατιού που λάμβαναν μαζί με το μισθό τους οι Ρωμαίοι στρατιώτες). Το 1774, ο Γερμανο – Σουηδός χημικός Carl Wilhelm Scheele (1742 – 1786) ανακάλυψε χωρίς να το καταλάβει (θεωρούσε ότι πρόκειται για ένωση του οξυγόνου με κάποια ουσία) ένα νέο χημικό στοιχείο, μέσω της αντίδρασης υδροχλωρικού οξέος με διοξειδίο του μαγγανίου ($4\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$). Ύστερα από 30 χρόνια ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829) απέδειξε ότι όντως πρόκειται για ένα νέο στοιχείο, το οποίο αποκάλεσε χλώριο από τον ελληνικό όρο «χλωρός», λόγω του κιτρινοπράσινου χρώματός του (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012b). Το 1846 πρωτοχρησιμοποιήθηκε ως βακτηριοκτόνο. Οι Γερμανοί το χρησιμοποίησαν ως χημικό όπλο κατά τη διάρκεια του Α Παγκοσμίου Πολέμου με τρομακτικά αποτελέσματα για τον πλανήτη (πολλά λουλούδια άλλαξαν χρώμα, ενώ τα φύλλα των δέντρων έχασαν το χρώμα τους). Το χλώριο (clorur, chlorine, Cl) αποτελεί ένα απαραίτητο ανόργανο συστατικό, που δεν υπάρχει ελεύθερο στη φύση, αλλά βρίσκεται στα τρόφιμα ως φυσικό συστατικό. Η πιο κοινή του μορφή είναι το αλάτι, αλλά υπάρχουν και πολλές άλλες ενώσεις του, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται σε πολλά σύγχρονα βιομηχανικά προϊόντα. Μία από τις κύριες χρήσεις του είναι ως απολυμαντικό τόσο του πόσιμου νερού, όσο και του νερού που χρησιμοποιείται στις πισίνες.

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κυριότερη πηγή χλωρίου θεωρείται το χλωριούχο νάτριο (επιτραπέζιο αλάτι), αφού το μεγαλύτερο ποσοστό του διαιτητικού χλωρίου είναι συνδεδεμένο με το νάτριο σε αυτή τη μορφή. Επομένως, υπάρχει άφθονο σε πολλά τρόφιμα, όπως είναι τα επεξεργασμένα, τα snacks, τα θαλασσινά, το βούτυρο, το γάλα, τα αυγά, το κρέας, η ντομάτα, το αγγούρι, τα αντίδια, οι μπάμιες, τα σπαράγγια, οι φακές, οι ελιές (Πανέρας, 1996· Groff & Gropper, 1995).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν έχει καθοριστεί. Όμως, όπως προτάθηκε το 1989 από το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των Η.Π.Α., η Ελάχιστη Συνιστώμενη Απαίτηση (Estimated Minimum Requirement, EMR) ορίζεται στα 750 mg ημερησίως. Σύμφωνα με νεότερες συστάσεις που εκδόθηκαν το 2004, η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη ορίζεται στα 2,3 g ημερησίως για τους ενήλικες. Η πρόσληψη για τους ηλικιωμένους θα πρέπει να

είναι ελαφρά μειωμένη, ενώ για άτομα με έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες ή έντονη δραστηριότητα (εργασία, άθληση) θα πρέπει να είναι αυξημένη (Groff & Gropper, 1995).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του χλωρίου από τον οργανισμό γίνεται μέσω του λεπτού εντέρου και είναι στενά συνδεδεμένη με την απορρόφηση του νατρίου, για να υφίσταται η ηλεκτρική ουδετερότητα. Υπάρχουν τρεις πιθανοί μηχανισμοί απορρόφησης κατά μήκος του εντερικού βλεννογόνου, που όμως δεν είναι ακριβώς ίδιοι και για τα δύο στοιχεία, όμως πάντα το χλώριο ακολουθεί το νάτριο. Είτε μέσω του μηχανισμού συμμεταφοράς γλυκόζης – Na^+ , που λαμβάνει χώρα κυρίως στο λεπτό έντερο και το χλώριο ακολουθεί παθητικά το ενεργητικά απορροφούμενο νάτριο, μέσω της εντεροκυτταρικής οδού. Είτε μέσω ενός ηλεκτρικά ουδέτερου μηχανισμού συμμεταφοράς $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$, που λαμβάνει χώρα τόσο στο λεπτό, όσο και στο εγγύς τμήμα του παχέος εντέρου, συμβάλλοντας στη μετακίνησή του χλωρίου μέσα στο εντεροκύτταρο. Είτε μέσω ενός ηλεκτρογόνου μηχανισμού απορρόφησης νατρίου, που συμβαίνει κυρίως στο παχύ έντερο και το απορροφούμενο νάτριο συνοδεύεται παθητικά (παρακυτταρικά) από το χλώριο. Κυρία απεκκριτική οδός του χλωρίου θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα, μέσω του οποίου αποβάλλεται η περίσσεια της απορροφώμενης ποσότητας χλωρίου, με σκοπό την έμμεση ρύθμισή της, μέσω της ρύθμισης του νατρίου. Μία άλλη απεκκριτική οδός του χλωρίου είναι μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα (μικρή απέκκριση σε σχέση με την εκτεταμένη απορρόφησή του στο έντερο). Ενώ, μία μη ελεγχόμενη απεκκριτική οδός (παρόμοια με αυτή του νατρίου) θεωρείται ο ιδρώτας, όταν το σώμα εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες ή έντονη δραστηριότητα (εργασία, άθληση) (Groff & Gropper, 1995).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το χλώριο είναι το πρώτο σε περιεκτικότητα ανιόν του εξωκυττάριου χώρου και μαζί με άλλους ηλεκτρολύτες παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης μέσα στα κύτταρα, συμβάλλοντας στη διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας, καθώς και στη μεταφορά των ουσιών τόσο μέσα, όσο και έξω από τα κύτταρα. Απαιτείται για τη σύνθεση του υδροχλωρικού οξέος στο στομάχι, το οποίο βοηθάει στη φυσιολογική απορρόφηση του σιδήρου και της βιταμίνης B12, στην ενεργοποίηση των ενζύμων που σχετίζονται με την

πέψη του αμύλου και στην εξάλειψη των μικροοργανισμών που εισέρχονται στο στομάχι μέσω της διατροφής (Παπανικολάου, 1997· Guthie, 1983).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Έλλειψη χλωρίου που να οφείλεται στη διατροφή παρατηρείται πολύ σπάνια, διότι υπάρχει σε όλες σχεδόν τις τροφές του καθημερινού διαιτολογίου. Τα χαμηλά επίπεδα χλωρίου παραλληλίζονται με τα χαμηλά επίπεδα νατρίου στον οργανισμό. Επομένως, όταν μειώνεται η πρόσληψη του χλωριούχου νατρίου, τότε μειώνονται και τα επίπεδα του χλωρίου στους ιστούς, καθώς και η περιεκτικότητά του στα ούρα. Τα χαμηλά επίπεδα χλωρίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υποχλωραιμία. Η υποχλωραιμία οφείλεται σε παρατεταμένη εφίδρωση ή σε γαστρεντερικές διαταραχές). Η υποχλωραιμία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της πέψης των τροφών, μείωση της δύναμης, καταστροφή των δοντιών (Ζερφυρίδης, 1998· Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα χλωρίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν υπερχλωραιμία. Η υπερχλωραιμία μπορεί να οδηγήσει σε γρήγορη αναπνοή, αδυναμία, υπνηλία και λήθαργο, που μπορεί να εξελιχθεί σε κώμα, διάρροια, εμετό. Η υπερπρόσληψη χλωριούχου νατρίου έχει συσχετισθεί με την υπέρταση, την οστεοπόρωση, τον καρκίνο του στομάχου καθώς και με νεφρικές παθήσεις. Η υπέρταση ενέχει σημαντικό κίνδυνο για πρόκληση ισχαιμικής καρδιοπάθειας, εμφράγματος ή νεφρικών ασθενειών, που αποτελούν και τις κυριότερες αιτίες θνησιμότητας στην Ευρώπη (Groff & Gropper, 1995).

2.2 Ιχνοστοιχεία

Τα ιχνοστοιχεία, η άλλη κατηγορία των ανόργανων συστατικών, συναντώνται σε ένζυμα, ορμόνες και βιταμίνες. Επίσης, συνυπάρχουν με άλλες χημικές ενώσεις, όπως το φωσφορικό ασβέστιο στα οστά, ενώ κάποια βρίσκονται και στο εσωτερικό των κυττάρων του ανθρώπινου οργανισμού. Τα ιχνοστοιχεία βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης, παρά σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης. Για το λόγο αυτό, απορροφώνται σε μεγαλύτερο βαθμό κατά τη βρώση. Είναι αξιοσημείωτο ότι η πρόσληψη

συγκεκριμένων ιχνοστοιχείων βελτιώνουν σε μέγιστο βαθμό την ανθρώπινη υγεία. Παρά την αδιαμφισβήτητη χρησιμότητα των ιχνοστοιχείων, η συνεχής λήψη μεγάλων ποσοτήτων δύναται να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες στον οργανισμό. Επίσης, κάποια ιχνοστοιχεία είναι από τη φύση τους τοξικά και αρκεί μία μικρή ποσότητα, ώστε να βλάψουν τον άνθρωπο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το αλουμίνιο ή αργίλιο (Al), το κάδμιο (Cd) και ο υδράργυρος (Hg), που μέσω της τροφικής αλυσίδας μεταναστεύουν στους ανώτερους οργανισμούς σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, προκαλώντας ακόμη και το θάνατο. Είναι σημαντικό η ποσότητα των ιχνοστοιχείων στο νερό και στα πετρώματα να διατηρείται σταθερή. Οποιαδήποτε μεταβολή στην ποσότητά τους ή η εμφάνιση προσμίξεων μπορεί να οδηγήσει σε καρδιαγγειακά νοσήματα. Μελέτες του σύγχρονου παρελθόντος έδειξαν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας, από καρδιαγγειακές παθήσεις, σε περιοχές όπου το έδαφος περιείχε ανεπαρκείς ποσότητες ιχνοστοιχείων. Όταν το νερό δεν περιέχει ικανή ποσότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων, χαρακτηρίζεται ως μαλακό και προκαλεί συχνά προβλήματα υγείας στους ανθρώπους. Αντίθετα, το σκληρό νερό, που είναι πλούσιο σε ανόργανα συστατικά, αποτελεί το καλύτερο φάρμακο για την πρόληψη καρδιακών επεισοδίων. Οποιαδήποτε αλλαγή στις διατροφικές συνήθειες, πρέπει να περιλαμβάνει τροφές πλούσιες σε ιχνοστοιχεία, όπου σε συνδυασμό με τη σωματική άσκηση οδηγεί στην υγιή ισορροπία του σώματος (Baynes & Dominiczak, 2002· Masironi, 1979).

2.2.1 Βόριο (B)

Ιστορική Αναδρομή

Ο ελληνικός όρος «βόριο» προέρχεται από τον αγγλικό όρο «boron», ο οποίος προέρχεται από τον περσικό ορό «burah» ή από τον αραβικό όρο «buraq», που είναι οι αντίστοιχες ονομασίες για το βόρακα (ένυδρο ορυκτό του βορίου). Εικάζεται ότι πριν από 4.000 χρόνια περίπου οι Βαβυλώνιοι έφεραν το βόρακα από την Άπω Ανατολή, όπου υπήρχε άφθονος στις δυσπρόσιτες ξηρές λίμνες των υψιπέδων του Θιβέτ. Από τα αρχαία κιόλας χρόνια ήταν γνωστές οι ενώσεις

ΜΕΤΑΛΛΟΕΙΔΕΣ
IIIΑ ομάδα, 2^η περίοδος
 $1s^2 2s^2 2p^1$

5B

Boron / Βόριο
10.81 amu

του βορίου, καθώς χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή γυάλινων αντικειμένων. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τα βορικά άλατα και το βορικό οξύ ως συντηρητικό των τροφίμων και ως απορρυπαντικό. Ενώ, οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν το βόρακα στην ιατρική και στη μεταλλουργία. Η ιδιότητα του τηγμένου βόρακα να διαλύει μεταλλικά οξείδια αποκτώντας διαφορετικούς χρωματισμούς αποτυπώνεται στα υαλώματα βόρακα που έχουν βρεθεί σε κινέζικα κεραμικά αντικείμενα του 300 μ.Χ., αλλά και από αναφορές Αράβων αλχημιστών γύρω στο 700 μ.Χ.. Το 13^ο αιώνα ο Βενετός έμπορος και εξερευνητής Marco Polo έφερε κάποια τέτοια δείγματα από την Κίνα στην Ιταλία. Στην Ιαπωνία χρησιμοποιούνταν σε κράματα χάλυβα για την κατασκευή των ξιφών των σαμουράι, όπως τα γνωστά κατάνα. Γύρω στο 1540, ο Γερμανός επιστήμονας Georgius Agricola (1494 – 1555), ο πατέρας της Ορυκτολογίας, στο έργο του «De Natura Fossilium» και ο Ιταλός μεταλλουργός Vannoccio Biringuccio (1494 – 1555) στο έργο του «De la Pirotechnia» αναφέρουν τη χρήση του τηγμένου βόρακα ως συλλίπασμα (ρευστοποιητή) στη μεταλλουργία. Η χρήση του διευκόλυνε τους χρυσοχόους στη συγκόλληση τεμαχίων χρυσού ή χρυσού με χαλκό και έτσι αναφερόταν ως «chrysocolla». Το 1702, ο Ολλανδός φυσιοδίφης Wilhelm Homberg (1652 – 1715) πρωτοπαρασκεύασε το βορικό οξύ (H_3BO_3) με απόσταξη μίγματος βόρακα και θεικού σιδήρου. Ενώ, 70 περίπου χρόνια αργότερα σε θερμοπηγές του Sasso Pisano της Ιταλίας ανακαλύφθηκε σε σχεδόν καθαρή μορφή βορικό οξύ που πήρε το όνομα σασσολίτης. Αλλά, βρέθηκε και σε θερμοπηγές των νήσων Lipari στην Τυρρηνική θάλασσα κοντά στη Σικελία. Το 18^ο αιώνα ο Κορνουαλλός χημικός και εφευρέτης Sir Humphry Davy (1778 – 1829), ο Γάλλος φυσικοχημικός Joseph Louis Gay – Lussac (1778 – 1850) και ο Γάλλος χημικός Louis Jacques Thénard (1777 – 1857) κατάφεραν να απομονώσουν το βόριο (σε 50% περίπου καθαρή μορφή). Το 1808, ο Davy διαπίστωσε ότι η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου διαλύματος βοριούχων αλάτων, δημιουργούσε σε ένα από τα ηλεκτρόδια ένα καφέ ίζημα. Στη συνέχεια πειραματίστηκε με τη χρήση καλίου για την αναγωγή βορικού οξέος, αντί για ηλεκτρόλυση. Η επιβεβαίωση για την ύπαρξη του νέου στοιχείου ήρθε όταν παρήγαγε αρκετό στοιχειακό βόριο, το οποίο και ονόμασε boracium (Davy, 1809). Ενώ, οι Gay – Lussac και Thénard πειραματίστηκαν με τη χρήση σιδήρου σε υψηλή θερμοκρασία για την αναγωγή βορικού οξέος. (Gay – Lussac & Thénard, 1808· Weeks, 1933). Το 1824, ο Σουηδός χημικός Jöns Jakob Berzelius (1779 – 1848), ένας από τους πατέρες της Σύγχρονης Χημείας, αναγνώρισε το βόριο ως χημικό στοιχείο (Berzelius, 1824). Έως το 1872 οι θερμοπηγές της Ιταλίας υπήρξαν οι κύριες ευρωπαϊκές πηγές σε βόρακα και βορικό οξύ, όμως η συνεχής εφαρμογή τους στη

μεταλλουργία, στην κεραμική, στην υαλουργία καθώς και στην παρασκευή απορρυπαντικών τις κατέστησε ανεπαρκείς στη ζήτηση της Ευρώπης και έτσι αντικαταστάθηκαν από τις πηγές της Αμερικής. Χρυσοθήρες ανακάλυψαν την ύπαρξη μεγάλων επιφανειακών κοιτασμάτων βοριούχων ορυκτών, όπως βόρακα και βορικών αλάτων σε ερημικές και άνυδρες περιοχές της Νοτιανατολικής Καλιφόρνιας και της Νεβάδας. Αποτέλεσμα αυτής της ανακάλυψης ήταν η ίδρυση πολλών αμερικανικών εταιρειών για την αξιοποίηση τους (Garrett, 1998). Το 1892, ο Γάλλος χημικός Ferdinand Frederick Henri Moissan (1852 – 1907) πειραματίστηκε με τη χρήση μαγνησίου για την αναγωγή οξειδίου του βορίου και παρέλαβε δείγμα με καθαρότητα 95% – 98%. Ενώ, το 1909, ο Αμερικανός χημικός Ezekiel Weintraub (1874 – d.) παρήγαγε βόριο υψηλής καθαρότητας (> 99%) (Borchert, Dietz, & Koelker, 1970· Laubengayer, Hurd, Newkirk, & Hoard, 1943· Weintraub, 1910). Επομένως, το βόριο (boron, B) είναι ένα ιχνοστοιχείο που βρίσκεται άφθονο στη φύση σε διάφορες μορφές και συναντάται σε ενώσεις κυρίως με το νάτριο και το οξυγόνο, όπως είναι ο βόρακας, το βορικό οξύ και τα βορικά άλατα. Υπό τη μορφή βορικών αλάτων βρίσκεται στα ιζηματογενή πετρώματα, στους γαιάνθρακες και στους ωκεανούς, ενώ υπό την μορφή βορικού οξέος ή άλατος του βορικού οξέος βρίσκεται στα τρόφιμα (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012c· Langman, 2003).



58

Εικόνα 2.8: Ο Γερμανός επιστήμονας Georgius Agricola (1494 – 1555), ο πατέρας της Ορυκτολογίας.

⁵⁸ Ανακτήθηκε από: <https://cdn.britannica.com/58/148858-050-DA2F9555/Georgius-Agricola.jpg>



⁵⁹ Έγινε κυρίως γνωστός για την ανακάλυψη του, ότι το νερό αποτελείται από δύο μόρια υδρογόνου και ένα μόριο οξυγόνου. Επίσης, για τους δύο Νόμους που σχετίζονται με τα αέρια και για το έργο του στα μίγματα αλκοόλης – νερού, τα οποία οδήγησαν στην κλίμακα μέτρησης Gay – Lussac που χρησιμοποιείται για την μέτρηση των αλκοολούχων ποτών σε πολλές χώρες.

Εικόνα 2.9: Ο Γάλλος φυσικοχημικός Joseph Louis Gay – Lussac (1778 – 1850).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές βορίου θεωρούνται οι ξηροί καρποί (καρύδια), τα φρέσκα φρούτα (μήλα, πορτοκάλια, αχλάδια, ακτινίδια, κόκκινα σταφύλια, δαμάσκηνα, αβοκάντο), τα πράσινα λαχανικά, ταμανιτάρια, τα όσπρια (φακές), το κρασί, η μπύρα, το μεταλλικό νερό. Το βόριο επιτρέπεται να προστίθεται σε ορισμένες κατηγορίες τροφίμων, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Βαρζάκας, 2006· Langman, 2003).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν έχει καθοριστεί. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, WHO) ορίζεται στα 1 mg – 3 mg ημερησίως. Η Ανεκτή Ημερήσια Πρόσληψη (Tolerable Daily Intake, TDI) ορίζεται στα 0,1 mg βορίου / kg ανθρώπινου σωματικού βάρους (Βαρζάκας, 2006).

⁵⁹ Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/joseph-louis-gay-lussac>

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του άλατος του βορικού οξέος (σε ποσοστό > 90%) από τον οργανισμό γίνεται μέσω του εντέρου. Με το μηχανισμό της παθητικής διάχυσης κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλα τα υγρά του σώματος, ενώ οι ενώσεις του βορίου μπορούν να διασχίσουν τον ανθρώπινο πλακούντα. Κύρια απεκκριτική οδός θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα. Η απέκκριση του από τους μαλακούς ιστούς και τα βιολογικά υγρά διαφέρει από την κινητική απομάκρυνσή του από τα κόκαλα (Βαρζάκας, 2006).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Αν και δεν έχει ανακαλυφθεί ακόμα ο ουσιώδης ρόλος του βορίου στον ανθρώπινο οργανισμό, θεωρείται ότι βοηθάει στο μεταβολισμό των μετάλλων (ασβέστιο, μαγνήσιο, χαλκός), που συμμετέχουν στην ανάπτυξη των οστών και συμμετέχει θετικά στην θεραπεία της οστεοαρθρίτιδας. Διατηρεί και σταθεροποιεί τις λειτουργίες της κυτταρικής μεμβράνης και των οργάνων. Αυξάνει τα επίπεδα της τεστοστερόνης και βελτιώνει την παραγωγή οιστρογόνων κατά τη διάρκεια της εμμηνόπαυσης. Ενισχύει τη λειτουργία του εγκεφάλου, αποτρέπει την πήξη του αίματος και μειώνει τις μυκητιασικές λοιμώξεις (Langman, 2003).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη βορίου μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στα επίπεδα του ασβεστίου και του μαγνησίου, περιορισμένη ανάπτυξη, υπερθυρεοειδισμό, οστεοπόρωση, αρθρίτιδες, ανωμαλίες στη λειτουργία του νευρικού συστήματος, ανισορροπία των στεροειδών ορμονών (Βαρζάκας, 2006).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα βορίου στον οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν γαστρεντερικές διαταραχές (κοιλιακούς πόνους, ναυτία, διάρροια, εμετό, αδυναμία), οξυθυμία, παροξυσμό, δερματίτιδες, οιδήματα, φλεγμονές, σκελετικές ανωμαλίες. Σύμφωνα με έρευνες η οξεία θανατηφόρα δόση βορικού οξέος ανέρχεται στα 3.000 mg – 6.000 mg για τους ενήλικες. Μία χορηγούμενη δόση (από το στόμα) βορικού οξέος ίση ή μεγαλύτερη από 98 mg βορίου

/ kg ανθρώπινου σωματικού βάρους – 650 mg βορίου / kg ανθρώπινου σωματικού βάρους μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο (Langman, 2003).

2.2.2 Κοβάλτιο (Co)

Ιστορική Αναδρομή

Κάποιες φορές, οι εργάτες των μεταλλωρυχείων έβρισκαν ένα γαλάζιο ορυκτό που έμοιαζε με το χαλκό, αλλά η τήξη του δεν έδινε χαλκό. Θεωρούσαν ότι ήταν χαλκός, που όμως τον είχαν μαγέψει κάποια κακόβουλα πνεύματα τα kobolds. Το 1737, ο Σουηδός χημικός και ορυκτολόγος Georg Brandt (1694 – 1768) μελετώντας το γαλάζιο αυτό ορυκτό εξήγαγε ένα νέο μέταλλο, που το αποκάλεσε cobalt. Το κοβάλτιο (cobaltum, Co) ήταν άγνωστο τόσο στους αρχαίους, όσο και στους αλχημιστές του μεσαίωνα και ήταν το πρώτο μέταλλο που ανακαλύφθηκε (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012b). Βρίσκεται σε καταστάσεις οξείδωσης +2 και +3 και με τον όρο κοβάλτιο συνήθως αναφερόμαστε στο ιονισμένο κοβάλτιο (Langman, 2003).

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
VIII ομάδα, 4^η περίοδος
[Ar]3d⁷4s²

27Co

Cobaltum / Κοβάλτιο
58.9332 amu

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές κοβαλτίου θεωρούνται τα καρύδια, τα ψάρια, τα φρέσκα δημητριακά, τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά, το κρέας, το γάλα. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι το κοβάλτιο χρησιμοποιείται στα συμπληρώματα διατροφής, όμως ως θειικό άλας υπάρχει σε μερικά φάρμακα με μέγιστη δόση 0,25 mg ημερησίως. Το μεγαλύτερο μέρος του κοβαλτίου που λαμβάνεται είναι ανόργανο (Πανέρας, 1996· Langman, 2003).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη δεν έχει οριστεί με ακρίβεια, θεωρείται όμως ότι είναι πολύ χαμηλή (< 1 mg ημερησίως). Δεδομένου ότι αποτελεί μέρος της βιταμίνης B12, την απαιτούμενη ποσότητα κοβαλτίου την λαμβάνουμε μέσω αυτής της βιταμίνης (κύριες πηγές βιταμίνης B12 είναι το κρέας, το συκώτι, τα νεφρά, το γάλα, τα στρείδια). Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη βιταμίνης B12 στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι 1,5 μg ημερησίως, που

αντιστοιχεί σε 0,006 mg κοβαλτίου για τους ενήλικες και για τις κυοφορούσες γυναίκες (Πανέρας, 1996· Langman, 2003).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του κοβαλτίου από τον οργανισμό γίνεται μέσω του γαστρεντερικού συστήματος και εξαρτάται τόσο από την ποσότητα, όσο και από τις διατροφικές συνήθειες. Οι μικρές δόσεις κοβαλτίου απορροφούνται σχεδόν πλήρως, ενώ οι μεγαλύτερες δόσεις απορροφούνται λιγότερο καλά. Η έλλειψη σιδήρου ενισχύει την απορρόφηση, ενώ τα αμινοξέα τη μειώνουν. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση (20% περίπου) κοβαλτίου βρίσκεται στο ήπαρ (το όργανο που αποθηκεύεται η βιταμίνη B12), ενώ μία μικρότερη συγκέντρωση βρίσκεται στα νεφρά, στη σπλήνα, στο πάγκρεας και στο πλάσμα του αίματος. Κύρια απεκκριτική οδός του κοβαλτίου θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα, μέσω του οποίου αποβάλλεται η περίσσεια της απορροφώμενης ποσότητας, ενώ μικρότερες ποσότητες αποβάλλονται μέσω των περιττωμάτων ή της χολής (Langman, 2003).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το κοβάλτιο δεν είναι γνωστό αν έχει οποιαδήποτε λειτουργία στο σώμα, εκτός του ότι αποτελεί μέρος της βιταμίνης B12, που είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία και την ανάπτυξη των κυττάρων, την ωρίμανση των ερυθροκυττάρων του αίματος και το μεταβολισμό του λιπαρού οξέος αλλά και της φολασίνης (Πανέρας, 1996).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Δεν έχει αναφερθεί έλλειψη κοβαλτίου αν και θεωρείται απαραίτητο συστατικό του ανθρώπινου οργανισμού (Langman, 2003).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα κοβαλτίου στον οργανισμό μπορεί να είναι τοξικά. Ένα από τα έκδηλα συμπτώματα της τοξικότητας είναι η καρδιοπάθεια, που παρατηρείται στα άτομα που

καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες μπύρας (το χλωρίδιο του κοβαλτίου χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητής του αφρού της μπύρας) (Langman, 2003).

2.2.3 Μαγγάνιο (Mn)

Ιστορική Αναδρομή

Από τα αρχαία χρόνια ήταν γνωστές οι ενώσεις του μαγγανίου, που όμως λανθασμένα πίστευαν πως ήταν ενώσεις του σιδήρου ή κάποιου άλλου μετάλλου. Το όνομά του προέρχεται από την αρχαία Μαγνησία, η οποία ήταν πλούσια σε οξείδια του μαγνησίου και ανθρακικά άλατα. Η αρχαία Μαγνησία παρείχε πολλές ενώσεις σιδήρου, όπως ο γνωστός μαγνητίτης, που έλκυε το σίδηρο, με κύριο συστατικό το επιτεταρτοξείδιο του σιδήρου (Fe_3O_4) και τα προϊόντά της ήταν γνωστά στους αρχαίους ως «μαγνητίτης λίθος». Ο πυρολουσίτης, που δεν έλκυε το σίδηρο αλλά αποχρωμάτιζε το γυαλί, με κύριο συστατικό το μαγγανήσιο (manganesum) όπως το αποκαλούσαν οι υαλουργοί ή αλλιώς το διοξείδιο του μαγγανίου (MnO_2) και όχι του σιδήρου, όπως αποδείχτηκε το 1740. Στη ρωμαϊκή περίοδο, ως λευκή μαγνησία (magnesia alba) χαρακτηρίζονταν οι λευκές κυρίως ενώσεις του ανθρακικού μαγνησίου (MgCO_3) και ως μαύρη μαγνησία (magnesia nigra) οι ενώσεις του σιδήρου που είχαν προσμείξεις μαγγανίου και όπως διαπιστώθηκε το 1770 αυτοί οι δύο όροι δεν αντιστοιχούσαν σε ενώσεις του ίδιου στοιχείου. Το 1774, ο Σουηδός χημικός και μεταλλουργός Johan Gottlieb Gahn (1745 – 1818) μετά από αναγωγή του πυρολουσίτη με άνθρακα κατάφερε να απομονώσει αυτό το νέο μέταλλο που έγινε γνωστό ως «manganese» που εξελίχθηκε στον ελληνικό όρο «μαγγάνιο» (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012b).

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
VIIB ομάδα, 4^η περίοδος
[Ar]3d⁵4s²

25Mn

Manganese / Μαγγάνιο
54.9380 amu

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές μαγγανίου θεωρούνται οι φυτικές τροφές, των οποίων η περιεκτικότητα σε αυτό το ιχνοστοιχείο ποικίλει, ανάλογα με τη σύνθεση του εδάφους στο οποίο καλλιεργούνται (το αλκαλικό έδαφος παράγει φυτά πολύ φτωχά σε μαγγάνιο). Άλλες πηγές

μαγγανίου, εκτός από τα πράσινα λαχανικά (λάχανο, σπανάκι), θεωρούνται τα προϊόντα ολικής άλεσης, το καφέ ρύζι, το πλιγούρι βρώμης, τα φύτρα σίτου, οι ξηροί καρποί (αμύγδαλα), τα όσπρια (μαύρα φασόλια, φακές), τα φρούτα (ανανάς, φράουλες), το αφέψημα τσαγιού. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα θαλασσινά και το κρέας δεν έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε μαγγάνιο (Πανέρας, 1996· Shils, Olson, Shike, & Ross, 1999).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη έχει οριστεί στα 2,3 mg ημερησίως για τους άνδρες και στα 1,8 mg ημερησίως για τις γυναίκες, σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των Η.Π.Α. (Shils et al., 1999).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του μαγγανίου από τον οργανισμό γίνεται μέσω της γαστρεντερικής οδού. Όμως, η απορρόφηση είναι ιδιαίτερος χαμηλή, όταν υπάρχει παρουσία φωσφόρου και ασβεστίου. Η ρύθμιση των επιπέδων του στον ανθρώπινο οργανισμό ελέγχεται κυρίως μέσω της μεταβλητής απέκκρισης και όχι μέσω της απορρόφησης. Το μαγγάνιο απαντάται σε όλους τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος, αλλά υψηλές συγκεντρώσεις υπάρχουν κυρίως στα οστά, στο πάγκρεας, στο ήπαρ, στην υπόφυση και στην επίφυση (Πανέρας, 1996· Ursel, 2001).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το μαγγάνιο είναι ένα χρήσιμο ιχνοστοιχείο του οργανισμού που συμμετέχει σε πολλές βασικές λειτουργίες. Συμβάλλει στην ανάπτυξη του συνδετικού ιστού και στο μεταβολισμό των λιπών, των υδατανθράκων, των αμινοξέων, των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων (DNA, RNA). Παίξει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και στη διατήρηση της υγείας των οστών, αλλά και στην κανονική λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος. Συμμετέχει στην ανάπτυξη και στη λειτουργία των νεύρων. Βοηθάει στη σύνθεση των ορμονών. Συμβάλλει στην ενεργοποίηση διαφόρων ενζύμων και κυρίως σε ενδοκυτταρικές αντιδράσεις. Είναι απαραίτητο στοιχείο για την πήξη του αίματος, για τη σύνθεση της χοληστερόλης, για τη δράση της ινσουλίνης, αλλά και για την παραγωγή του κολλαγόνου που είναι σημαντικό για την επούλωση των πληγών. Αποτελεί το κύριο αντιοξειδωτικό ένζυμο των μιτοχονδρίων και συμμετέχει στη σύνθεση των μυκοπολυσακχαριτών που

περιβάλλουν και προστατεύουν τα κύτταρα και λιπαίνουν τις αρθρώσεις (Ζαχαριάδης, χ.χ.· Παπανικολάου, 1997· Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, 1980· Guthie, 1983).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Έλλειψη μαγγανίου που να οφείλεται στη διατροφή συνήθως δεν παρατηρείται, διότι υπάρχει επαρκής ποσότητα στις τροφές του καθημερινού διαιτολογίου. Ωστόσο, έλλειψη μαγγανίου έχει αναφερθεί σε συνδυασμό με έλλειψη βιταμίνης K, όπου η χορήγηση αυτής της βιταμίνης από μόνη της δεν μπορεί να προβεί σε διόρθωση της ανωμαλίας στην πήξη του αίματος εάν δεν ληφθούν και συμπληρώματα μαγγανίου. Η έλλειψη μαγγανίου στον οργανισμό μπορεί να εμφανίσει οστικές ανωμαλίες, διαταραχή της αναπαραγωγής (ανικανότητα των ανδρών και στειρώση των γυναικών), αναστολή της σωματικής ανάπτυξης, τροποποίηση του μεταβολισμού. Επίσης, η χρόνια παρεντερική σίτιση των παιδιών μπορεί να οδηγήσει σε απομεταλλοποίηση των οστών και ανεπαρκής ανάπτυξη, λόγω της στέρησης του μαγγανίου, όμως με συμπληρώματα μαγγανίου μπορεί να επιδιορθωθεί (Παπανικολάου, 1997).

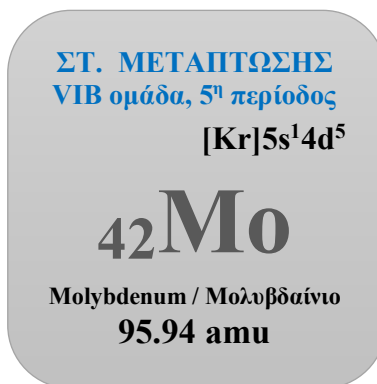
Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Υψηλή πρόσληψη μαγγανίου μέσω της διατροφής (> 9 mg ημερησίως) είναι σχεδόν απίθανο να προκύψει, όμως μπορεί να συμβεί μέσω της αναπνευστικής οδού, κυρίως σε άτομα που εργάζονται σε ορυχεία και εκτίθενται σε σκόνη πλούσια σε μαγγάνιο. Πρόκειται για ένα τοξικό φαινόμενο, που μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα νευρολογικά προβλήματα, ακόμα και σε μόνιμη νευρολογική διαταραχή, με συμπτώματα όμοια με αυτά της Νόσου Parkinson (δυσκολία στο περπάτημα, τρεμούλιασμα, συσπάσεις των μυών του προσώπου), διότι το εισπνεόμενο μαγγάνιο μεταφέρεται απευθείας στον εγκέφαλο, πριν προλάβει το ήπαρ να το μεταβολίσει (Ursel, 2001).

2.2.4 Μολυβδαίνιο (Mo)

Ιστορική Αναδρομή

Το μολυβδαίνιο ήταν γνωστό από τα αρχαία χρόνια. Στα κείμενα του, ο Έλληνας ιατρός και φαρμακολόγος – βοτανολόγος Διοσκουρίδης ο Πεδάνιος (περίπου 10 μ.Χ. – 90 μ.Χ.) κάνει αναφορές σε μία σειρά υλικών με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως η μαλακή τους υφή και η μαύρη ή γκρίζα γραμμή που αφήνουν κατά την τριβή τους με σκληρές επιφάνειες, όπως είναι ο γραφίτης, ο γαληνίτης, το θειούχο μολυβδαίνιο και το θειούχο αντιμόνιο, αποκαλώντας τα μόλυβδο. Η μετεξέλιξη της αρχικής του ονομασίας στη σημερινή του πιθανολογείται πως είναι η εξής «molybdos», «molybdän», «molybdenum». Το 1754, η μελέτη ενός κοιτάσματος μολυβδαινίτη (MoS_2) που φερόταν να περιέχει μόλυβδο, έδειξε την ύπαρξη ενός νέου μετάλλου. Το 1778, ο Σουηδός χημικός Carl Wilhelm Scheele (1742 – 1786) μπόρεσε να απομονώσει το οξείδιο αυτού του νέου μεταλλικού στοιχείου και το ονόμασε μολυβδαίνιο από το όνομα του ορυκτού. Ενώ, το 1782, ο Σουηδός χημικός Peter Jacob Hjelm (1746 – 1813) κατάφερε να το απομονώσει σε καθαρή μορφή. Το μολυβδαίνιο δεν υπάρχει ελεύθερο στη φύση (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012b).



Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Το μολυβδαίνιο βρίσκεται στις φυτικές τροφές που περιέχουν αζωτούχες ενώσεις. Κύριες πηγές μολυβδαινίου θεωρούνται οι φυτικές τροφές, των οποίων η περιεκτικότητα σε αυτό το ιχνοστοιχείο ποικίλει, ανάλογα με τη σύνθεση του εδάφους στο οποίο καλλιεργούνται. Άλλες πηγές μολυβδαινίου, εκτός από τα σκούρα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (σπανάκι), θεωρούνται τα προϊόντα δημητριακών, το ψωμί, τα όσπρια, οι φράουλες, τα γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα), τα εντόσθια (νεφρά, συκώτι) (Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997).

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη κυμαίνεται μεταξύ 0,5 mg – 2 mg ημερησίως για το γενικό πληθυσμό (Παπανικολάου, 1997).

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του μολυβδαινίου από τον οργανισμό γίνεται πολύ εύκολα μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα. Ο ακριβής μηχανισμός απορρόφησης και η τοποθεσία μέσα στο γαστρεντερικό σωλήνα όπου διεξάγεται η όλη διαδικασία δεν έχουν γίνει ακόμα γνωστά. Παρόλα αυτά η μεταφορά του επιτυγχάνεται μέσω της σύνδεσής του με τα ερυθροκύτταρα. Κυρία απεκκριτική οδός του μολυβδαινίου θεωρείται το ουροποιητικό σύστημα. Η απέκκριση εξαρτάται από την ποσότητα μολυβδαινίου που έχει εισαχθεί στον οργανισμό. Σύμφωνα με έρευνες, σε περιπτώσεις χαμηλών ποσοτήτων πρόσληψης μολυβδαινίου στον οργανισμό πραγματοποιείται κατακράτηση, ενώ σε περιπτώσεις μεγάλων ποσοτήτων πρόσληψης πραγματοποιείται ταχεία απομάκρυνση, αποδεικνύοντας έτσι το σημαντικό ρόλο των νεφρών στη ρύθμιση του ομοιοστατικού μηχανισμού. Απέκκριση μικρών ποσοτήτων μολυβδαινίου γίνεται μέσω της χολής (Institute of Medicine, 2001).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Το μολυβδαίνιο αποτελεί συμπαράγοντα κάποιων φλαβικών ενζύμων και πρωτεϊνών που εμπλέκονται στο μεταβολισμό των θερμιδογόνων ουσιών, όπως της οξειδάσης / δεϋδρογονάσης της ξανθίνης (μετατρέπει την πουρίνη ξανθίνη σε ουρικό οξύ), της αλδεϋδικής οξειδάσης (διαλύει τις αλδεϋδες που μπορεί να είναι τοξικές για τον οργανισμό και βοηθάει το συκώτι να καταστρέψει το αλκοόλ και κάποια φάρμακα όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε θεραπείες κατά του καρκίνου), της σουλφιδικής οξειδάσης (εμπλέκεται στο μεταβολισμό του θείου) και του συστατικού μείωσης της μιτοχονδριακής αμιδοξίνης (απομακρύνει τοξικά υποπροϊόντα του μεταβολισμού). Είναι συστατικό της αδαμαντίνης (σκληρή ουσία που αποτελεί τμήμα των δοντιών) και μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης τερηδόνας στα δόντια (Πανέρας, 1996· Παπανικολάου, 1997· Institute of Medicine, 2001).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη μολυβδαινίου στον οργανισμό μπορεί να εμφανιστεί πολύ σπάνια και συνήθως οφείλεται σε ακατάλληλη παραγωγή ουρικού οξέος, σε μακροχρόνια παρεντερική σίτιση ή σε περιπτώσεις σύμπραξης περίσσειας θείου και χαλκού. Μία τέτοια έλλειψη μπορεί να

οδηγήσει σε εμφάνιση τερηδόνας. Τα χαμηλά επίπεδα μολυβδαινίου στον οργανισμό μπορούν να βελτιωθούν άμεσα με την χορήγηση κατάλληλων συμπληρωμάτων (Παπανικολάου, 1997).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Τα υψηλά επίπεδα μολυβδαινίου είναι τοξικά για τον οργανισμό και μπορούν να προκαλέσουν αναιμία, διάρροια, ουρική αρθρίτιδα. Σε κάποιες περιοχές της Αρμενίας, όπου η πρόσληψη μολυβδαινίου είναι αρκετά υψηλή, είναι συχνό φαινόμενο η ουρική αρθρίτιδα (Μόρτογλου & Μόρτογλου, 2002).

2.2.5 Σίδηρος (Fe)

Ιστορική Αναδρομή

Ο σίδηρος ήταν γνωστός από τα αρχαία χρόνια. Ο αρχαιότερος κατεργασμένος σίδηρος χρονολογείται γύρω στο 3.500 π.Χ. και σύμφωνα με μελέτες προέρχεται από μετεωρίτη, όπως και τα πρώτα σιδερένια τεχνουργήματα των Αιγυπτίων και για αυτό ο σίδηρος χαρακτηρίστηκε ως θεϊκό υλικό. Στη Μικρά Ασία, γύρω στο 1.500 π.Χ. θερμαίνοντας κάποια μεταλλεύματα με κάρβουνο προσπάθησαν να εξαγάγουν σίδηρο, αλλά απογοητεύτηκαν. Όμως, το 1.200 π.Χ. ανακάλυψαν ότι ο σίδηρος μπορεί να πάρει μία πιο σκληρή μορφή αν τακεί με τον κατάλληλο τρόπο. Ο σίδηρος αναμείχθηκε με ένα μέρος του άνθρακα που περιείχε κάρβουνο και έτσι δημιουργήθηκε το γνωστό ατσάλι ή χάλυβας, δηλαδή το κράμα σιδήρου – άνθρακα. Το 1.000 π.Χ. θεωρείται η Εποχή του Σιδήρου, όπου ο σίδηρος ήταν το κύριο μέταλλο για την κατασκευή εργαλείων και όπλων (Ακρίβος & Χατζατογλου, 2012). Ο σίδηρος (ferrum, iron, Fe) είναι ένα απαραίτητο μεταλλικό ιχνοστοιχείο που παίρνει μέρος σε πολλές μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού. Το μεγαλύτερο μέρος του σιδήρου βρίσκεται στις πρωτεΐνες αιμοσφαιρίνη και μυοσφαιρίνη, επιτρέποντάς τους να μεταφέρουν το οξυγόνο και στη συνέχεια να το απελευθερώνουν.

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
VII ομάδα, 4^η περίοδος
 $[\text{Ar}]3d^64s^2$

26Fe

Ferrum / Σίδηρος
55.847 amu

Ενώ, ένα μέρος του σιδήρου βρίσκεται αποθηκευμένο στην πρωτεΐνη φερριτίνη. Οι αποθήκες σιδήρου είναι σημαντικές για τους πρώτους μήνες της ζωής ενός βρέφους. Ο σίδηρος συναντάται σε δύο μορφές, στον αιμικό ή ζωικό (δισθενή, Fe^{2+}), που βρίσκεται κυρίως στα ζωικά τρόφιμα και στο μη-αιμικό ή φυτικό (τρισθενή, Fe^{3+}) που βρίσκεται κυρίως στα φυτικά τρόφιμα (Πανέρας, 1996· Groff, Gropper, & Hunt, 1995).

Κύριες Πηγές – Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

Κύριες πηγές σιδήρου θεωρούνται το κόκκινο κρέας (βοδινό), το κρέας των πουλερικών, το συκώτι και άλλα εντόσθια, τα ψάρια (σολομός, τόνος), τα οστρακοειδή (στρείδια, μύδια), τα όσπρια (φακές, φασόλια, ρεβύθια), οι ξηροί καρποί, ο κρόκος του αυγού, τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά, η κινόα, το τόφου, τα αποξηραμένα φρούτα (ροδάκινα, σταφίδες, σύκα, δαμάσκηνα, βερίκοκα), τα εμπλουτισμένα ψωμιά, τα δημητριακά, το ρύζι, τα ζυμαρικά, το σουσάμι. Η συγκέντρωση σιδήρου στα τρόφιμα ποικίλει, διότι εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι οι κλιματολογικές συνθήκες, το χώμα και η επεξεργασία των τροφίμων (Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων, 2006· Institute of Medicine, 2001).

Πίνακας 2.6: Περιεκτικότητα φυτικών τροφών σε σίδηρο.

Τρόφιμα	Ποσότητα	Σίδηρος (mg)
Λαχανικά		
Σπιρουλίνα αποξηραμένη	1 φλυτζάνι	31,92
Μανιτάρια Morel	1 φλυτζάνι	8,04
Ραπανάκια ανατολίτικα αποξηραμένα	1 φλυτζάνι	7,81
Σπανάκι (μαγειρεμένο)	1 φλυτζάνι	6,43
Ντομάτες λιαστές	1 φλυτζάνι	4,91
Πατάτες ψητές με το δέρμα	1 φλυτζάνι	4,08
Αρακάς κατεψυγμένος (μαγειρεμένος)	1 φλυτζάνι	3,84

Κολοκύθα (σε κονσέρβα)	1 φλυτζάνι	3,41
Γλυκοπατάτα (σε κονσέρβα)	1 φλυτζάνι	3,39
Σπαράγγια ωμά	1 φλυτζάνι	2,87
Τεύτλα (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	2,74
Μανιτάρια λευκά (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	2,71
Γλυκοπατάτα (μαγειρεμένη)	1 φλυτζάνι	2,36
Λάχανο (μαγειρεμένο)	1 φλυτζάνι	2,15
Κουκιά ωμά φρέσκα	1 φλυτζάνι	2,07
Χόρτα πικραλίδα (μαγειρεμένα)	1 φλυτζάνι	1,89
Πράσα ωμά	1 φλυτζάνι	1,87
Αγκινάρες ωμές	1 μεσαία αγκινάρα	1,64
Ντομάτες (μαγειρεμένες)	1 φλυτζάνι	1,63
Μπρόκολο	1 φλυτζάνι	0,66
Σπόροι και Ξηροί Καρποί		
Σουσάμι	1 φλυτζάνι	20,95
Σπόροι κολοκύθας ψημένοι με αλάτι	1 φλυτζάνι	9,52
Κουκουνάρια	1 φλυτζάνι	7,47
Φουντούκια	1 φλυτζάνι	5,40
Αμύγδαλα	1 φλυτζάνι	5,31
Καστανά αποξηραμένα	1 φλυτζάνι	5,24
Καρύδια	1 φλυτζάνι	4,94
Φιστίκια	1 φλυτζάνι	4,82
Όσπρια		
Φακές ωμές	1 φλυτζάνι	12,50

Φασόλια ωμά	1 φλυτζάνι	11,42
Ρεβύθια ωμά	1 φλυτζάνι	8,62
Δημητριακά		
Κινόα άψητη	1 φλυτζάνι	7,77
Βρώμη ωμή	1 φλυτζάνι	7,36
Κουάκερ	1 φλυτζάνι	1,86
Ψωμί ολικής	1 φέτα	0,86
Φρούτα		
Ροδάκινα αποξηραμένα	1/2 φλυτζάνι	6,50
Κορινθιακή σταφίδα	1 φλυτζάνι	4,69
Σταφίδες	1 κύπελλο	4,27
Αχλαδιά αποξηραμένα	1/2 φλυτζάνι	3,78
Βερίκοκα αποξηραμένα	1 φλυτζάνι	3,46
Σύκα αποξηραμένα	1 φλυτζάνι	3,02
Δαμάσκηνα αποξηραμένα	1 φλυτζάνι	1,62
Αβοκάντο Καλιφόρνιας	1 φλυτζάνι	1,40
Άλλα τρόφιμα		
Ταχίνι	1 κουταλιά της σούπας	1,34
Μελάσα	1 κουταλιά της σούπας	0,94 ⁶⁰

Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία. Στις Η.Π.Α. οι απαιτήσεις για τους άντρες και τις γυναίκες περασμένης ηλικίας είναι 10 mg ημερησίως. Για τις γυναίκες που βρίσκονται σε ηλικία τεκνοποίησης είναι 15 mg ημερησίως, για τις γυναίκες που κυοφορούν είναι 30 mg ημερησίως, ενώ για τις γυναίκες που θηλάζουν δεν

⁶⁰ Πηγή: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28.

υπάρχουν επιπλέον απαιτήσεις, διότι το μητρικό γάλα διαθέτει την απαιτούμενη ποσότητα σιδήρου (Institute of Medicine, 2001).

Πίνακας 2.7: Συνιστώμενες διαιτητικές προσλήψεις σιδήρου.

Στάδιο Ζωής	Άνδρες	Γυναίκες	Εγκυμοσύνη	Θηλασμός
0 – 6 μηνών	0,27 mg	0,27 mg		
7 – 12 μηνών	11 mg	11 mg		
1 – 3 ετών	7 mg	7 mg		
4 – 8 ετών	10 mg	10 mg		
9 – 13 ετών	8 mg	8 mg		
14 – 18 ετών	11 mg	15 mg	27 mg	10 mg
19 – 50 ετών	8 mg	18 mg	27 mg	9 mg
51+ ετών	8 mg	8 mg		⁶¹

Μεταβολισμός: Απορρόφηση – Απέκκριση

Η απορρόφηση του σιδήρου από τον οργανισμό γίνεται μέσω του λεπτού εντέρου, αφενός στο δωδεκαδάκτυλο με ενεργό μεταφορά που μεταφέρει το σίδηρο από τον εντερικό σωλήνα μέσα στα εντεροκύτταρα και αφετέρου στο εγγύς τμήμα της νήστιδας. Η βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου ποικίλει, διότι ο αιμικός σίδηρος απορροφάται εύκολα από τα εντεροκύτταρα σε ποσοστό έως 30%, ενώ ο μη-αιμικός σίδηρος απορροφάται σε ποσοστό μόλις 5% – 8%, διότι η απορρόφησή του εξαρτάται από διατροφικούς παράγοντες που τον δεσμεύουν στο έντερο με τη μορφή σύμπλοκων ενώσεων. Δηλαδή, ο σίδηρος που περιέχεται στο κρέας και στα ψάρια απορροφάται ευκολότερα και σε μεγαλύτερο ποσοστό, σε σχέση με το σίδηρο που περιέχεται στο σπανάκι, στα λαχανικά, στα όσπρια, στο αλεύρι και απορροφάται σε χαμηλότερο ποσοστό. Για να αυξηθεί η απορρόφηση θα πρέπει ο οργανισμός να μετατρέψει τον τρισθενή σίδηρο σε δισθενή, με τη βοήθεια του όξινου περιβάλλοντος του στομάχου, της βιταμίνης C και των πρωτεϊνών ή των αμινοξέων. Ο

⁶¹ Ανακτήθηκε από: https://www.eae.gr/images/magazine/AIMA_2016-3_xoris-karaxoriseis_HR.pdf

απορροφημένος σίδηρος μεταφέρεται από την πρωτεΐνη τρανσφερίνη και αποθηκεύεται στο ήπαρ, στη σπλήνα και στον ερυθρό μυελό των οστών ως φερριτίνη και αιμοσιδηρίνη. Ο σίδηρος που βρίσκεται στον οργανισμό ανακυκλώνεται και μόνο μικρές ποσότητες απεκκρίνονται μέσω του ουροποιητικού συστήματος, των περιττωμάτων, του δέρματος, του ιδρώτα, των τριχών, των νυχιών, της εμμήνου ρύσεως των γυναικών ή της αιμορραγίας. Όταν τα αποθέματα σιδήρου του οργανισμού εξαντληθούν, όπως συμβαίνει κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, της αναιμίας, της εγκυμοσύνης, του θηλασμού ή της εμμηνόπαυσης μίας γυναίκας, τότε οι ρυθμιστές των αποθηκών του σιδήρου στέλνουν ερεθίσματα στα εντερικά κύτταρα αυξάνοντας την πρόσληψη μέχρι να γεμίσουν και πάλι οι αποθήκες (Πανέρας, 1996· Groff et al., 1995· Institute of Medicine, 2001· Nixon, 2000· Roy & Enns, 2000).

Βιολογική Δράση – Κύριες Λειτουργίες

Ο σίδηρος είναι βασικό συστατικό της αίμης (προσθετική ομάδα πολλών πρωτεϊνών και ενζύμων) και κατ' επέκταση της αιμοσφαιρίνης, της μυοσφαιρίνης, των κυτοχρωμάτων και πολλών άλλων ενζύμων. Η αιμοσφαιρίνη είναι η πρωτεΐνη που μεταφέρει οξυγόνο από τους πνεύμονες στους ιστούς. Η μυοσφαιρίνη είναι η πρωτεΐνη που μεταφέρει και αποθηκεύει οξυγόνο στους μύες και εν συνέχεια, απελευθερώνει το οξυγόνο με σκοπό να καλυφθούν οι αυξημένες μεταβολικές ανάγκες, κατά τη διάρκεια της μυϊκής συστολής. Τα κυτοχρώματα είναι πρωτεΐνες που δρουν ως μεταφορείς ηλεκτρονίων για την παραγωγή κυτταρικής ενέργειας, μέσω της μετατροπής του ADP (Adenosine Diphosphate, διφωσφορική αδενοσίνη) σε ATP, κατά τη διάρκεια της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης. Επίσης, ο σίδηρος είναι απαραίτητος σε πολλές μεταβολικές λειτουργίες όπως είναι η αναπνοή και η φωτοσύνθεση, η σύνθεση του DNA, ο μεταβολισμός των κατεχολαμινών, η σύνθεση πολλών ορμονών, νευροδιαβιβαστών και αμινοξέων. Συμμετέχει στην ανάπτυξη, προλαμβάνει την κόπωση και αυξάνει την αντίσταση στις ασθένειες (Ζαχαριάδης, χ.χ· Παπανικολάου, 1997).

Έλλειψη – Ανεπάρκεια

Η έλλειψη σιδήρου στον οργανισμό οφείλεται κυρίως στην κακή διατροφή, είτε λόγω πείνας, είτε λόγω μη σωστής διατροφής. Αυτό συμβαίνει κυρίως στα διαιτολόγια δυτικού

τύπου, που περιλαμβάνουν τρόφιμα πλούσια σε λίπη και σάκχαρα, ξεφεύγοντας από τα παραδοσιακά τρόφιμα, που περιέχουν σίδηρο. Για αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, για τον εμπλουτισμό του διαιτολογίου με τρόφιμα πλούσια σε σίδηρο. Ο λιγοςτός σιδήρος στην αιμοσφαιρίνη σημαίνει ανεπαρκή εφοδιασμό του οργανισμού με οξυγόνο και άρα περιορισμένη αξιοποίηση της ενέργειας, λόγω αδυναμίας καυσίμων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο άνθρωπος να φαίνεται κουρασμένος ή απαθής και να γίνεται ευαίσθητος στο κρύο. Επίσης, οι εγκεφαλικές του λειτουργίες είναι περιορισμένες και κυρίως η ικανότητα της πνευματικής του συγκέντρωσης. Επομένως, κύρια συμπτώματα της ανεπάρκεια σιδήρου είναι η μειωμένη διάθεση για μάθηση, σκέψη, εργασία, προγραμματισμό, οι ζαλάδες, καθώς και η μειωμένη φυσική ικανότητα. Τα αποθέματα σιδήρου (φερριτίνη) ελαττώνονται, όταν ο οργανισμός δεν εφοδιάζεται σωστά με σίδηρο. Αν κάτι τέτοιο συμβαίνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε προκαλείται εξάντληση των αποθεμάτων, που οδηγεί σε αναιμία. Η αναιμία μπορεί να προκληθεί επίσης από την έλλειψη του φολικού οξέος και της βιταμίνης B12. Όμως, η ανεπάρκεια σιδήρου συνδέεται με τη σιδηροπενική αναιμία (μειωμένα επίπεδα αιμοσφαιρίνης και μειωμένος αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων στο αίμα με παρουσία και άτυπων μορφών ερυθροκυττάρων). Σοβαρή αιτία αναιμίας είναι η απώλεια αίματος, όπου συγκεντρώνεται το 80% του σιδήρου. Λόγω του αναπαραγωγικού τους κύκλου, οι γυναίκες έχουν σοβαρές απώλειες αίματος και παρουσιάζουν αναιμία, για αυτό και έχουν αυξημένες ανάγκες σε σίδηρο κατά 50% σε σχέση με τους άνδρες, όταν βρίσκονται σε ηλικία τεκνοποίησης. Επίσης, απώλεια αίματος παρουσιάζεται στις παρασιτικές προσβολές του πεπτικού σωλήνα ορισμένων ατόμων, που δεν το γνωρίζουν και αισθάνονται μονίμως κουρασμένοι και χωρίς δραστηριότητα (Ζερφυρίδης, 1998).

Περίσσεια – Υπερπρόσληψη

Οι υψηλές δόσεις σιδήρου στον οργανισμό έχουν τοξικές επιπτώσεις, αφού οι μεγάλες ποσότητες (αποθέματα) σιδήρου στο ήπαρ, τη σπλήνα και σε άλλα όργανα είναι βλαβερές. Υψηλές ποσότητες σιδήρου στον οργανισμό παρατηρούνται είτε λόγω υπερβολικής πρόσληψης, είτε ως αποτέλεσμα μίας γενετικής διαταραχής που οδηγεί σε αυξημένη απορρόφηση σιδήρου στο έντερο, της αιμοχρωμάτωσης. Οι επιπτώσεις της αιμοχρωμάτωσης περιλαμβάνουν κίρρωση του ήπατος και χαλκόχρου διαβήτη (τύπος σαχαρώδους διαβήτη). Επίσης, η υπερπρόσληψη σιδήρου προκαλεί δηλητηριάσεις, οι οποίες μπορεί να καταλήξουν ακόμα και στο θάνατο παιδιών μικρής ηλικίας (Briony, 2001).

3. Μεταφορά της Επιστημονικής Γνώσης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία

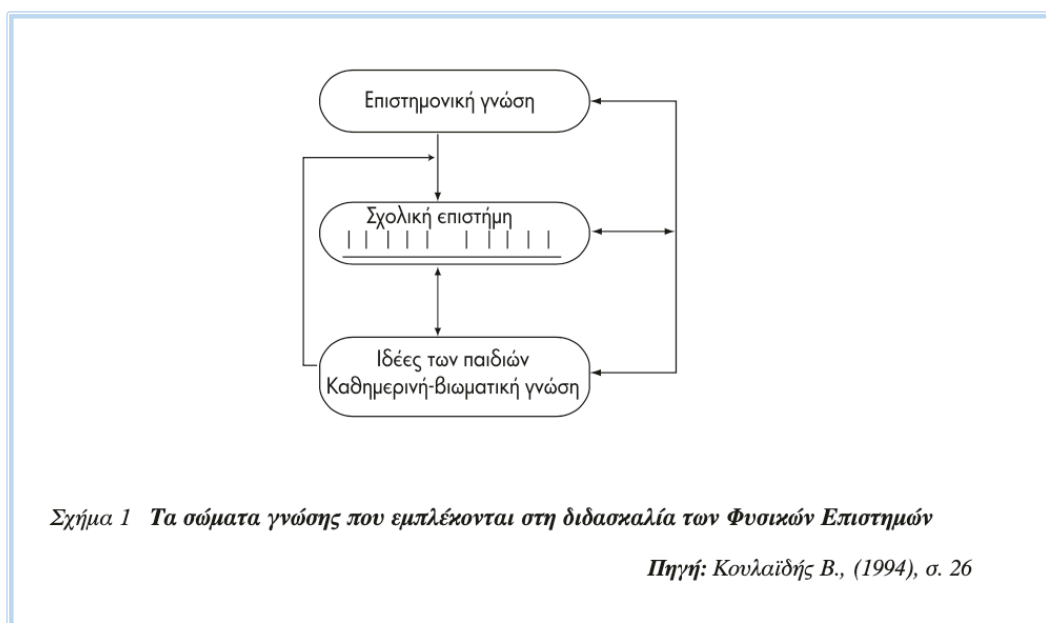
3.1 Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στοχεύει στην εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική οπτική αντιμετώπιση των προβλημάτων. Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Δ.Φ.Ε.) είναι η επιστήμη που εξετάζει, αναλύει και προτείνει λύσεις στα προβλήματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία των Φ.Ε., δηλαδή ασχολείται με το μετασχηματισμό της φυσικο-επιστημονικής γνώσης στη σχολική της εκδοχή. Η ανάλυση του μετασχηματισμού αφορά στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές κατανοούν και χειρίζονται τους όρους των Φ.Ε. και τις αντίστοιχες έννοιες, τόσο στο σχολικό περιβάλλον, όσο και ανεξάρτητα από αυτό. Από μία πρόχειρη εξέταση των Αναλυτικών Προγραμμάτων (Α.Π.), αλλά και από ερευνητικές εργασίες που σχετίζονται με τη μελέτη των Α.Π. έχει διαπιστωθεί ότι: 1) η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει οργανωθεί ή και καταταξιωθεί σε πολλά γνωστικά αντικείμενα (χημεία, βιολογία, φυσική κ.α.) και 2) υπάρχουν κάποιοι δείκτες, σύμφωνα με τους οποίους μπορούμε να αποτιμούμε τη σπουδαιότητα που αποδίδουν σε κάθε γνωστική περιοχή οι κατασκευαστές των Α.Π. Πιο συγκεκριμένα, οι Φ.Ε. αποτελούν την τρίτη πιο σπουδαία περιοχή των Α.Π. στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, έπειτα από την Ελληνική Γλώσσα και τα Μαθηματικά (Bliss et al., 2001).

3.2 Τα τρία Σώματα της Γνώσης

Σε κάθε προσπάθεια διδασκαλίας των Φ.Ε. εμπλέκονται τρία διακριτά σώματα γνώσης. Η φυσικο-επιστημονική γνώση αποτελεί το πρώτο σώμα γνώσης. Με τη φυσικο-επιστημονική γνώση ασχολούνται οι Επιστημονικές Κοινότητες των Φ.Ε., όταν προσπαθούν να ανατρέψουν (να προωθήσουν ή να αλλάξουν τη γνώση) αυτό που είναι γνωστό και καθιερωμένο. Φυσικός φορέας αυτής της γνώσης θεωρούνται τα βιβλία και κυρίως τα τελευταία τεύχη των περιοδικών που αναφέρονται στις Φ.Ε. Η σχολική εκδοχή της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, που λαμβάνει χώρα κυρίως στην τάξη αποτελεί το δεύτερο σώμα γνώσης. Φορείς εκδοχής είναι κυρίως οι διδάσκοντες (συμμετέχουν και στην επιστημονική γνώση), αλλά και τα σχολικά εγχειρίδια. Η καθημερινή – βιωματική γνώση

ή οι πρώτες ιδέες ή οι λανθασμένες αντιλήψεις ή οι παρανοήσεις ή οι αναπαραστάσεις ή τα εναλλακτικά εννοιολογικά πλαίσια των μαθητών αποτελούν το τρίτο σώμα γνώσης. Οι πρακτικο-βιωματικές ιδέες των μαθητών είναι λειτουργικές και πηγάζουν από την καθημερινή εμπλοκή τους με τη ζωή (σε αντίθεση με τη φυσικο-επιστημονική γνώση και τη σχολική της εκδοχή) (Bliss et al., 2001).



62

Εικόνα 3.1: Τα τρία σώματα της γνώσης.

Σύμφωνα με τον Bachelard, στα βιβλία του «*La formation de l'esprit scientifique (1938)*» και «*Le rationalisme appliqué (1949)*», υφίσταται μία πολέμια σχέση μεταξύ της καθημερινής και της επιστημονικής γνώσης και κατά επέκταση μία ασυνέχεια της μετάβασης από την πρώτη στη δεύτερη. Στους ακόλουθους πίνακες παραθέτονται τα αντιθετικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής και της καθημερινής γνώσης, έτσι όπως τα καταγράφει ο Migne στην εργασία του «*Les obstacles épistémologiques et la formation des concepts (1969)*» (Bliss et al., 2001).

⁶² Πηγή: Bliss, J., Cooper, G., Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Ραβάνης, Κ., Solomon, J., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α'.* (Κεφάλαιο 1: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Αντικείμενο και Αναγκαιότητα, Σχήμα 1, σελ. 30). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Πίνακας 3.1: Τα χαρακτηριστικά της καθημερινής γνώσης (επάνω) και Τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης (κάτω).⁶³

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά καθημερινής γνώσης
<ul style="list-style-type: none"> • Πρόκειται για μία μορφή γνώσης (καθημερινή γνώση) που θεμελιώνεται πάνω στη χρησιμότητα των αντικειμένων – «μεταφράζει τις ανάγκες για γνώσεις». «Με το να ορίζει τα αντικείμενα σύμφωνα με τη χρησιμότητά τους, απαγορεύει στον εαυτό της να τα γνωρίσει»³³.
<ul style="list-style-type: none"> • Είναι μία γνώση που προσκολλάται περισσότερο στα γεγονότα παρά στις σχέσεις. Το χαρακτηριστικό αυτό, όχι μόνο αποτελεί ζευγάρι με το προηγούμενο (επικέντρωση στη χρησιμότητα των αντικειμένων), αλλά επιπλέον ενισχύονται αμοιβαία. Αν κάτι θυμόμαστε από τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο, είναι τα γεγονότα και όχι τα σχετικά προβλήματά τους ή τις αιτίες τους.³⁴ «Το αφηρημένο και με ελεύθερο πνεύμα τιθέμενο πρόβλημα χάνεται από τη μνήμη» η συγκεκριμένη απάντηση μένει»³⁵.
<ul style="list-style-type: none"> • Είναι μία γνώση που δεν συνιστά ένα σύστημα με συνάφεια και συνοχή. «Η κοινή εμπειρία δεν είναι πραγματικά σύνθετη. Το πολύ να αποτελείται από παραθετικές παρατηρήσεις»³⁶.
<ul style="list-style-type: none"> • Είναι μία γνώση που αντιστέκεται στην αλλαγή. «Έρχεται κάποια στιγμή που το πνεύμα προσιμάει εκείνο που επιβεβαιώνει τη γνώση του παρά εκείνο που του αντιτίθεται, ή προτιμάει περισσότερο τις απαντήσεις απ' ό,τι τα ερωτήματα. Έκτοτε, το συντηρητικό ένστικτο κυριαρχεί, η πνευματική ανάπτυξη σταματάει»³⁷. Είναι ένα ένστικτο αυτοσυντήρησης της σκέψης.³⁸ Μία από τις τάσεις της κοινής λογικής γνώσης στην προσπάθεια να εξηγήσει το άγνωστο είναι η χρήση αναλογικών συλλογισμών που βασίζονται σε αισθητηριακά δεδομένα. Έτσι, υπερτιμώνται οι εξηγήσεις που χρησιμοποιούνται περισσότερο, λειτουργούν ως προκαταλήψεις και τελικά αδρανοποιούν τη σκέψη.

Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά επιστημονικής γνώσης
<ul style="list-style-type: none"> • Η επιστημονική γνώση είναι μία κατασκευή. «Πρώτα απ' όλα πρέπει να γνωρίζουμε να θέτουμε προβλήματα... Για το επιστημονικό πνεύμα, κάθε γνώση είναι μία απάντηση σε ένα πρόβλημα. Εάν δεν υπάρχει πρόβλημα, δεν είναι δυνατό να υπάρξει επιστημονική γνώση. Τίποτα δεν είναι αυτονόητο. Τίποτα δεν είναι δεδομένο»³⁹. «Σε αυτές τις συνθήκες, η άμεση πραγματικότητα είναι ένα απλό πρόσχημα της επιστημονικής σκέψης και όχι πλέον ένα αντικείμενο γνώσης»⁴⁰. Η αντικειμενικότητα λοιπόν δεν είναι άμεση και δεδομένη, αλλά ένας στόχος που προσπαθούμε να κατακτήσουμε στο πέρας της διαδικασίας της αντικειμενικοποίησης (objectivation)⁴¹. «Για να υπάρξει επιστημονική γνώση, πρέπει να υπάρχει μια εργασία που κατασκευάζει ένα αντικείμενο, όπου η θεωρία και το πείραμα συνδέονται στο πλαίσιο μιας επαλήθευσης. Η επιστημονική συνείδηση διαμορφώνεται μέσω αυτού που οικοδομεί»⁴².
<ul style="list-style-type: none"> • Η επιστημονική γνώση είναι μία γνώση των σχέσεων (γενικών και αφηρημένων) και των αποτελεσμάτων. Αυτή, αποσπάζεται από τον εμπράγματο κόσμο και τοποθετείται στο «πεδίο του συντονισμένου-αφηρημένου, το οποίο παρέχει την πρωτοκαθεδρία στη σχέση έναντι του είναι»⁴³. Με τη γνώση των σχέσεων, γίνεται δυνατή η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων και η επίτευξή τους με τη δημιουργία των κατάλληλων πειραματικών συνθηκών. Η τεχνική των αποτελεσμάτων χαρακτηρίζει τη μοντέρνα επιστήμη, ενώ τα γεγονότα χαρακτηρίζουν την παιδική ηλικία της.⁴⁴ Σε αντίθεση με την επιστημονική γνώση, οι έννοιες της καθημερινής λογικής είναι οπτικές ή χωρικές έννοιες οι οποίες προμηθεύουν τις φόρμες και τις κινήσεις. Καθώς όμως οι αισθήσεις, προνομιακός χώρος της καθημερινής εμπειρίας, δεν συνιστούν τον κατάλληλο δρόμο για την επιστημονική γνώση, πρέπει να τις αποκηρύξουμε.⁴⁵
<ul style="list-style-type: none"> • Η επιστημονική γνώση είναι μία προσπάθεια συστηματοποίησης, με συνέπεια και συνοχή, μέσω της επεξεργασίας συνόλων εννοιών που ορίζονται η μία σε σχέση με την άλλη. Το γεγονός λοιπόν που δεν εντάσσεται σε ένα δίκτυο σχέσεων στερείται επιστημονικού ενδιαφέροντος.
<ul style="list-style-type: none"> • Η πρόοδος στην επιστημονική γνώση δεν συνίσταται σε αύξηση των γνώσεων μέσω της συσσώρευσης, έτσι ώστε η παλιά γνώση να συνυπάρχει με την καινούρια. Η νέα γνώση δεν περιέχει την παλαιότερη, ούτε την επεκτείνει. Η επιστημονική γνώση προοδεύει μέσω της διαλεκτικής γενίκευσης, όπου «διαλεκτική», για τον Bachelard, είναι η επαγωγική κίνηση που αναδιοργανώνει τη γνώση διευρύνοντας τις βάσεις της, όπου η άρνηση των ιδεών και των αξιωμάτων δεν είναι παρά μία όψη της γενίκευσής τους.⁴⁶ Σχετικά μάλιστα με την άρνηση, τονίζει ότι «η γενίκευση, μέσω της άρνησης, οφείλει να συμπεριλάβει αυτό το οποίο αρνείται»⁴⁷.

⁶³ Πηγή: Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α'.* (Κεφάλαιο 4: Επιστημονική και Καθημερινή Γνώση: το επιστημολογικό εμπόδιο, Πίνακες 1 και 2, σελ. 111–112). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης σε σχολική είναι βαθύτερος και δεν αποτελεί μόνο την απλοποίησή της. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της σχολικής γνώσης, που εντοπίζουν διαφορές από την επιστημονική γνώση είναι τα ακόλουθα: 1) Αναπαραγωγή: στο σχολικό πλαίσιο επιδιώκεται η αναπαραγωγή της υπάρχουσας γνώσης, ενώ στο επιστημονικό η αναπαραγωγή νέας γνώσης, 2) Αντικειμενικοποίηση: η σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης τείνει να παρουσιάζει ένα φυσικό φαινόμενο ως αντικειμενική πραγματικότητα, 3) Μυθοποίηση του καθημερινού κόσμου και της επιστημονικής γνώσης: στο σχολικό πλαίσιο μυθοποιείται τόσο ο καθημερινός κόσμος, με το να αναδεικνύεται ως το προνομιακό πεδίο παρατήρησης για την παραγωγή επιστημονικής γνώσης, όσο και η επιστημονική γνώση με το να φαίνεται ότι μπορεί να επεξηγήσει πληρώσει τον καθημερινό κόσμο και 4) Ιεραρχική δόμηση των παιδαγωγικών σχέσεων: η σχολική εκδοχή της φυσικο–επιστημονικής γνώσης συγκροτεί τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών ως ιεραρχική. Είναι πιθανό να μην εμφανίζονται όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε μία ενότητα ενός σχολικού εγχειριδίου ή στη διδασκαλία μίας συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας και βεβαίως δεν αποτελούν κριτήριο για την κατασκευή κατάλληλης σχολικής γνώσης. Αντίθετα, είναι σημεία τα οποία πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο προβληματισμού (Bliss et al., 2001).

3.3 Οι πρακτικο–βιωματικές αντιλήψεις των μαθητών

Η έρευνα στη Δ.Φ.Ε. στράφηκε από τη δεκαετία του '70 στην καταγραφή των αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές για διάφορα φαινόμενα και έννοιες των Φ.Ε. Οι μαθητές έχουν διαμορφώσει κάποιες πρώτες αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο πριν ακόμα διδαχτούν για αυτόν, στο πλαίσιο της τυπικής τους εκπαίδευσης. Οι αντιλήψεις αυτές θα πρέπει να καταγράφονται, διότι είναι σημαντικές και αναγκαίες για τη διδασκαλία, αφού αποτελούν τις «δομές υποδοχής» της νέας γνώσης που θα διδαχτούν στο σχολείο, δηλαδή τα εργαλεία με τα οποία θα επιχειρήσουν να αποκωδικοποιήσουν και να κατανοήσουν τη σχολική γνώση. Οι νέες γνώσεις που θα κατασκευάσουν οι μαθητές θα είναι αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης των πρακτικο–βιωματικών τους αντιλήψεων με τη σχολική γνώση. Προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν την επιστημονική άποψη, θα πρέπει να αναθεωρήσουν τις λανθασμένες τους αντιλήψεις. Τα γενικά χαρακτηριστικά αυτών των αντιλήψεων είναι τα ακόλουθα: 1) η κυριάρχηση της σκέψης από τα αντιληπτικά δεδομένα (όταν οι μαθητές βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα, τότε τείνουν να προβαίνουν σε

μία «ανάγνωση» της κατάστασης που στηρίζεται αρχικά σε δεδομένα που γίνονται αντιληπτά μέσω των αισθήσεων), 2) η περιορισμένη εστίαση (η τάση των μαθητών να επικεντρώνουν την προσοχή τους και να λαμβάνουν υπόψιν τους ορισμένες μόνο όψεις των καταστάσεων που μελετούν, αγνοώντας κάποιες άλλες), 3) η λειτουργικότητα των αντιλήψεων, δηλαδή η συνύπαρξη πολλών αντιλήψεων και η εξάρτησή τους από το πλαίσιο χρήσης τους (οι μαθητές ενεργοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις για να ερμηνεύσουν καταστάσεις, που θεωρούνται ισοδύναμες από τον επιστήμονα), 4) η αδιάκριτη χρήση εννοιών (οι μαθητές χρησιμοποιούν αδιακρίτως έννοιες, που έχουν διαφορετική σημασία στην επιστημονική γλώσσα), 5) η χρήση γραμματικών αιτιακών συλλογισμών (οι μαθητές, εξαιτίας της εφαρμογής μίας τοπικής, και όχι ολικής θεώρησης των εξεταζόμενων συστημάτων, τείνουν να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τις αλλαγές των συστημάτων με τη βοήθεια γραμμικών, χρονικών ή / και τοπικών, αιτιακών αλυσίδων κάθε τμήμα των οποίων αναφέρεται σε ένα απλό φαινόμενο) και 6) η αυθεντικότητα και η σταθερότητα των αντιλήψεων στην αλλαγή (συνάγεται και σε σχέση με την εννοιολογική αλλαγή, η οποία όποτε λαμβάνει χώρα, συνιστά μία μακρόχρονη και βραδεία διαδικασία, υπερβαίνουσά τις συνήθεις βραχύχρονες σχολικές διαδικασίες μάθησης). Αν ο εκπαιδευτικός γνωρίζει τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τα φαινόμενα και το νόημα που αποδίδουν στις έννοιες των Φ.Ε. που πρόκειται να τους διδάξει, τότε μπορεί να τις μετασχηματίσει σε διδακτικούς στόχους, να προσδιορίσει τις κατάλληλες συνθήκες και να σχεδιάσει τέτοιες διδακτικές δραστηριότητες που να διευκολύνουν τη μάθηση. Έτσι, ο εκπαιδευτικός από «αυθεντία», «πομπός» ή «μεταδότης» της γνώσης και «αρχιτέκτονας» της μάθησης που θεωρείτο παραδοσιακά, γίνεται πρώτα ερευνητής προσπαθώντας να ανιχνεύσει τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών του, αλλά και «συνέταιρος» με τους μαθητές στην επιχείρηση της κατασκευής νέων γνώσεων. Επομένως, η διδασκαλία μετατρέπεται σε μία διαρκή διαδικασία μάθησης όχι μόνο για τους μαθητές, αλλά και για τον εκπαιδευτικό. Ο εκπαιδευτικός βοηθάει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν τα όρια των δικών τους αντιλήψεων και να αναζητήσουν νέες λύσεις, πιο ικανοποιητικές και πιο καρποφόρες. Επίσης, ενθαρρύνει τους μαθητές να επικοινωνήσουν, να συνεργαστούν, να «μάθουν ο ένας από τον άλλον» και να ανταλλάξουν ιδέες και απόψεις. Επομένως, η μετάβαση από την «παραδοσιακή» στην «προοδευτική» διδασκαλία των Φ.Ε. είναι ένα δύσκολο και πολύπλοκο εγχείρημα που περιλαμβάνει πολλές μεταβλητές. Ο κινητήριος μοχλός μίας τέτοιας αλλαγής είναι ο εκπαιδευτικός, ο οποίος πρέπει να γνωρίζει πολύ περισσότερα από το γνωστικό του αντικείμενο πριν μπει στην τάξη για να διδάξει (Bliss et al., 2001).

Πίνακας 3.2: Σύγκριση παραδοσιακής και νέας θεώρησης για τη διδασκαλία των Φ.Ε.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΔΕΝ ΛΑΜΒΑΝΕΙ ΥΠΟΨΗ ΤΙΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΕΙ ΥΠΟΨΗ ΤΙΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Το μυαλό του παιδιού είναι «άγραφο χαρτί», ή ➤ Ακόμη και αν το παιδί έχει κάποιες αντιλήψεις, αυτές δεν είναι αξιόλογες και δεν παίζουν κανένα ρόλο. Θα της εγκαταλείψει μόλις διδαχτεί τις επιστημονικές γνώσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Οι μαθητές έχουν ήδη προϋπάρχουσες αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φ.Ε. ➤ Οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των παιδιών αποτελούν τη δομή υποδοχής της νέας γνώσης και δεν μπορούν να αγνοηθούν. ➤ Υπάρχει ανάγκη για διδακτική αξιοποίηση των αντιλήψεων των μαθητών.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η γνώση συσσωρεύεται και απομνημονεύεται μέσω της επανάληψης. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η γνώση κατασκευάζεται ενεργά μέσω της αλληλεπίδρασης νέων πληροφοριών και υπαρχουσών αντιλήψεων.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ο εκπαιδευτικός είναι ο ειδικός, η αυθεντία, που κατέχει τη μόνη «σωστή» απάντηση για κάθε επιστημονικό θέμα. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους για τα θέματα που διδάσκει, «διαπραγματεύεται» τη νέα γνώση. ➤ Ο εκπαιδευτικός έχει και αυτός τις δικές του αντιλήψεις και «κοσμοθεωρία», οι οποίες επιδρούν στον τρόπο με τον οποίο διδάσκει.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Οι «επιστημονικές» γνώσεις που διδάσκονται στο σχολείο δεν συσχετίζονται με την καθημερινή ζωή έξω από αυτό. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Οι καθημερινές γνώσεις των μαθητών συσχετίζονται και αλληλεπιδρούν με τη σχολική επιστήμη.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η έμφαση δίνεται στο εάν ο μαθητής μπορεί να αναπαράγει τα όσα διδάχτηκε, όταν του ζητηθεί. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η έμφαση δίνεται στο εάν ο μαθητής μπορεί να δίνει εξηγήσεις με βάση τις αντιλήψεις του και στο τι περιλαμβάνουν αυτές οι εξηγήσεις.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Το Αναλυτικό Πρόγραμμα σχεδιάζεται με αποκλειστικό γνώμονα τις επιστημονικές γνώσεις που πρέπει να «μεταδοθούν». 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ο σχεδιασμός του Α.Π. οφείλει να λαμβάνει υπόψη: α) τις επιστημονικές γνώσεις, β) τις υπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών και γ) μέσα υποστήριξης του εκπαιδευτικού (δραστηριότητες μάθησης, τεχνικές διδασκαλίας, διδακτικό υλικό.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Το μόνο που χρειάζεται ο εκπαιδευτικός είναι να κατέχει καλά τα όσα θα διδάξει. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Εκτός από τις επιστημονικές τους γνώσεις, ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει επίγνωση των πιθανών αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές για κάθε θέμα που διδάσκεται και να μπορεί να προσαρμόσει τη μέθοδο διδασκαλίας του κατάλληλα. Πρέπει να έχει επιπλέον επίγνωση των δικών του αντιλήψεων.⁶⁴

⁶⁴ Πηγή: Bliss, J., Cooper, G., Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Ραβάνης, Κ., Solomon, J., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α' (Κεφάλαιο 2: Σημασία της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών, Πίνακας 2, σελ. 68)*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

3.4 Τα Βασικά Διδακτικά Μοντέλα

Κάθε διδακτικό μοντέλο έχει στη βάση του μια κεντρική θεωρία μάθησης, στην οποία υπαγορεύονται διαφορετικοί ρόλοι για τον εκπαιδευτικό και το μαθητή, διαφορετικού τύπου επιλογές σε σχέση με τις επιμέρους διδακτικές ενέργειες, τη διάταξη, το βηματισμό και φυσικά την αξιολόγηση. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί τρία βασικά διδακτικά μοντέλα: 1) το παραδοσιακό, 2) το ανακαλυπτικό και 3) το εποικοδομητικό. Στο παραδοσιακό διδακτικό μοντέλο, ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του μεταδότη της γνώσης (αυθεντία), ενώ ο μαθητής είναι ο παθητικός δέκτης της γνώσης. Η γνώση είναι εξωτερική από το υποκείμενο και μεταβιβάζεται σε αυτό. Οι διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται, αλλά και οι μέθοδοι αξιολόγησης των μαθητών είναι η διάλεξη και τα πειράματα επίδειξης. Στο ανακαλυπτικό διδακτικό μοντέλο, ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του διευκολυντή και του οργανωτή της διαδικασίας ανακάλυψης της γνώσης, ενώ ο μαθητής είναι ενεργητικός ερευνητής της γνώσης. Η γνώση είναι προϊόν κοινωνικής διαπραγμάτευσης και ανακαλύπτεται. Οι διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι οι ομαδικές εργασίες, οι συζητήσεις και η καθοδηγούμενη ανακάλυψη, ενώ οι μέθοδοι αξιολόγησης των μαθητών είναι η εφαρμογή σε νέα αυθεντικά προβλήματα. Τα βασικά στάδια της ανακαλυπτικής διδασκαλίας είναι τα εξής: Προσανατολισμός (Έναυσμα Ενδιαφέροντος), Διατύπωση Υποθέσεων, Έρευνα – Πειραματισμός, Διατύπωση / Καταγραφή Συμπερασμάτων, Εφαρμογές / Γενίκευση, Αξιολόγηση της νέας γνώσης. Στο εποικοδομητικό διδακτικό μοντέλο, ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του διευκολυντή και του οργανωτή της διαδικασίας εννοιολογικής αλλαγής, ενώ ο μαθητής είναι το υποκείμενο που παρακολουθεί την πορεία της γνωστικής του εξέλιξης. Η γνώση είναι κατασκευή (ατομική ή κοινωνική) και συνδέεται ή συγκρούεται με τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις. Οι διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η πρόβλεψη, η παρατήρηση και η εξήγηση (γνωστική σύγκρουση), ενώ οι μέθοδοι αξιολόγησης των μαθητών είναι η εφαρμογή σε νέα αυθεντικά προβλήματα. Τα βασικά στάδια της εποικοδομητικής διδασκαλίας είναι τα εξής: Προσανατολισμός (Έναυσμα Ενδιαφέροντος), Ανάδειξη και Αποσαφήνιση Αντιλήψεων, Δημιουργία Γνωστικής Αποσταθεροποίησης και Αναδόμηση Αντιλήψεων, Εφαρμογή σε Νέες Καταστάσεις και Ανατροφοδότηση, Αναστοχασμός πάνω στη Διαδικασία Μάθησης (Δημόπουλος & Κουλαϊδής, χ.χ.).

3.5 Διαφοροποιημένη Διδασκαλία

Η παραδοσιακή διδασκαλία παραμένει στο κύριο μέρος της μια προσπάθεια μεταφοράς και μεταβίβασης γνώσεων σε τάξεις όπου οι μαθητές θεωρούνται αδιαφοροποίητος ομοιογενής πληθυσμός (Koutselini & Persianis, 2000). Όμως, όλες οι τάξεις ήταν ανέκαθεν μεικτές ως προς το μαθησιακό στυλ και πολύ περισσότερο σήμερα είναι μεικτές ως προς την επίδοση των μαθητών. Αυτό σημαίνει ότι η παραδοσιακή διδασκαλία δεν μπορεί σήμερα να είναι αποτελεσματική. Τα σχολεία συνεκπαίδευσης της σύγχρονης κοινωνίας έχουν ανάγκη από διαφοροποιημένη διδασκαλία. Διαφοροποίηση σημαίνει προσαρμογή της διδασκαλίας για να ανταποκριθεί στις διαφορετικές ανάγκες (Tomlinson, 2010). Συνεκπαίδευση σημαίνει ότι «... τα σχολεία πρέπει να συμπεριλαμβάνουν όλα τα παιδιά, άσχετα από τη σωματική, νοητική, κοινωνική, συναισθηματική, γλωσσική ή άλλη κατάσταση. Αυτό περιλαμβάνει ανάπηρα και χαρισματικά παιδιά, παιδιά του δρόμου, παιδιά εργαζόμενα, παιδιά από απομακρυσμένους ή νομαδικούς πληθυσμούς, παιδιά από γλωσσικές, εθνικές ή πολιτισμικές μειονότητες και παιδιά από μειονεκτικές ή περιθωριοποιημένες περιοχές ή ομάδες», σύμφωνα με τη Διεθνή Σύνοδο για την Ειδική Αγωγή στη Σαλαμάνκα (UNESCO, 1985). Σύμφωνα με τον Κανάκη (1991), διαφοροποίηση είναι η διδασκαλία δια της οποίας διδάσκουμε διαφορετικούς μαθητές με ποικίλους και ιεραρχημένους βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων τρόπους, μέσα, διαδικασίες, περιβάλλον, ούτως ώστε να ανταποκριθούμε στις διαφορετικές ανάγκες μαθητών που συνυπάρχουν σε τάξεις μεικτής ικανότητας. Πρόκειται τόσο για οργανωτική, όσο και για παιδαγωγική στρατηγική (Κουτσελίνη, 2001). Στη βάση της, η διαφοροποίηση αποτελείται από τις προσπάθειες των εκπαιδευτικών να ανταποκριθούν στη διαφορετικότητα των μαθητών που έχουν στην τάξη τους. Κάθε φορά που ένας δάσκαλος απευθύνεται σε ένα παιδί ή μια ομάδα με κάποιο διαφορετικό τρόπο προσέγγισης στον τρόπο που διδάσκει, ο δάσκαλος αυτός εφαρμόζει τη διαφοροποιημένη διδασκαλία. Απαραίτητα συστατικά της είναι η συνεχής αξιολόγηση και η ευέλικτη ομαδοποίηση (Tomlinson, 2010). Η διαφοροποιημένη διδασκαλία έχει τη βάση της στις θεωρίες της εποικοδόμησης της μάθησης (constructivism) και της αλληλεπίδρασης (Vygotsky, 1988). Σύμφωνα με τη θεωρία του εποικοδομισμού, η γνώση κωδικοποιείται και γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας με βάση προηγούμενες έννοιες, σημασιολογικά δίκτυα και γνωστικά σχήματα (Vosniadou, 1994· Weinstein & Mayer, 1986). Επομένως, η γνώση οικοδομείται, κτίζεται σε προηγούμενες – προαπαιτούμενες γνώσεις. Η διαφοροποίηση της διδασκαλίας, λοιπόν, θεμελιώνεται στην ανάλυση της αδιαφοροποίητης

ύλης σε βασικές γνώσεις (του μαθήματος που διδάσκουμε) και προαπαιτούμενες γνώσεις (αυτές που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη των βασικών). Η Κουτσελίνη (<http://www.pee.gr>) προτείνει την ανάλυση και σε μετασχηματιστικές γνώσεις (αυτές που πάνε πέρα από τις απαιτήσεις του αναλυτικού προγράμματος και της ανάπτυξης), με το σκεπτικό ότι η διαφοροποίηση δε γίνεται μόνο για βελτίωση της επίδοσης των μαθητών με χαμηλή επίδοση και μαθησιακά προβλήματα, αλλά και για ικανοποίηση των αναγκών των παιδιών με ταλέντο ή προχωρημένη γνώση σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα. Η διαφοροποίηση εφαρμόζεται σε τέσσερις τομείς της εκπαιδευτικής διαδικασίας ανάλογα με την ετοιμότητα, το ενδιαφέρον ή το μαθησιακό προφίλ των μαθητών: 1) Περιεχόμενο (τι χρειάζεται να μάθει ο μαθητής ή πώς θα έχει πρόσβαση στην πληροφορία), 2) Διαδικασία (δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχει ο μαθητής για να κατανοήσει ή να κατακτήσει την πληροφορία), 3) Προϊόντα μάθησης (εργασίες διαβαθμισμένης δυσκολίας, που απαιτούν από το μαθητή να επαναλάβει, να εφαρμόσει και να επεκτείνει αυτό που έχει μάθει σε μια ενότητα), 4) Μαθησιακό περιβάλλον (πώς νιώθει και δουλεύει η τάξη) (Tomlinson, 1995). Ο σχεδιασμός της διαφοροποιημένης διδασκαλίας προϋποθέτει την εξοικείωση με τη φιλοσοφία της και τα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις πολλαπλές νοημοσύνες (1. Γλωσσική (λέξεις), 2. Λογικό – μαθηματική (αριθμοί), 3. Οπτικοχωρική (εικόνες), 4. Μουσική (μουσική), 5. Κινηστική (κίνηση), 6. Ενδοπροσωπική (στοχασμός), 7. Διαπροσωπική (κοινωνικότητα), 8. Φυσιοκρατική (άμεση εμπειρία)), τα μαθησιακά προφίλ και την αξιολόγηση.

Πίνακας 3.3: Συγκριτικός πίνακας με τις κυριότερες διαφορές στη φιλοσοφία και στις πρακτικές μεταξύ της Παραδοσιακής και της Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας.

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ
Οι διαφορές των μαθητών αγνοούνται ή αντιμετωπίζονται όταν είναι προβληματικές.	Οι διαφορές των μαθητών μελετώνται ως βάση για τον προγραμματισμό.
Η αξιολόγηση γίνεται συνήθως στο τέλος για να διαπιστωθεί «ποιος απέκτησε τη γνώση».	Η αξιολόγηση είναι συνεχής και διαγνωστική με σκοπό την προσαρμογή της διδασκαλίας στις ανάγκες των μαθητών.
Επικρατεί σχετικά στενή αντίληψη για τη νοημοσύνη.	Γίνεται αποδεκτό ότι η νοημοσύνη έχει πολλαπλές μορφές.

Σπάνια λαμβάνεται υπόψη το ενδιαφέρον των μαθητών.	Οι μαθητές συχνά καθοδηγούνται ώστε να κάνουν μαθησιακές επιλογές με βάση τα ενδιαφέροντά τους.
Λίγες επιλογές, οι οποίες προσιδιάζουν στο μαθησιακό προφίλ των μαθητών λαμβάνονται υπόψη.	Παρέχονται πολλές επιλογές ανάλογες με το μαθησιακό προφίλ.
Κυριαρχεί η διδασκαλία προς ολόκληρη την τάξη.	Χρησιμοποιούνται πολλές διδακτικές ρυθμίσεις.
Η κάλυψη του εγχειριδίου και του αναλυτικού προγράμματος κατευθύνει τη διδασκαλία.	Η ετοιμότητα, το ενδιαφέρον και το μαθησιακό προφίλ των μαθητών διαμορφώνουν τη διδασκαλία.
Κανόνας είναι η ανάθεση μίας και μοναδικής εργασίας.	Κανόνας είναι η ανάθεση εναλλακτικών μορφών εργασίας.
Επικρατεί ένα και μοναδικό εγχειρίδιο.	Παρέχονται πολλαπλά μέσα.
Μπορεί να αναζητηθεί μία και μοναδική ερμηνεία ιδεών και γεγονότων.	Αναζητούνται συστηματικά πολλαπλές προσεγγίσεις στις ιδέες και τα γεγονότα.
Ο εκπαιδευτικός κατευθύνει τη μαθησιακή συμπεριφορά των μαθητών.	Ο εκπαιδευτικός διευκολύνει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων των μαθητών, ώστε να ανεξαρτητοποιηθούν περισσότερο ως μανθάνοντες.
Ο εκπαιδευτικός λύνει προβλήματα.	Οι μαθητές αλληλοβοηθούνται και μαζί με τον εκπαιδευτικό λύνουν προβλήματα.
Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί κοινά κριτήρια για την αξιολόγηση όλων των μαθητών.	Οι μαθητές συνεργάζονται με τον εκπαιδευτικό για να θέσουν μαθησιακούς στόχους για τους ίδιους και για ολόκληρη την τάξη.
Συχνά χρησιμοποιείται μία και μοναδική μορφή αξιολόγησής.	Οι μαθητές αξιολογούνται με πολλαπλούς τρόπους.
Υπάρχει ένας και μοναδικός ορισμός για την ιδέα «εξαιρετική επίδοση».	Η εξαιρετική επίδοση καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την πρόοδο που σημειώνει ο μαθητής με κριτήριο το σημείο που ξεκίνησε.
Η μάθηση εστιάζεται στην απομνημόνευση γεγονότων και την απόκτηση δεξιοτήτων.	Η μάθηση εστιάζεται στη χρήση βασικών δεξιοτήτων για την αντίληψη και την κατανόηση βασικών εννοιών και αρχών. ⁶⁵

⁶⁵ Πηγή: Tomlinson, C.A. (2010). *Διαφοροποίηση της εργασίας στην αίθουσα διδασκαλίας. Ανταπόκριση στις ανάγκες όλων των μαθητών*. στο Χ. Παντελίδης (Επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

3.6 Διαθεματικότητα και Διεπιστημονικότητα

Είναι συχνό φαινόμενο, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, η επίλυση ενός προβλήματος να απαιτεί την αντιμετώπιση από πολλές, διαφορετικές οπτικές γωνίες, με τα εργαλεία πολλών και διαφόρων επιστημονικών κλάδων. Η διαθεματικότητα και η διεπιστημονικότητα, αποτελούν δυο μεθόδους προσεγγίσεων προβλημάτων, αλλά και διδασκαλίας. Η διεπιστημονικότητα είναι η εμπλοκή περισσότερων από μία γνωστικών περιοχών στην μελέτη ενός φαινομένου. Η διαθεματικότητα είναι η επέκταση της ανάλυσης ενός υπό μελέτη αντικειμένου σε σφαίρες που επεκτείνονται πέρα από τα αυστηρά όρια της μίας γνωστικής περιοχής, προκειμένου η μελέτη αυτή να εγγραφεί σε ένα γενικότερο πλαίσιο και να διασυνδεθεί με άλλες έννοιες. Η διάταξη της διδακτέας ύλης στο σχολείο με βάση τα επιμέρους μαθήματα βλέπει συνήθως τις γνώσεις ως μωσαϊκό και η σχολική εργασία γίνεται με την ελπίδα ότι η ενσωμάτωση των ειδικών γνώσεων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μια γενική μόρφωση, γίνεται αυτομάτως στο μυαλό του μαθητή. Αυτό το πρόβλημα έρχεται να επιλύσει η διαθεματική διδασκαλία. Αυτό που προέχει δεν είναι βέβαια η κατάργηση των επιμέρους μαθημάτων, αλλά μια νέα σχέση ανάμεσα στη μάθηση με βάση ειδικά μαθήματα και σε προσπάθειες για υπέρβαση των ορίων που θέτουν τα επιμέρους μαθήματα με βάση τη διαθεματική προσέγγιση. Στην εφαρμογή της η διαθεματική προσέγγιση παρουσιάζει διάφορα προβλήματα, όπως αυτά που προκύπτουν από τον κάθετο και τον οριζόντιο συντονισμό των διδακτικών ενοτήτων. Η διαθεματική προσέγγιση ευνοεί εργασία τύπου σχεδίων συνεργατικής έρευνας (project). Ευνοεί επίσης την συζήτηση στην τάξη. Οι μαθητές αναγκάζονται να επιχειρηματολογούν λογικά και κριτικά, να θέτουν ερωτήσεις, να κάνουν προγνώσεις, και με την βοήθεια του εκπαιδευτικού να ελέγχουν και να αξιολογούν την καταλληλότητα και την εγκυρότητα των απαντήσεών τους.

3.7 Διδακτικό Σενάριο

Στόχος είναι η δημιουργία ενός σχεδίου διδασκαλίας σε τάξη συνεκπαίδευσης με διαθεματική προσέγγιση, με βάση τη Β΄ τάξη Γυμνασίου, στην οποία οι μαθητές ενός Ελληνικού Σχολείου μεταξύ άλλων διδάσκονται Χημεία, Βιολογία και Οικιακή Οικονομία. Το σχέδιο και οι επιλογές αιτιολογούνται, βασίζονται στις σύγχρονες τάσεις και σε ερευνητικά ευρήματα και δίνεται ειδική έμφαση στην αναστοχαστική σκέψη, όσον αφορά τους τρόπους εφαρμογής και αξιολόγησης του σχεδίου.

1. Το παρακάτω σχέδιο διδασκαλίας θα εφαρμοστεί σε τάξη 28 μαθητών (14 αγόρια και 14 κορίτσια) της Β' Γυμνασίου. Η τάξη (υποθετική) αποτελείται από τις ακόλουθες περιπτώσεις παιδιών:
 - 2 «χαρισματικά» παιδιά, ελληνικής καταγωγής,
 - 1 «χαρισματικό» παιδί, αλβανικής καταγωγής,
 - 2 παιδιά ελληνικής καταγωγής, που έχουν γενικές μαθησιακές δυσκολίες,
 - 1 παιδί ρουμανικής καταγωγής, που είναι υπερ-κινητικό και έχει διάσπαση προσοχής (Δ.Ε.Π.Υ.),
 - 3 παιδιά αλλοδαπής καταγωγής, που έχουν προβλήματα με την ελληνική γλώσσα, ως προς την κατανόηση και την έκφραση,
 - 2 παιδιά τσιγγάνικης καταγωγής,
 - 2 παιδιά ελληνικής καταγωγής, που αντιμετωπίζουν οικογενειακά προβλήματα – χωρισμένοι γονείς και βία στο σπίτι,
 - 13 «τυπικά» παιδιά ελληνικής καταγωγής και
 - 2 «τυπικά» παιδιά αλβανικής καταγωγής.
2. Η ετοιμότητα των παιδιών ανάλογα με τις δυσκολίες / ικανότητές που παρουσιάζουν διαχωρίζεται σε:
 - Αρχάριοι μαθητές, που έχουν γενικές μαθησιακές δυσκολίες,
 - Μέτριοι μαθητές, που είναι το σύνολο των φυσιολογικών παιδιών και
 - Προχωρημένοι μαθητές.
3. Εκπροσωπούνται όλα τα μαθησιακά στυλ με κυρίαρχα τα εξής:
 - Ακουστικός τύπος (πες το μου και θα το μάθω),
 - Οπτικός τύπος (δείξτο μου και θα το κατανοήσω και θα το μάθω) και
 - Κινησθητικός τύπος (επέτρεψέ μου την κίνηση και την αφή και άσε με να αισθανθώ πράγματα και να τα καταλάβω).

4. Παρατηρούνται είδη πολλαπλής νοημοσύνης, όπως:
- Γλωσσική νοημοσύνη (λέξεις),
 - Λογικο – μαθηματική νοημοσύνη (αριθμοί),
 - Νοημοσύνη χώρου ή Οπτικοχωρική νοημοσύνη (εικόνες),
 - Κινησθητική νοημοσύνη (κίνηση),
 - Μουσική νοημοσύνη (μουσική),
 - Νατουραλιστική ή Φυσιοκρατική νοημοσύνη (άμεση εμπειρία),
 - Ενδοπροσωπική νοημοσύνη (στοχασμός),
 - Διαπροσωπική νοημοσύνη (κοινωνικότητα).

3.8 Ταυτότητα Σεναρίου – Σχεδίου Διδασκαλίας 1

1. Τίτλος Διδακτικού Σεναρίου: Βιταμίνες
2. Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές:
 - Γνωστικό αντικείμενο: Χημεία – Βιολογία – Οικιακή Οικονομία Β' Γυμνασίου
 - Συμβατότητα με Α.Π.Σ. και Δ.Ε.Π.Π.Σ.: 1η υποενότητα της 1ης ενότητας του βιβλίου της Χημείας, 3η ενότητα του βιβλίου της Βιολογίας, 7η, 10ης, 11ης και 12ης υποενότητα της 5ης ενότητας του βιβλίου της Οικιακής Οικονομίας, ασκήσεις από το τετράδιο εργασιών της Οικιακής Οικονομίας.
3. Σκοπός και στόχοι του σχεδίου διδασκαλίας:
 - Γενικός σκοπός: Οι μαθητές να μπορούν να αναγνωρίζουν τις βιταμίνες, να τις διακρίνουν σε λιποδιαλυτές και σε υδατοδιαλυτές και να αναφέρουν τις λειτουργίες τους. Να γνωρίζουν: α) ποιες είναι οι κύριες πηγές και ποια η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψή τους, β) με ποιο τρόπο μεταβολίζονται, γ) ποια είναι η βιολογική τους δράση και δ) ποια είναι τα συμπτώματα έλλειψης ή υπερπρόσληψης για τον ανθρώπινο οργανισμό.

➤ Επιμέρους στόχοι:

❖ 1^ο επίπεδο: Γνώσεις

- Να ορίζουν τι είναι η βιταμίνη, η λιποδιαλυτή βιταμίνη και η υδατοδιαλυτή βιταμίνη.
- Να γνωρίζουν τον τρόπο ανακάλυψης των βιταμινών και το ποιοι τις ανακάλυψαν.
- Να αναφέρουν άλλα ονόματα των βιταμινών.
- Να αναγνωρίζουν τις χημικές δομές των βιταμινών.
- Να ταξινομούν τις βιταμίνες σε λιποδιαλύτες και υδατοδιαλυτές.
- Να αναφέρουν τα χαρακτηριστικά των βιταμινών.
- Να αναφέρουν τις κύριες πηγές πρόσληψης των βιταμινών.
- Να αναφέρουν το ρόλο των βιταμινών στον ανθρώπινο οργανισμό.
- Να αναφέρουν και να περιγράφουν τα συμπτώματα από έλλειψη και κατάχρηση των βιταμινών για τον ανθρώπινο οργανισμό.

❖ 2^ο επίπεδο: Δεξιότητες

- Να αναφέρουν τις βιταμίνες που περιέχει ένα συγκεκριμένο τρόφιμο.
- Να διαβάζουν μία ετικέτα ενός προϊόντος και να κατανοούν το ποσοστό της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης που περιέχει.

❖ 3^ο επίπεδο: Επικοινωνία και συνεργασία

- Να επικοινωνούν και να συνεργάζονται με στόχο την επίτευξη σκοπού / την παραγωγή έργου.
- Να αναστοχάζονται και να (αλληλο)αξιολογούν τις δράσεις τους.
- Να βρίσκουν εκφραστικούς τρόπους για να μεταδώσουν πληροφορίες.

❖ *Εγκάρσιες δράσεις:*

- Κατανόηση βασικών εννοιών
- Σύνδεση με την καθημερινότητα

4. Εκπαιδευτική μέθοδος:

Ακολουθείται η διαφοροποιημένη διδασκαλία με χρήση Τ.Π.Ε. (Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών) και εφαρμογή ποικίλων διδακτικών μεθόδων και στρατηγικών:

- Ευέλικτη ομαδοποίηση
- Διαβαθμισμένη διδασκαλία
- Διαρκής αξιολόγηση
- Πολλαπλές νοημοσύνες
- Ετοιμότητα

❖ *Εκπαιδευτικές τεχνικές:*

- Ερωτήσεις – απαντήσεις
- Συζήτηση
- Εννοιολογικοί χάρτες
- Εργασία σε ομάδες ή ατομικά
- Κάρτες απάντησης
- Μικροδιδασκαλία από τον καθηγητή
- Παιχνίδι με μπαλάκι
- Εργασία για το σπίτι

5. Εκτιμώμενη διάρκεια: 4 διδακτικές ώρες των 50' (200 λεπτά) σε δύο διδακτικές περιόδους (100', 100').

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ (100 λεπτά, 2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες)

α/α	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ
1	15' – 20'	Οι μαθητές παρακολουθούν βίντεο για τις βιταμίνες. https://www.youtube.com/watch?v=ytT1GMbBN9g https://www.youtube.com/watch?v=JuiUeomhNWQ	√ Η διδασκαλία διεξάγεται σε αίθουσα με ηλεκτρονικούς υπολογιστές (χρήση Τ.Π.Ε.). √ Η διδακτική περίοδος ξεκινάει με προβολή βίντεο και εισαγωγή της έννοιας «βιταμίνη» γίνεται με σύνδεση με την καθημερινή ζωή.
2	20'	Ο εκπαιδευτικός υποβάλλει στους μαθητές την εξής ερώτηση: «Ποιες βιταμίνες γνωρίζετε;» και ζητάει από κάθε μαθητή να του πει από μία βιταμίνη. (Παιχνίδι με μπαλάκι. Ο εκπαιδευτικός πετάει ένα μπαλάκι στους μαθητές και όποιος το πιάσει πρέπει να δώσει μία απάντηση, στη συνέχεια ο μαθητής πετάει το μπαλάκι στους συμμαθητές του και όποιος το πιάσει πρέπει να δώσει μία διαφορετική απάντηση κλπ). Όλες οι απαντήσεις των μαθητών καταγράφονται στον πίνακα.	√ Η μαθησιακή πράξη γίνεται με δραστηριότητα για όλη την τάξη. Ο εκπαιδευτικός φροντίζει να εμπλακούν όλα τα παιδιά στη συζήτηση μέσω ερωτήσεων – απαντήσεων και παιχνιδιού (το πέταγμα της μπάλας). √ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2).
2		Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές εάν γνωρίζουν τις δύο κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται οι βιταμίνες. Οι δύο κατηγορίες είναι «λιποδιαλυτές» και «υδατοδιαλυτές» βιταμίνες. Αφού πρώτα εξηγηθεί η σημασία τους και διασαφηνιστούν οι διαφορές τους, ο εκπαιδευτικός μοιράζει στον κάθε μαθητή από δύο κάρτες απάντησης, που η μία γράφει «ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗ» και η άλλη «ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗ», με σκοπό την κατάταξη των βιταμινών που είναι γραμμένες στον πίνακα, από την προηγούμενη δραστηριότητα, στις δύο υποκατηγορίες. Ο εκπαιδευτικός διαβάζει μία μία τις βιταμίνες και οι μαθητές σηκώνουν την αντίστοιχη κάρτα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1).	√ Η κατηγοριοποίηση των βιταμινών είναι μία δραστηριότητα για όλη την τάξη και ταυτόχρονη αξιολόγηση του εκπαιδευτικού, μέσω των καρτών απαντήσεων. √ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2).
2		Κατόπιν, ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές εάν γνωρίζουν τι είναι οι βιταμίνες, ποιες είναι οι λειτουργίες τους και ποια η προέλευσή τους. Αφού οι μαθητές δώσουν	√ Η διδασκαλία διεξάγεται σε αίθουσα με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, όπου όλοι οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε

		κάποιες συγκεκριμένες απαντήσεις, ο εκπαιδευτικός τους λέει να κάνουν μία γρήγορη αναζήτηση (5' – 6' λεπτών) στο διαδίκτυο και να επανέλθουν. Αφού κάνουν την αναζήτηση, μοιράζονται τις πληροφορίες που συνέλεξαν με τους συμμαθητές τους. Ορμώμενος από αυτές τις πληροφορίες ο εκπαιδευτικός κάνει μία ιστορική αναδρομή στην ανακάλυψη των βιταμινών, δίνει έναν ορισμό για τις βιταμίνες, αναλύει τις κύριες λειτουργίες τους και παρουσιάζει στους μαθητές τις χημικές δομές των βιταμινών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3).	υπολογιστή, για ατομική αναζήτηση. Όποιοι μαθητές δυσκολεύονται, συνεργάζονται με κάποιον συμμαθητή τους, ύστερα από την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού (χρήση Τ.Π.Ε.). ✓ Αποσαφήνιση των λανθασμένων αντιλήψεων / παρανοήσεων κάποιων μαθητών για την έννοια και το ρόλο των βιταμινών. ✓ Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές τις χημικές δομές των βιταμινών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3)
3	5' – 10'	Η πρώτη διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με τη συμπλήρωση του 1ου φύλλου αξιολόγησης, που πρέπει να συμπληρωθεί εκείνη την ώρα από την κάθε ομάδα και να επιστραφεί στον καθηγητή πριν φύγουν από την αίθουσα. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4). Παράλληλα, οι 3 μαθητές αλλοδαπής καταγωγής, που έχουν προβλήματα με την ελληνική γλώσσα, ως προς την κατανόηση και την έκφραση δέχονται μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό, καθώς και οποιονδήποτε άλλος μαθητής που αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα.	✓ Ο εκπαιδευτικός χωρίζει τους μαθητές σε ανομοιογενείς ομάδες (2 – 3 ατόμων), φροντίζοντας σε κάθε ομάδα να υπάρχουν μαθητές διαφορετικής ετοιμότητας (προχωρημένοι, μέτριοι, με μαθησιακές δυσκολίες κλπ.), έτσι ώστε να υπάρχει βοήθεια και αλληλοδιδασκαλία, για τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4). ✓ Μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό.
		ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ	
4	45' (περίπου 3,5' / βιταμίνη)	Ο εκπαιδευτικός δείχνει κάποιες φωτογραφίες στους μαθητές με διάφορα τρόφιμα (π.χ. καρότα, πορτοκάλια, γάλα, κρέας, λαχανικά, ξηροί καρποί) και ήλιος. Ζητάει από τους μαθητές να του πουν σε ποιες βιταμίνες είναι πλούσιες αυτές οι τροφές. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει στον κάθε μαθητή από 13 κάρτες απάντησης, που η κάθε μία αναφέρει από μία βιταμίνη (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5).	✓ Η μαθησιακή πράξη γίνεται με δραστηριότητα για όλη την τάξη και ταυτόχρονη αξιολόγηση του εκπαιδευτικού, μέσω των καρτών απαντήσεων. ✓ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη βιταμίνη – πηγές πρόσληψης.
4		Ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές: «Γιατί η μαμά σου, σου λέει να πίνεις όλο σου το γάλα;», «Γιατί η μαμά σου, σου στύβει πολλούς χυμούς όταν είσαι άρρωστος/η;», «Γιατί πρέπει να καθόμαστε για λίγο στον ήλιο;», «Γιατί πρέπει να	✓ Η μαθησιακή πράξη γίνεται με δραστηριότητα για όλη την τάξη. Ο εκπαιδευτικός φροντίζει να εμπλακούν όλα τα παιδιά στη συζήτηση μέσω ερωτήσεων – απαντήσεων.

		τρώμε πολλά φρούτα και πολλές σαλάτες;» κλπ «Τι θα συμβεί σε αντίθετη περίπτωση;»	✓ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη βιταμίνη – κύριες λειτουργίες – έλλειψη.
5	5'	<p>Ο εκπαιδευτικός ζητάει από τα μέλη της κάθε ομάδας, να φτιάξει μία εργασία την οποία θα παρουσιάσει, η κάθε ομάδα, στην επόμενη διδακτική περίοδο.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Έρευνα και παρουσίαση της ανακάλυψης των βιταμινών από τους Eijkman, Gowland και Funk. 2. Δημιουργία ενός κολάζ / μιας αφίσας / μιας ζωγραφιάς που θα εμφανίζεται η σχέση βιταμίνες – τρόφιμα (θα κολληθεί στην τάξη). 3. Δημιουργία και παρουσίαση ενός ποιήματος / τραγουδιού, αναφορικά με τις βιταμίνες. 4. Δημιουργία και παρουσίαση ενός θεατρικού, αναφορικά με τις βιταμίνες. 5. Δημιουργία ενός ημερήσιου διατροφικού προγράμματος με τις ανάλογες ΣΗΠ σε βιταμίνες. 6. Δημιουργία συγκεντρωτικού εννοιολογικού χάρτη, αναφορικά με τις βιταμίνες (θα κολληθεί στην τάξη). 7. Συγκέντρωση και ανάλυση ετικετών τροφίμων (π.χ. γάλα), αναφορικά με τις βιταμίνες. 	<p>✓ Ο εκπαιδευτικός χωρίζει τους μαθητές σε ομάδες (7 ανομοιογενείς ομάδες των 4 ατόμων), φροντίζοντας σε κάθε ομάδα να υπάρχουν μαθητές διαφορετικής ετοιμότητας (προχωρημένοι, μέτριοι, με μαθησιακές δυσκολίες κλπ), έτσι ώστε να υπάρχει βοήθεια και αλληλοδιδασκαλία.</p>
5		<p>✓ Η δεύτερη διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με τη συμπλήρωση του 2ου φύλλου αξιολόγησης, που μοιράζεται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό και πρέπει να συμπληρωθεί εκείνη την ώρα από τον κάθε μαθητή ξεχωριστά και να το επιστρέψει στον εκπαιδευτικό πριν φύγει από την αίθουσα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6). Παράλληλα, οι 3 μαθητές αλλοδαπής καταγωγής, που έχουν προβλήματα με την ελληνική γλώσσα, ως προς την κατανόηση και την έκφραση δέχονται μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό, καθώς και</p>	<p>✓ Η διδακτική περίοδος κλείνει με την αξιολόγηση από τον καθηγητή.</p> <p>✓ Μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό.</p>

		οποιοδήποτε άλλος μαθητής που αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα.	
--	--	--	--

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

2^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ (100 λεπτά, 2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες)

α/α	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ
1	95'	Η κάθε ομάδα παρουσιάζει την εργασία της στους συμμαθητές της.	✓ Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες και παρουσιάζουν το έργο τους, στους συμμαθητές τους. Οι συμμαθητές επικροτούν την προσπάθειά της κάθε ομάδας και σχολιάζουν / αξιολογούν το αποτέλεσμα.
2	5'	Η διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με τη συμπλήρωση του 5.7 φύλλου από το τετράδιο εργασίας της οικιακής οικονομίας, από τον κάθε μαθητή ξεχωριστά και το επιστρέφει στον εκπαιδευτικό πριν φύγει από την αίθουσα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7)	✓ Η διδακτική περίοδος κλείνει με την αξιολόγηση από τον καθηγητή.

3.9 Ταυτότητα Σεναρίου – Σχεδίου Διδασκαλίας 2

1. Τίτλος Διδακτικού Σεναρίου: Ανόργανα Συστατικά
2. Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές:
 - Γνωστικό αντικείμενο: Χημεία – Βιολογία – Οικιακή Οικονομία Β' Γυμνασίου
 - Συμβατότητα με Α.Π.Σ. και Δ.Ε.Π.Π.Σ.: 1η υποενότητα της 1ης ενότητας του βιβλίου της Χημείας, 3η ενότητα του βιβλίου της Βιολογίας, 8η, 10ης, 11ης και 12ης υποενότητα της 5ης ενότητας του βιβλίου της Οικιακής Οικονομίας, ασκήσεις από το τετράδιο εργασιών της Οικιακής Οικονομίας.
3. Σκοπός και στόχοι του σχεδίου διδασκαλίας:
 - Γενικός σκοπός: Οι μαθητές να μπορούν να αναγνωρίζουν τα ανόργανα συστατικά, να τα διακρίνουν σε μέταλλα ή μακροστοιχεία και σε ιχνοστοιχεία και να αναφέρουν τις λειτουργίες τους. Να γνωρίζουν: α) ποιες είναι οι κύριες πηγές και ποια η

συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψή τους, β) με ποιο τρόπο μεταβολίζονται, γ) ποια είναι η βιολογική τους δράση και δ) ποια είναι τα συμπτώματα έλλειψης ή υπερπρόσληψης για τον ανθρώπινο οργανισμό.

➤ Επιμέρους στόχοι:

❖ 1^ο επίπεδο: Γνώσεις

- Να ορίζουν τι είναι τα ανόργανα συστατικά, τα μέταλλα ή μακροστοιχεία και τα ιχνοστοιχεία.
- Να γνωρίζουν το πως ανακαλύφθηκαν τα ανόργανα συστατικά και από ποιους.
- Να ταξινομούν τα ανόργανα συστατικά σε μέταλλα ή μακροστοιχεία και σε ιχνοστοιχεία.
- Να αναφέρουν τις κύριες πηγές πρόσληψης των ανόργανων συστατικών.
- Να αναφέρουν τις κύριες λειτουργίες των ανόργανων συστατικών στον ανθρώπινο οργανισμό.
- Να αναφέρουν και να περιγράφουν τα συμπτώματα από έλλειψη και κατάχρηση των ανόργανων συστατικών για τον ανθρώπινο οργανισμό.

❖ 2^ο επίπεδο: Δεξιότητες

- Να αναφέρουν τα ανόργανα συστατικά που περιέχει ένα συγκεκριμένο τρόφιμο.
- Να διαβάζουν μία ετικέτα ενός προϊόντος και να κατανοούν το ποσοστό της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης που περιέχει.

❖ 3^ο επίπεδο: Επικοινωνία και συνεργασία

- Να επικοινωνούν και να συνεργάζονται με στόχο την επίτευξη σκοπού / την παραγωγή έργου.
- Να αναστοχάζονται και να (αλληλο)αξιολογούν τις δράσεις τους.

- Να βρίσκουν εκφραστικούς τρόπους για να μεταδώσουν πληροφορίες.

❖ *Εγκάρσιες δράσεις:*

- Κατανόηση βασικών εννοιών
- Σύνδεση με την καθημερινότητα

4. Εκπαιδευτική μέθοδος:

Ακολουθείται η διαφοροποιημένη διδασκαλία με χρήση Τ.Π.Ε. (Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών) και εφαρμογή ποικίλων διδακτικών μεθόδων και στρατηγικών:

- Ευέλικτη ομαδοποίηση
- Διαβαθμισμένη διδασκαλία
- Διαρκής αξιολόγηση
- Πολλαπλές νοημοσύνες
- Ετοιμότητα

❖ *Εκπαιδευτικές τεχνικές:*

- Ερωτήσεις – απαντήσεις
- Συζήτηση
- Εννοιολογικοί χάρτες
- Εργασία σε ομάδες ή ατομικά
- Κάρτες απάντησης
- Μικροδιδασκαλία από τον καθηγητή
- Παιχνίδι με μπαλάκι
- Εργασία για το σπίτι

5. Εκτιμώμενη διάρκεια: 4 διδακτικές ώρες των 50' (200 λεπτά) σε δύο διδακτικές περιόδους (100', 100').

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ (100 λεπτά, 2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες)

α/α	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ
1	15' – 20'	Οι μαθητές παρακολουθούν βίντεο για τα ανόργανα συστατικά. https://www.youtube.com/watch?v=Zw9VluZhBfM&t=402s https://www.youtube.com/watch?v=75QoW_dBZM	√ Η διδασκαλία διεξάγεται σε αίθουσα με ηλεκτρονικούς υπολογιστές (χρήση Τ.Π.Ε.). √ Η διδακτική περίοδος ξεκινάει με προβολή βίντεο και εισαγωγή της έννοιας «ανόργανα συστατικά» γίνεται με σύνδεση με την καθημερινή ζωή.
2	20'	Ο εκπαιδευτικός υποβάλλει στους μαθητές την εξής ερώτηση: «Ποια ανόργανα συστατικά γνωρίζετε;» και ζητάει από κάθε μαθητή να του πει από ένα ανόργανο συστατικό. (Παιχνίδι με μπαλάκι. Ο εκπαιδευτικός πετάει ένα μπαλάκι στους μαθητές και όποιος το πιάσει πρέπει να δώσει μία απάντηση, στη συνέχεια ο μαθητής πετάει το μπαλάκι στους συμμαθητές του και όποιος το πιάσει πρέπει να δώσει μία διαφορετική απάντηση κλπ). Όλες οι απαντήσεις των μαθητών καταγράφονται στον πίνακα.	√ Η μαθησιακή πράξη γίνεται με δραστηριότητα για όλη την τάξη. Ο εκπαιδευτικός φροντίζει να εμπλακούν όλα τα παιδιά στη συζήτηση μέσω ερωτήσεων – απαντήσεων και παιχνιδιού (το πέταγμα της μπάλας). √ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη.
2		Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές εάν γνωρίζουν τις δύο κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται τα ανόργανα συστατικά. Οι δύο κατηγορίες είναι «μέταλλα ή μακροστοιχεία» και «ιχνοστοιχεία». Αφού πρώτα εξηγηθεί η σημασία τους και διασαφηνιστούν οι διαφορές τους, ο εκπαιδευτικός μοιράζει στον κάθε μαθητή από δύο κάρτες απάντησης, που η μία γράφει «ΜΕΤΑΛΛΑ Ή ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ» και η άλλη «ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ», με σκοπό την κατάταξη των ανόργανων συστατικών που είναι γραμμένα στον πίνακα, από την προηγούμενη δραστηριότητα, στις δύο υποκατηγορίες. Ο εκπαιδευτικός διαβάζει ένα ένα τα ανόργανα συστατικά και οι μαθητές σηκώνουν την αντίστοιχη κάρτα.	√ Η κατηγοριοποίηση των ανόργανων συστατικών είναι μία δραστηριότητα για όλη την τάξη και ταυτόχρονη αξιολόγηση του εκπαιδευτικού, μέσω των καρτών απαντήσεων. √ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη.
2		Κατόπιν, ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές εάν γνωρίζουν τι είναι τα	√ Η διδασκαλία διεξάγεται σε αίθουσα με ηλεκτρονικούς

		<p>ανόργανα συστατικά, ποιες είναι οι λειτουργίες τους και ποια η προέλευσή τους. Αφού οι μαθητές δώσουν κάποιες συγκεκριμένες απαντήσεις, ο εκπαιδευτικός τους λέει να κάνουν μία γρήγορη αναζήτηση (5' – 6' λεπτών) στο διαδίκτυο και να επανέλθουν. Αφού κάνουν την αναζήτηση, μοιράζονται τις πληροφορίες που συνέλεξαν με τους συμμαθητές τους. Ορμώμενος από αυτές τις πληροφορίες ο εκπαιδευτικός κάνει μία ιστορική αναδρομή στην ανακάλυψη των ανόργανων συστατικών, δίνει έναν ορισμό για τα ανόργανα συστατικά, αναλύει τις κύριες λειτουργίες τους και παρουσιάζει στους μαθητές τον περιοδικό πίνακα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8).</p>	<p>υπολογιστές, όπου όλοι οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε υπολογιστή, για ατομική αναζήτηση. Όποιοι μαθητές δυσκολεύονται, συνεργάζονται με κάποιον συμμαθητή τους, ύστερα από την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού (χρήση Τ.Π.Ε.).</p> <p>✓ Αποσαφήνιση των λανθασμένων αντιλήψεων / παρανοήσεων κάποιων μαθητών για την έννοια και το ρόλο των ανόργανων συστατικών.</p> <p>✓ Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές τον περιοδικό πίνακα.</p>
3	5' – 10'	<p>Η πρώτη διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με τη συμπλήρωση του 1ου φύλλου αξιολόγησης, που πρέπει να συμπληρωθεί εκείνη την ώρα από την κάθε ομάδα και να επιστραφεί στον καθηγητή πριν φύγουν από την αίθουσα. Παράλληλα, οι 3 μαθητές αλλοδαπής καταγωγής, που έχουν προβλήματα με την ελληνική γλώσσα, ως προς την κατανόηση και την έκφραση δέχονται μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό, καθώς και οποιονδήποτε άλλος μαθητής που αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα.</p>	<p>✓ Ο εκπαιδευτικός χωρίζει τους μαθητές σε ανομοιογενείς ομάδες (2 – 3 ατόμων), φροντίζοντας σε κάθε ομάδα να υπάρχουν μαθητές διαφορετικής ετοιμότητας (προχωρημένοι, μέτριοι, με μαθησιακές δυσκολίες κλπ.), έτσι ώστε να υπάρχει βοήθεια και αλληλοδιδασκαλία, για τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας.</p> <p>✓ Μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό.</p>
		ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ	
4	45'	<p>Ο εκπαιδευτικός δείχνει κάποιες φωτογραφίες στους μαθητές με διάφορα τρόφιμα (π.χ. γάλα, νερό, μπανάνες, αλάτι, κρέας, ψάρια, σπανάκι). Ζητάει από τους μαθητές να του πουν σε ποια ανόργανα συστατικά είναι πλούσιες αυτές οι τροφές. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει στον κάθε μαθητή τις κάρτες απάντησης, που η κάθε μία αναφέρει από ένα ανόργανο συστατικό (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9).</p>	<p>✓ Η μαθησιακή πράξη γίνεται με δραστηριότητα για όλη την τάξη και ταυτόχρονη αξιολόγηση του εκπαιδευτικού, μέσω των καρτών απαντήσεων.</p> <p>✓ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη ανόργανα συστατικά – πηγές πρόσληψης.</p>
4		<p>Ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές: «Γιατί πρέπει να τρώμε φακές με λεμόνι ή ξύδι και όχι με φέτα;», «Γιατί πίνουμε ένα</p>	<p>✓ Η μαθησιακή πράξη γίνεται με δραστηριότητα για όλη την τάξη. Ο εκπαιδευτικός φροντίζει να</p>

		ποτήρι γάλα την ημέρα;», «Γιατί δεν πρέπει να τρώμε junk food;» «Γιατί πρέπει να τρώμε μισή μπανάνα την ημέρα;» «Γιατί λέμε ότι το εβδομαδιαίο διαιτολόγιο μας πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητως ψάρια;» κλπ «Τι θα συμβεί σε αντίθετη περίπτωση;»	εμπλακούν όλα τα παιδιά στη συζήτηση μέσω ερωτήσεων – απαντήσεων. ✓ Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη ανόργανα συστατικά – κύριες λειτουργίες – έλλειψη.
5	5'	<p>Ο εκπαιδευτικός ζητάει από τα μέλη της κάθε ομάδας, να φτιάξει μία εργασία την οποία θα παρουσιάσει, η κάθε ομάδα, στην επόμενη διδακτική περίοδο.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Έρευνα και παρουσίαση στοιχείων για τη ζωή και τις ανακαλύψεις των: Sir Davy, Berzelius, Boyle, Scheele, Lavoisier, Wöhler, Agricola, Gay – Lussac. 2. Δημιουργία ενός κολάζ / μιας αφίσας / μιας ζωγραφιάς που θα εμφανίζεται τη σχέση ανόργανα συστατικά – τρόφιμα (θα κολληθεί στην τάξη). 3. Δημιουργία και παρουσίαση ενός ποιήματός / τραγουδιού, αναφορικά με τα ανόργανα συστατικά. 4. Δημιουργία και παρουσίαση ενός θεατρικού, αναφορικά με τα ανόργανα συστατικά. 5. Δημιουργία ενός ημερήσιου διατροφικού προγράμματος με τις ανάλογες ΣΗΠ των ανόργανων συστατικών. 6. Δημιουργία συγκεντρωτικού εννοιολογικού χάρτη, αναφορικά με τα ανόργανα συστατικά (θα κολληθεί στην τάξη). 7. Συγκέντρωση και ανάλυση ετικετών τροφίμων (π.χ. γάλα), αναφορικά με τα ανόργανα συστατικά. 	<p>✓ Ο εκπαιδευτικός χωρίζει τους μαθητές σε ομάδες (7 ανομοιογενείς ομάδες των 4 ατόμων), φροντίζοντας σε κάθε ομάδα να υπάρχουν μαθητές διαφορετικής ετοιμότητας (προχωρημένοι, μέτριοι, με μαθησιακές δυσκολίες κλπ), έτσι ώστε να υπάρχει βοήθεια και αλληλοδιδασκαλία.</p>
5		Η δεύτερη διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με τη συμπλήρωση του 2ου φύλλου αξιολόγησης, που μοιράζεται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό και πρέπει να συμπληρωθεί εκείνη την ώρα από τον κάθε μαθητή ξεχωριστά και να το επιστρέψει στον εκπαιδευτικό πριν φύγει	<p>✓ Η διδακτική περίοδος κλείνει με την αξιολόγηση από τον καθηγητή.</p> <p>✓ Μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό.</p>

		από την αίθουσα. Παράλληλα, οι 3 μαθητές αλλοδαπής καταγωγής, που έχουν προβλήματα με την ελληνική γλώσσα, ως προς την κατανόηση και την έκφραση δέχονται μικροδιδασκαλία από τον εκπαιδευτικό, καθώς και οποιονδήποτε άλλος μαθητής που αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα.	
--	--	---	--

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

2^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ (100 λεπτά, 2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες)

α/α	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ
1	95'	Η κάθε ομάδα παρουσιάζει την εργασία της στους συμμαθητές της.	✓ Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες και παρουσιάζουν το έργο τους, στους συμμαθητές τους. Οι συμμαθητές επικροτούν την προσπάθειά της κάθε ομάδας και σχολιάζουν / αξιολογούν το αποτέλεσμα.
2	5'	Η διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με τη συμπλήρωση του 5.8 φύλλου από το τετράδιο εργασίας της οικιακής οικονομίας, από τον κάθε μαθητή ξεχωριστά και το επιστρέφει στον εκπαιδευτικό πριν φύγει από την αίθουσα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10).	✓ Η διδακτική περίοδος κλείνει με την αξιολόγηση από τον καθηγητή.

4. Συμπεράσματα

Οι βιταμίνες και τα ανόργανα συστατικά παίζουν σημαντικό ρόλο στη σωστή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Οι ανάγκες σε βιταμίνες και ανόργανα συστατικά μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου (νεογνά, παιδιά, ενήλικες, ηλικιωμένοι), ενώ παράλληλα εξαρτώνται και από ορισμένες καταστάσεις (άντρες, γυναίκες, κυοφορούσες, μητέρες, αθλητές, ασθενείς, καπνιστές, αλκοολικοί). Τα τελευταία χρόνια, ολοένα και περισσότεροι νέοι στρέφονται στις έτοιμες τροφές και στα fast food αποφεύγοντας την κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών, τροφών ολικής άλεσης και γενικά την κατανάλωση σπιτικού φαγητού. Τόσο οι βιταμίνες, όσο και τα ανόργανα συστατικά είναι απαραίτητα και πρέπει να λαμβάνονται σε συγκεκριμένες ποσότητες ημερησίως, για να μην εμφανίζονται δυσλειτουργίες στον ανθρώπινο οργανισμό. Ένα ισορροπημένο διαιτολόγιο που περιέχει μία ποικιλία ζωικών και φυτικών τροφών (κυρίως ακατέργαστων) μπορεί να εξασφαλίσει μία συνεχής και επαρκή παροχή βιταμινών και ανόργανων συστατικών.

Δυστυχώς, ένα τόσο σημαντικό και πολύτιμο κεφάλαιο για την ανθρώπινη ζωή δεν διδάσκεται στο βαθμό που θα έπρεπε στα Ελληνικά σχολεία και δεν δίνεται η δέουσα σημασία. Σύμφωνα με τα Α.Π.Σ. του Ελληνικού σχολείου το θέμα των βιταμινών και των ανόργανων συστατικών περιορίζεται στη διδασκαλία του μαθήματος της Οικιακής Οικονομίας του Γυμνασίου.

Βιβλιογραφία

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος, Γ. (2017). Χημεία Β' Γυμνασίου. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Ακρίβος Π., & Χατζατογλου Α. (2012). Ανακάλυψη και Ονοματοθεσία των Στοιχείων – τα χημικά στοιχεία τα γνωστά από τους αρχαίους χρόνους. Ανακτήθηκε από: http://molwave.chem.auth.gr/chemhistory/name_of_elements/2_1.html

Ακρίβος Π., & Χατζατογλου Α. (2012a). Ανακάλυψη και Ονοματοθεσία των Στοιχείων – Αλχημιστική περίοδος.

Ανακτήθηκε από: http://molwave.chem.auth.gr/chemhistory/name_of_elements/2_2.html

Ακρίβος Π., & Χατζατογλου Α. (2012b). Ανακάλυψη και Ονοματοθεσία των Στοιχείων – Πρώιμη περίοδος της Χημείας.

Ανακτήθηκε από: http://molwave.chem.auth.gr/chemhistory/name_of_elements/2_3.html

Ακρίβος Π., & Χατζατογλου Α. (2012c). Ανακάλυψη και Ονοματοθεσία των Στοιχείων – Νέα περίοδος της Χημείας.

Ανακτήθηκε από: http://molwave.chem.auth.gr/chemhistory/name_of_elements/2_4.html

Αμπελιώτης, Κ., Αποστολόπουλος, Κ., Γεωργιτσογιάννη, Ε., Γιαννακούλια, Μ., Κροκίδη, Ε., Προβατάρη, Σ., & Σαϊτή, Α. (2010). Οικιακή Οικονομία Α' & Β' Γυμνασίου. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Αμπελιώτης, Κ., Αποστολόπουλος, Κ., Γεωργιτσογιάννη, Ε., Γιαννακούλια, Μ., Κροκίδη, Ε., Προβατάρη, Σ., & Σαϊτή, Α. (2015). Οικιακή Οικονομία Α' & Β' Γυμνασίου. Τετράδιο Εργασιών. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Ανδρικόπουλος Ν.Κ. (2015). Τροφογνωσία – Περιγραφική Χημεία & Τεχνολογία Τροφίμων. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Ανακτήθηκε από: www.kallipos.gr

Βαλαβανίδης Θ., & Ευσταθίου Κ. (2011). α – τοκοφερόλη (Βιταμίνη Ε). Ανακτήθηκε από: http://195.134.76.37/chemicals/chem_tocopherol.htm

Βαλαβανίδης Θ., & Ευσταθίου Κ. (2014). L–Ασκορβικό οξύ (Βιταμίνη C). Ανακτήθηκε από: http://195.134.76.37/chemicals/chem_ascorbicacid.htm#01

- Βαρζάκας, Θ. (2006). *Σημειώσεις σε Βιταμίνες και Ανόργανα Συστατικά*.
- Δημόπουλος, Κ.Α., & Ανδρικόπουλος, Ν.Κ. (1996). *Διατροφή*. Αθήνα: Εκδόσεις Μπιστικέα.
- Δημόπουλος Κ., & Κουλαϊδής Β. (χ.χ.) *Σχεδιασμός και Προετοιμασία Διδακτικών Ενοτήτων για τις Φ.Ε.*
- Ζαμπέλας, Α. (2003). *Η Διατροφή στα Στάδια της Ζωής*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- Ζαχαριάδης, Γ. (χ.χ.). *Κεφάλαιο 5: Τα Μεταλλικά Στοιχεία στον Οργανισμό*. Ανακτήθηκε από: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3671/1/02_chapter_5.pdf
- Ζερφυρίδης, Γ.Κ. (1998). *Διατροφή του Ανθρώπου*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη.
- Η ανακάλυψη του φωσφόρου: Μια απίστευτη και δύσσομη ιστορία*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε από: https://klouras.chem.upatras.gr/attachments/article/27/02_PHOSPHORUS_DISCOVERY.pdf
- Κανάκης, Α.Γ. (2003). *Γενική Λαχανοκομία*. Αθήνα: Εκδόσεις Αγρότυπος.
- Κανάκης, Ι.Ν. (1991). *Η εσωτερική διαφοροποίηση και η εξατομίκευση της διδασκαλίας – μάθησης*. Νεοελληνική Παιδεία. 23, 33–49.
- Καραμούζης, Μ. (1999). *Βιοχημεία της Άσκησης*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Κουτσελίνη, Μ. (2001). *Ανάπτυξη προγραμμάτων: Θεωρία – Έρευνα – Πράξη*. Λευκωσία: Αυτοέκδοση.
- Κουτσελίνη–Ιωαννίδου, Μ. *Διαφοροποίηση Διδασκαλίας – Μάθησης : Από τη Θεωρία στην Πράξη*. Ανακτήθηκε από: http://www.pee.gr/wp-content/uploads/praktika_synedrion_files/e27_11_03/sin_ath/mer_c_th_en_v/koytselini.htm
- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., & Καμπούρη Α. (2013). *Βιολογία Β' & Γ' Γυμνασίου*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».
- Μόρτογλου, Τ., & Μόρτογλου, Κ. (2002). *Διατροφή από το Σήμερα στο Αύριο, Τόμος Ι*. Αθήνα: Εκδόσεις Γιαλλέλη.

- Μουντζούρης, Κ. (2002). *Σημειώσεις σε Βιταμίνες και Ιχνοστοιχεία*.
- Πανελλήνιος Σύλλογος Διαιτολόγων – Διατροφολόγων. (2006). *Οικογενειακή Ιατρική Εγκυκλοπαίδεια – Δίαιτα & Διατροφή*. Καλλιθέα: Ιατρικές Εκδόσεις Μανιατέα.
- Πανέρας, Ε. (1996). *Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων*. University Studio Press.
- Παπανικολάου, Γ. (1997). *Σύγχρονη Διατροφή και Διαιτολογία*. Αθήνα.
- Πολυχρονοπούλου – Τριχοπούλου, Α. (1980). *Υγιεινή Διατροφή και Διαιτολογία*. Αθήνα.
- Τζάκου, Π. (1967). *Διατροφή και Υγεία*. Αθήνα: Ιδιωτική Έκδοση.
- About George H. Whipple – George Hoyt Whipple: Nobel Laureate & URMC Founder*. (χ.χ.). University of Rochester Medical Center. Ανακτήθηκε από: <https://www.urmc.rochester.edu/labs/george-whipple-lab/george-whipple.aspx>
- Albanes, D., Heinonen, O.P., Taylor, P.R., Virtamo, J., Edwards, B.K., Rautalahti, M., Hartman, A.M., Palmgren, J., Freedman, L.S., Haapakoski, J., Barrett, M.J., Pietinen, P., Malila, N., Tala, E., Liippo, K., Salomaa, E.R., Tangrea, J.A., Teppo, L., Askin, F.B., Taskinen, E., Erozan, Y., Greenwald, P., & Hyyunnen, J.K. (1996). *Alpha-tocopherol and beta-carotene supplements and lung cancer incidence in the alpha-tocopherol, beta-carotene cancer prevention study: effects of base-line characteristics and study compliance*. Journal of the National Cancer Institute, 88, 1560–1570.
- Antico, A., Tampoia, M., Tozzoli, R., & Bizzaro, N. (2012). *Autoimmunity Reviews Can supplementation with vitamin D reduce the risk or modify the course of autoimmune diseases? A systematic review of the literature*. Autoimmunity Reviews, 12(2), 127–136. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2012.07.007>
- Bachelard G., 1938 (1986). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Bachelard G., 1949 (1966). *Le rationalisme appliqué*. Paris: P.U.F.
- Baynes, J., & Dominiczak, M. (2002). *Ιατρική Βιοχημεία*. στο Α. Καλαφούτης (Επιμ.). Αθήνα: Παρισιάνου Α.Ε.
- Bendik, I., Friedel, A., Roos, F.F., Weber, P., & Eggersdorfer, M. (2014). *Vitamin D: A critical and essential micronutrient for human health*. Frontiers in Physiology, 5 JUL(July), 1–14. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00248>

- Berzelius, J. (1824) *Undersökning af flusspatssyran och dess märkvärdigaste föreningar (Part 2)* (Investigation of hydrofluoric acid and of its most noteworthy compounds), Kongliga Vetenskaps – Academiens Handlingar (Proceedings of the Royal Science Academy), vol. 12, pp. 46–98; see especially pp. 88ff. Reprinted in German as: Berzelius, J.J. (1824) *Untersuchungen über die Flußspathsäure und deren merkwürdigste Verbindungen*. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, vol. 78, pages 113–150.
- Birch, T.W., & György, P. (1936). *A study of the chemical nature of vitamin B6 and methods for its preparation in a concentrated state*. Biochemical Journal. 30 (2): 304–315. doi:10.1042/bj0300304.
- Bliss, J., Cooper, G., Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Παβάνης, Κ., Solomon, J., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α'.* Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Borchert, W., Dietz, W., & Koelker, H. (1970). *Crystal Growth of Beta-Rhombohedral Boron*. Zeitschrift für Angewandte Physik 29: 277.
- Brannon, P.M., & Picciano, M.F. (2011). Vitamin D in Pregnancy and Lactation in Humans. Annual Review of Nutrition, 31(1), 89–115. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.012809.104807>
- Briony, T. (2001). *Manual of Dietetic Practice*. Blackwell Science.
- Canong, F.W. (1995). *Review of Medical Physiology*. Prentice – Hall International.
- Cantorna, M.T., Zhu, Y., Froicu, M., & Wittke, A. (2018). *Vitamin D status, I, 25 – dihydroxyvitamin D3, and the immune system*. 80, 1717–1720.
- Carpenter K. (2012). *The discovery of thiamin*. 61(3):219–23. doi: 10.1159/000343109.
- Chemical & Engineering News: Top Pharmaceuticals: Vitamins*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε από: <http://pubsapp.acs.org/cen/coverstory/83/8325/8325vitamins.html?>
- Chiu, K.C., Chu, A., Go, V.L.W., & Saad, M.F. (2004). *Hypovitaminosis D is associated with insulin resistance and b cell dysfunction*. American Journal of Clinical Nutrition, 79(5), 820–825. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.820>
- Conis, E. (2006). *Fortified foods took our rickets*. Los Angeles Times.

Conlan, R., & Sherman, E. (2000). *Unraveling the enigma of vitamin D*. National Academy of Sciences.

Davy, H. (1808). *On some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies, and the exhibition of the new substances which constitute their bases; and on the general nature of alkaline bodies*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 98: 1–44. doi:10.1098/rstl.1808.0001.

Davy, H. (1809). *An account of some new analytical researches on the nature of certain bodies, particularly the alkalies, phosphorus, sulphur, carbonaceous matter, and the acids hitherto undecomposed: with some general observations on chemical theory*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 99: 33–104.

Eccles, R. (1994). *Ηλεκτρολύτες, Υγρά Σώματος και Οξεοβασική Ισορροπία*. Αθήνα: Ζεβελάκη.

Enghag, P. (2004). *11. Sodium and Potassium*. Encyclopedia of the elements. Wiley–VCH Weinheim.

Expert Group on Vitamins and Minerals. (2003). *Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals*. London: FSA. Ανακτήθηκε από:
<https://cot.food.gov.uk/sites/default/files/vitmin2003.pdf>

Finch, S., Doyle, W., Lowe, C., Bates, C.J., Prentice, A., Smithers, G. et al. (1998). *National Diet and Nutrition Survey: People Aged 65 Years and Older. Volume 1: Report of the Diet and Nutrition Survey*. London: The Stationery Office.

Fox, B.A., & Cameron, A.G. (1989). *Food Science, Nutrition and Health*.

Francis, T., & Ball, G.F.M. (2006). *Vitamins in Foods Analysis, Bioavailability and Stability*.

Garland, C.F., & Garland, F.C. (1980). *Do sunlight and vitamin D reduce the likelihood of colon cancer?* International Journal of Epidemiology, 9(3), 227–231. Ανακτήθηκε από:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7440046/>

Garrett, D.E. (1998). *Borates: handbook of deposits, processing, properties, and use*. Academic Press. pp. 102; 385–386.

- Gay – Lussac, J.L., & Thenard, L.J. (1808). *Sur la décomposition et la recombination de l'acide boracique*. Annales de chimie 68: 169–174.
- Gibson, R. (1990). *Principles of Nutritional Assessment*. Oxford University Press.
- Graham, R. (2000). *From Kansas Farm Boy to “Dr. Vitamin”*. The Gazette. Vol. 30 no. 5. Johns Hopkins University.
- Gregory, J.F. (1997). *Bioavailability of Vitamin B6*. European Journal of Clinical Nutrition, 51 (January): s43 – s48.
- Groff, J.L., & Gropper, S.S. (1995). *Διατροφή και Μεταβολισμός, Τόμος II*.
- Groff, J.L., Gropper, S.S., & Hunt, S.M. (1995). *Advanced Nutrition and Human Metabolism*.
- Gropper, S.S., Smith, L.J., & Groff, L.J. (2008). *Διατροφή και Μεταβολισμός, Τόμος 2*. στο Α. Συντώσης (Επιμ.). Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- Guthie, H.A. (1983). *Introductory Nutrition*. The C.V. Mosby Company.
- Guthie, H.A. (1995). *Human Nutrition*. The C.V. Mosby Company.
- Guyton, A. (1991). *Textbook of Medical Physiology*. W.B. Saunders Company.
- György, P. (1935). *Investigations on the vitamin B2 complex*. Biochemical Journal. 29 (3): 741–759. doi:10.1042/bj0290741.
- György, P. (1938). *Crystalline Vitamin B6*. Journal of the American Chemical Society. 60 (4): 983–984. doi:10.1021/ja01271a505.
- György, P. (1939). *The curative factor (vitamin H) for egg white injury, with particular reference to its presence in different foodstuffs and in yeast*. Journal of Biological Chemistry. 131 (2): 733–744. doi:10.1016/S0021-9258(18)73468-6.
- György, P., & Eckardt, R.E. (1940). *Further investigations on vitamin B6 and related factors of the vitamin B2 complex in rats. Parts I and II*. Biochemical Journal. 34 (8–9): 1143–1154. doi:10.1042/bj0341143.
- György, P., & Rose, C.S. (1943). *The liberation of biotin from the avidin–biotin complex (AB)*. Experimental Biology and Medicine. 53 (1): 55–57. doi:10.3181/00379727-53-14183.

- György, P., Kuhn, R., & Lederer, E. (1939). *Attempts to isolate the factor (vitamin H) cutative of egg white injury*. Journal of Biological Chemistry. 131 (2): 745–759. doi:10.1016/S0021-9258(18)73469-8.
- György, P., Rose, C.S., Eakin, R.E., Snell, E.E., & Williams, R.J. (1941). *Egg-white injury as the result of nonabsorption or inactivation of biotin*. Science. 93 (2420): 478. doi:10.1126/science.93.2420.477.
- György, P., Rose, C.S., Hofmann, K., Melville, D.B., & Vigneaud, V.D. (1940). *A further note on the identity of vitamin H with Biotin*. Science. 92 (2400): 609. doi:10.1126/science.92.2400.609.
- Hachette, C.L., & Schwartz, G.G. (1992). *Geographic patterns of prostate cancer mortality. Evidence for a protective effect of ultraviolet radiation*. Cancer, 70(12), 2861–2869. Ανακτήθηκε από: [https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0142\(19921215\)70:12%3C2861::AID-CNCR2820701224%3E3.0.CO;2-G](https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0142(19921215)70:12%3C2861::AID-CNCR2820701224%3E3.0.CO;2-G)
- Harvey J., & Ogilvie M. (2000). *The Biographical Dictionary of Women on Science: Pioneering Lives from Ancient Times to the Mid-Twentieth Century*. Taylor & Francis.
- Herbert. V. (1988). *Vitamin B12. Plant Sources, Requirements and Assay*. American Journal of Clinical Nutrition 1988. 48, 852 – 858.
- Herman, R.H., Award, M., & Holick, M.F. (2018). *Vitamin D : importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes.*, 362–371.
- Henderson, L., Irving, K., Gregory, J., Bates, C.J., Prentice, A., Perks, J., Swan, G., & Farron, M. (2003). *National Diet and Nutrition Survey: Adults Aged 19 to 64 Years. Volume 3: Vitamin and Mineral Intake and Urinary Analytes*. London: The Stationery Office.
- Hopkins, F.G. (1912). *Feeding experiments illustrating the importance of accessory factors in normal dietaries*. The Journal of Physiology 44 (5–6): 425–460. doi:10.1113/jphysiol.1912.sp001524.
- Institute of Medicine. (2001). *Dietary Reference Intakes*. National Academy Press.
- James, J.L., Whitley, G.S., & Cartwright, J.E. (2010). *Pre-eclampsia: fitting together the placental, immune and cardiovascular pieces*. Journal of Pathology, 363–378.

- Javaid, M.K., Crozier, S.R., Harvey, N.C., Gale, C.R., Dennison, E.M., Boucher, B.J., Arden, N.K., Godfrey, K.M., & Cooper, C. (2006). *Maternal vitamin D status during pregnancy and childhood bone mass at age 9 years: a longitudinal study*. *Lancet*, 20, S258–S259.
- Karlson, P., Gerok, W., & Grob, W. (1993). *Κλινική Παθολογική Βιοχημεία*. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.
- Karras, S., Paschou, S.A., Kandaraki, E., Anagnostis, P., Annweiler, C., Tarlatzis, B.C., Hollis, B.W., Grant, W.B., & Goulis, D.G. (2016). *Hypovitaminosis D in pregnancy in the Mediterranean region: a systematic review*. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1–8. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.12>
- Koutselini, M., & Persianis, P. (2000). *Theory – practice divide in teacher education and the role of the traditional values*. *Teaching in Higher Education*. 5(4), 501–520.
- Langman, M. (2003). *Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals*.
- Laubengayer, A.W., Hurd, D.T., Newkirk, A.E., & Hoard, J.L. (1943). *Boron. I. Preparation and Properties of Pure Crystalline Boron*. *Journal of the American Chemical Society* 65 (10): 1924–1931. doi:10.1021/ja01250a036.
- Lin, M., Liu, S.J., & Lim, I.T. (2005). *Disorders of water imbalance*. *Emergency medicine clinics of North America* 23 (3): 749–70, ix. doi:10.1016/j.emc.2005.03.001.
- Lindqvist, S.T.A.L.P.G. (2017). *Low maternal circulating levels of vitamin D as potential determinant in the development of gestational diabetes mellitus*. *Journal of Endocrinological Investigation*. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1007/s40618-017-0696-9>
- Mahan, L.K., Escott S., & Krause S. (2002). *Food, Nutrition & Diet Therapy*.
- Masironi, R. (1979). *Geochemistry and cardiovascular diseases*. *Philos Trans R. Soc Lond B. Biol. Sci.* 288(1026): 193–203. doi: 10.1098/rstb.1979.0101.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2001). *Φυσιολογία της Άσκησης*. στο Β. Κλεισούρας (Επιμ.). Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- McCollum, E.V., Davis, M. (1913). *The necessity of certain lipids in the diet growth*. *The Journal of Biological Chemistry*. 15 (15): 167–175. doi:10.1016/S0021-9258(18)88553-2.

- Mellanby, E. (1919). *An experimental investigation on rickets*. Nutrition Reviews. 34 (11): 338–340. doi:10.1111/j.1753–4887.1976.tb05815.x.
- Melvin, W. (2003). *Διατροφή και Υγεία Ευρωστία και Αθλητική Απόδοση*. στο Λ. Συντώσης (Επιμ.). Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- Migne J., (1969). *Les obstacles épistémologiques et la formation des concepts*. Education Permanente, 2, 39–63.
- Miller, L.L. (1995). *George Hoyt Whipple – Biographical Memoirs V.66*. The National Academies Press. doi:10.17226/4961.
- Newcomb, E. (2006). *J. J. Davis and his daughter, Marguerite*. University of Wisconsin Department of Botany Alumni Newsletter.
- Newton D.E., & Baker L.W. (1999). *Chemical Elements: P–Z. U–X–L*. Πολιτειακό Πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνια.
- Nixon, P. (2000). *Iron transport, storage and overload*. In: *Biochemistry and molecular biology, GMC biochemistry web pages*. University of Queensland.
- Northrop – Clewes, C.A., & Thurnham, D.I. (2012). *The Discovery and Characterization of Riboflavin*. Annals of Nutrition and Metabolism. 61 (3): 224–230. doi:10.1159/000343111.
- Oberbeil, K. (2001). *Βιταμίνες. Τι είναι, πως μας ωφελούν: Πρόληψη και θεραπεία με τα υλικά της φύσης*. στο Ε. Γεωργιάδου (Επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Ντουντούμη.
- Office of Dietary Supplements, US National Institutes of Health. (2016). *Dietary Supplement Fact Sheet: Magnesium*. Ανακτήθηκε από: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/magnesium-HealthProfessional/>
- Parker, T. (2006). *Τέλειος οδηγός για βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Ανακαλύψτε τις φυσικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού σας*. Αθήνα: Εκδόσεις Πορφύρα.
- Parsons, H.T., & Kelly, E. (1980). *The character of the dermatitis-producing factor in dietary egg white as shown by certain chemical treatments*. Nutrition Reviews. 38 (11): 377–379. doi:10.1111/j.1753–4887.1980.tb05948.x.

- Reichetzedera, C., Putraa, S.E.D., Li, J., & Hochera, B. (2016). *Developmental Origins of Disease – Crisis Precipitates Change*. Cellular Physiology and Biochemistry, 919–938. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1159/000447801>
- Reynolds, R.M., Padfield, P.L., & Seckl, J.R. (2006). *Disorders of sodium balance*. BMJ (Clinical research ed.) 332 (7543): 702–5. doi:10.1136/bmj.332.7543.702.
- Roe, D.A. (1978). *Lucy Wills (1888–1964): A biographical sketch*. The Journal of Nutrition. 108 (9): 1377–1383. doi:10.1093/jn/108.9.1377.
- Rosenfeld, L. (1997). *Vitamine – Vitamin . The early years of discovery*. Clinical Chemistry. 43 (4): 680–685.
- Roy, C.N., & Enns C.A. (2000). *Iron Homeostasis: New Tales From the Crypt*. Blood, 96, 4020–4027.
- Ruston, D., Hoare, J., Henderson, L., Gregory, J., Bates, C.J., Prentice, A., Birch, M., Swan,, G., & Farron M. (2004). *National Diet and Nutrition Survey: Adults Aged 19 to 64 Years. Volume 4: Nutritional Status (Anthropometry and Blood Analytes), Blood Pressure and Physical Activity*. London: The Stationery Office.
- Sanderson, P., McNultry, H., Mastroiacovo, P., McDowell, IF., Melse – Boonstra, A., Fingías, PM., & Gregory, J.F. (2003). *UK Food Standards Agency. Folate bioavailability*. UK Food Standards Agency workshop report. British Journal of Nutrition 2003, 90, 473–479.
- Säuberlich, H.E. (1999). *Laboratory Tests for the Assessment of Nutritional Status*.
- Shampo, M.A., & Kyle, R.A. (1998). *Henrik Dam Discoverer of Vitamin K*. Stamp Vignette on Medical Science. 73 (1): 46. doi:https://doi.org/10.1016/S0025–6196(11)63617–3.
- Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M., & Ross, C. (1999). *Modern Nutrition in Health and Disease*.
- Sugiyama Y., & Seita A. (2013). *Kanehiro Takaki and the control of beriberiin the Japanese Navy*. 106(8):332–4. doi: 10.1177/0141076813497889.
- Swaminathan, M. (1942). *Riboflavin and Its Role in Nutrition*. The Indian Medical Gazette. 77 (11): 650–656.

- Tabesh, M., Salehi–Abargouei, A., Tabesh, M., Esmailzadeh, A. (2013). *Maternal Vitamin D Status and Risk of Pre–Eclampsia: A Systematic Review and Meta–Analysis*. The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, C, 1–9. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1210/jc.2013–1257>
- Thomas, B., & Bishop, J. (2007). *Manual of Dietetic Practice*. Blackwell Publishing Ltd.
- Tomlinson, C.A. (1995). *How to differentiate instruction in mixed – ability classrooms*. USA: A & CD.
- Tomlinson, C.A. (2010). *Διαφοροποίηση της εργασίας στην αίθουσα διδασκαλίας. Ανταπόκριση στις ανάγκες όλων των μαθητών*. στο Χ. Παντελίδης (Επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Townsend, C.E. (1996). *Διαιτητική, Υγιεινή, Διατροφή και Θεραπευτικές Δίαιτες*.
- UNESCO (1985). *Helping handicapped pupils in ordinary schools: Strategies for teacher training*.
- Ursel, A. (2001). *Natural Care – Vitamins & Minerals Handbook*. Dorling Kindersley, London.
- Vander, A., Sherman, J., Luciano, D., & Τσακόπουλος, Μ. (2011). *Φυσιολογία του Ανθρώπου. Μηχανισμοί της Λειτουργίας του Οργανισμού*. στο Ν. Γελαδάς, Μ. Τσακόπουλος (Επιμ.). Κύπρος: Broken Hill Publishers LTD – Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Veasey, R., Haskell–Ramsay, C., Kennedy, D., Wishart, K., Maggini, S., Fuchs, C., & Stevenson, E. (2015). *The Effects of Supplementation with a Vitamin and Mineral Complex with Guaraná Prior to Fasted Exercise on Affect, Exertion, Cognitive Performance and Substrate Metabolism: A Randomized Controlled Trial*. doi: 10.3390/nu7085272.
- Vosniadou, S. (1994). *Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction*. 4, 45–69.
- Vygotsky L., (1988). *Σκέψη και Γλώσσα*. Αθήνα: Εκδόσεις Γνώση.
- Websky, K.V., Abdallah, A., Reichetzeder, C., & Tsuprykov, O. (2018). *Impact of Vitamin D on pregnancy–related disorders and on offspring outcome*. Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 180, 51–64. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2017.11.008>

Weeks, M.E. (1932). *The discovery of the elements. IX. Three alkali metals: Potassium, sodium, and lithium.* Journal of Chemical Education 9 (6): 1035. Bibcode:1932JChEd...9.1035W. doi:10.1021/ed009p1035.

Weeks, M.E. (1933). *XII. Other Elements Isolated with the Aid of Potassium and Sodium: Beryllium, Boron, Silicon and Aluminum. The Discovery of the Elements.* Easton, PA: Journal of Chemical Education. p. 156.

Wei, S.Q. (2014). *Vitamin D and Pregnancy Outcomes.* Current Opinion in Obstetrics and Gynecology, 26(6), 438–447. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1097/GCO.0000000000000117>

Weinstein, C., & Mayer, R. (1986). *The teaching of learning strategies.* In M.C. Wittroch. (Ed.). Handbook of research on teaching, 315–328.

Weintraub, E. (1910). *Preparation and properties of pure boron.* Transactions of the American Electrochemical Society 16: 165–184.

West, P.M., & Wilson, P.W. (1939). *The relation of “coenzyme R” to biotin.* Science. 89 (2322): 607 –608. doi:10.1126/science.89.2322.607.

Whipple, G.H. (1976). *Obituary notices.* British Medical Journal. (6007): 468–470. doi:10.1136/bmj.1.6007.468.

WHO Model List of Essential Medicines. (2013). Ανακτήθηκε από: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/93142/EML_18_eng.pdf;jsessionid=BE86D86B8831BECBCAD14B81443A99C7?sequence=1

Williams, M.H. (2003). *Διατροφή, Υγιεινή, Ευρωστία και Αθλητική Απόδοση.* Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.

Williams, R.R., & Cline, J.K. (1936). *Synthesis of vitamin B1.* J. Am. Chem. Soc. 58: 1504–1505.

Wolbach, S.B. (1968). *The Pathological Changes Resulting From Vitamin C Deficiency.*

Wolf, G. (2004). *The discovery of vitamin D. The contribution of Adolf Windaus.* The Journal of Nutrition. Oxford University Press. 134 (6): 1299–1302. doi:10.1093/jn/134.6.1299.

Wolf, G. (2005). *The Discovery of the Antioxidant Function of Vitamin E: the contribution of Henry A. Mattill*. The Journal of Nutrition. Oxford University Press. 135 (3): 363–366.
<https://doi.org/10.1093/jn/135.3.363>

Wong, S. (2019). *How Lucy Wills discovered a medical marvel in marmite*. New Scientist.

Wyeth Newsletter. (1995).

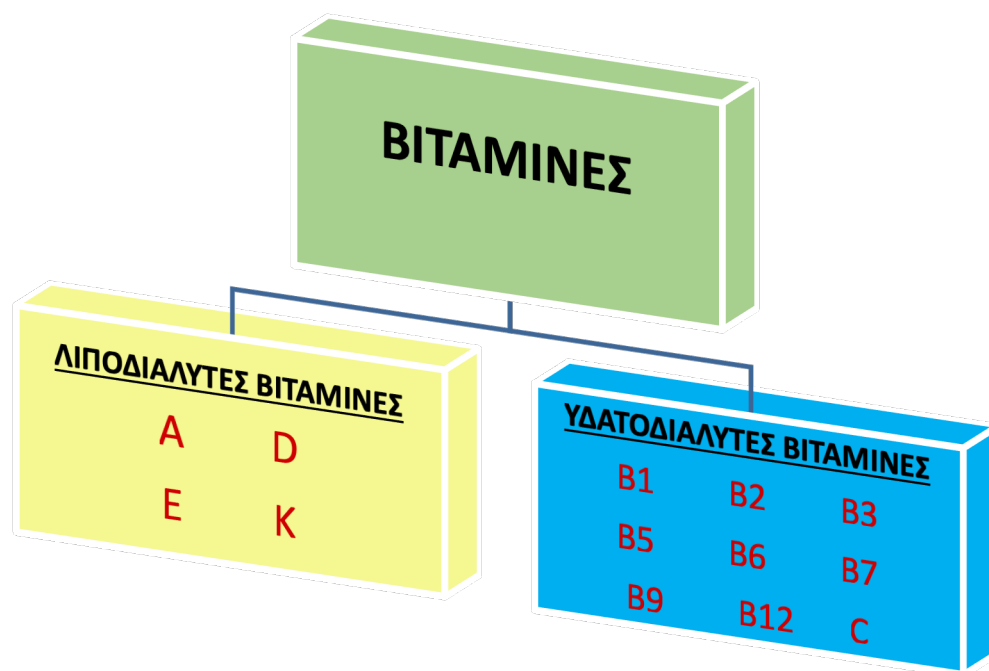
Παράρτημα 1 – ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ

ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ, για τη Δραστηριότητα 2 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.



Παράρτημα 2 – ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ, για τις Δραστηριότητες 1 & 2 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

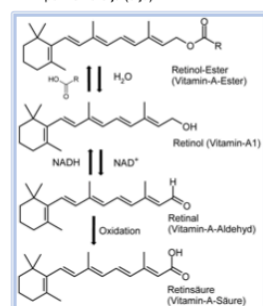


Παράρτημα 3 – ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΤΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ

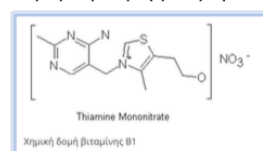
ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΤΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ, για τη Δραστηριότητα 2 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

Μορφές της Βιταμίνης Α ή

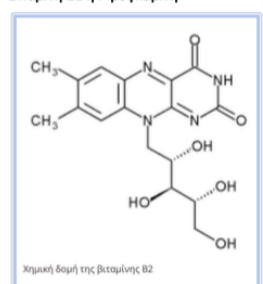
- Αξροφθόλη**
❖ εστέρας,
❖ ρετινόλη (αλκοόλη),
❖ ρετινόλη (αλδεΐδη),
❖ ρετινικό οξύ (οξύ)



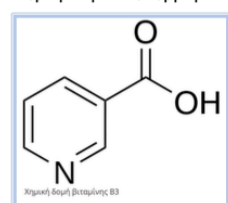
Βιταμίνη Β1 ή Θειαμίνη ή Ανευρίνη



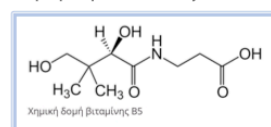
Βιταμίνη Β2 ή Ριβοφλαβίνη



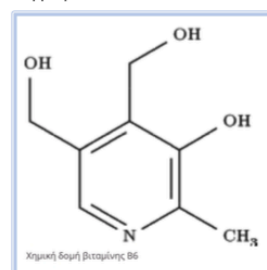
Βιταμίνη Β3 ή Νιασίνη ή Νικοτινικό Οξύ ή Νικοτιναμίδιο ή Βιταμίνη ΡΡ ή Αντιπελλαργική



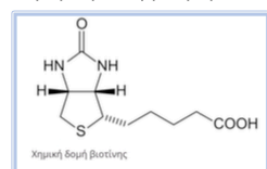
Βιταμίνη Β5 ή Παντοθενικό Οξύ



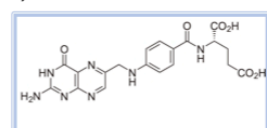
Βιταμίνη Β6 ή Πυριδοξίνη ή Αδερίνη



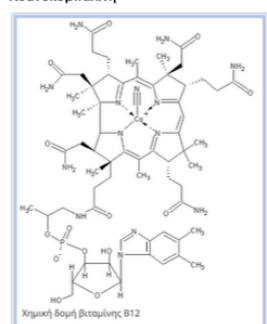
Βιταμίνη Β7 ή Βιοτίνη ή Βιταμίνη Η



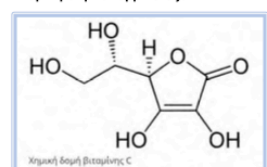
Βιταμίνη Β9 ή Φυλλικό Οξύ ή Φολικό Οξύ



Βιταμίνη Β12 ή Κοβαλαμίνη ή Κυανοκοβαλαμίνη ή Κυανοκομπάλιν



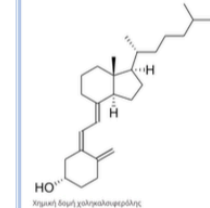
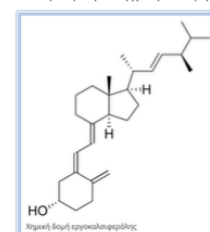
Βιταμίνη C ή Ασκορβικό Οξύ



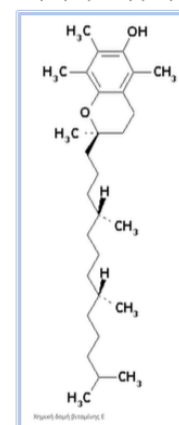
Μορφές της Βιταμίνης D ή

Αντιραχτική ή Καλσιφερόλη

- ❖ βιταμίνη D2 ή εργοκαλσιφερόλη,
❖ βιταμίνη D3 ή χοληκαλσιφερόλη



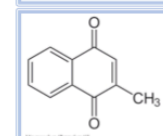
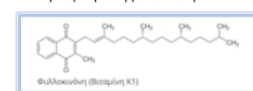
Βιταμίνη Ε ή Τοκοφερόλη



Μορφές της Βιταμίνης Κ ή

Αντιαιμορραγική Βιταμίνη

- ❖ βιταμίνη Κ1 ή φυλλοκινόνη,
❖ βιταμίνη Κ2 ή μενακινόνη



Παράρτημα 4 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, για τη Δραστηριότητα 3 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

1. Τι είναι οι βιταμίνες;

.....

.....

.....

.....

2. Ποιος/οι ανακάλυψε/αν τις βιταμίνες;

.....

.....

.....

.....

3. Να γίνει η παρακάτω αντιστοίχιση

Είδος	Βιταμίνες
A. Υδατοδιαλυτή	1. Βιταμίνη A
B. Λιποδιαλυτή	2. Βιταμίνες Συμπλέγματος B
	3. Βιταμίνη C
	4. Βιταμίνη D
	5. Βιταμίνη E
	6. Βιταμίνη K

4. Συμπληρώστε ποια βιταμίνη είναι.

Βιταμίνες	Πώς λέγεται αλλιώς;
Ρετινόλη	
Θειαμίνη ή Ανευρίνη	
Ριβοφλαβίνη	
Νιασίνη ή Νικοτινικό Οξύ ή Νικοτιναμίδιο ή Βιταμίνη PP ή Αντιπελλαργική	
Παντοθενικό Οξύ	
Πυριδοξίνη ή Αδερίνη	
Βιοτίνη ή Βιταμίνη H	
Φυλλικό Οξύ ή Φολικό Οξύ	
Κοβαλαμίνη ή Κυανοκοβαλαμίνη ή Κυανοκομπαλαμίνη	
Ασκορβικό Οξύ	
Αντιρραχτική ή Καλσιφερόλη	
Τοκοφερόλη	
Φυλλοκινόνη	

Παράρτημα 5 – ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ

ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ, για τη Δραστηριότητα 4 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α
Ρετινόλη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β1
Θειαμίνη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β3
Νιασίνη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β5
Παντοθενικό
Οξύ

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β2
Ριβοφλαβίνη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β7
ή **ΒΙΤΑΜΙΝΗ Η**
Βιοτίνη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β6
Πυριδοξίνη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β9
Φολικό ή
Φυλλικό Οξύ

ΒΙΤΑΜΙΝΗ C
Ασκορβικό Οξύ

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β12
Κοβαλαμίνη

ΒΙΤΑΜΙΝΗ D
Αντιραχική

ΒΙΤΑΜΙΝΗ K
Αντ αιμορραγική

ΒΙΤΑΜΙΝΗ E
Τοκοφερόλη

Παράρτημα 6 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, για τη Δραστηριότητα 5 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

1. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (επιλέξτε μία από τις δύο απαντήσεις):

a. Για ποια λειτουργία του οργανισμού είναι απαραίτητη η βιταμίνη Α;
Κυκλοφορικό σύστημα ☐ Όραση ☐

b. Η βιταμίνη Β1 είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό των:
Υδατανθράκων ☐ Λιπών ☐

c. Η βιταμίνη Β2 αν υπερ καταναλωθεί έχει τοξική δράση;
Ναι ☐ Όχι ☐

d. Οι καλύτερες πηγές βιταμίνης C είναι:
Φυτικής προελεύσεως ☐ Ζωικής προελεύσεως ☐

e. Η βιταμίνη D ελέγχει την απορρόφηση από τον οργανισμό:
Του ασβεστίου ☐ Του σιδήρου ☐

**2. Σημειώστε την βιταμίνη που αντιστοιχεί στις ακόλουθες λειτουργίες:
(Βιταμίνες Α, Β1, Β2, Β3, Β12, C, D, E, K)**

- Σπουδαία για την άμυνα του οργανισμού και το μεταβολισμό των κυττάρων, των πρωτεϊνών και του σιδήρου. Προλαμβάνει το σκορβούτο και τις ουλίτιδες.
- Απαραίτητη για την καλή λειτουργία της όρασης. Προστατεύει το δέρμα. Βοηθάει στη σωστή ανάπτυξη των δοντιών και των οστών.
- Απαραίτητη για την κανονική πήξη του αίματος.
- Απαραίτητες για τη μετατροπή των τροφών σε ενέργεια και για την ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος.
- Βοηθάει στο σχηματισμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Βοηθάει στην ανάπτυξη. Προλαμβάνει τη μεγαλοβλαστική αναιμία.
- Αντιοξειδωτική, προστατεύει τα κύτταρα από τον καρκίνο. Ενισχύει την γονιμότητα και την επούλωση των πληγών.
- Υποστηρίζει την πρόσληψη ασβεστίου και φωσφόρου, δρώντας ευνοϊκά στο σχηματισμό των οστών, των χόνδρων και των δοντιών. Προλαμβάνει το ραχιτισμό.

3. Να γίνει η παρακάτω αντιστοίχιση

Βιταμίνη	Πηγή Πρόσληψης
7. Βιταμίνη Α	Α. Συκώτι, ρέγγα, σολομός, σαρδέλα, τόνος, κρόκος αυγού, γενικά ζωικές τροφές
8. Βιταμίνη Β1	Β. Μήλα, μπανάνες, σταφύλια, καρύδια, αμύγδαλα, σολομός, συκώτι, τόνος, ελιές, ελαιόλαδο
9. Βιταμίνη Β2	Γ. Άπαχο χοιρινό, εντόσθια, φυστίκια, ηλιόσποροι, δημητριακά με φλοιό
10. Βιταμίνη Β3	Δ. Καρότα και φυλλώδη πράσινα λαχανικά, γαλακτοκομικά, αυγά, συκώτι και γενικά ζωικές τροφές
11. Βιταμίνη Β12	Ε. Λάχανα, μαρούλια, μπρόκολα, πιπεριές, λεμόνια, πορτοκάλια, ντομάτες
12. Βιταμίνη C	Στ. Πράσινο τσάι, πράσινα λαχανικά, μαρούλι, σπανάκι, μοσχαρίσιο συκώτι
13. Βιταμίνη D	Ζ. Γάλα, εντόσθια, ρέγγα, τόνος, αυγά, στρείδια. Τα φυτικά τρόφιμα δεν περιέχουν αυτή τη βιταμίνη.
14. Βιταμίνη Ε	
15. Βιταμίνη Κ	

Παράρτημα 7 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, για τη Δραστηριότητα 2 της 2^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ

5.7 Βιταμίνες

A. Να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1. Γιατί στις πηγές των λιποδιαλυτών βιταμινών αναφέρονται μόνο τα πλήρη γαλακτοκομικά προϊόντα;

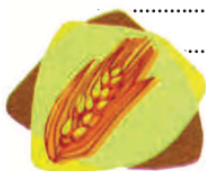
.....

.....

.....

.....

2. Γιατί στις πηγές της βιταμίνης B₁ (θειαμίνης) αναφέρονται μόνο τα ολικής άλεσης δημητριακά; Τι νομίζετε ότι συμβαίνει όταν «καθαρίζονται» τα δημητριακά από το πίτουρο;



.....

.....

.....

.....

3. α) Ποια άτομα (και σε ποιες χώρες) είναι πιο επιρρεπή στο να εμφανίσουν έλλειψη βιταμίνης D;

.....

.....

- β) Ποια άτομα είναι πιο επιρρεπή στο να εμφανίσουν έλλειψη βιταμίνης B₁₂;

.....

.....

4. Ποιες βιταμίνες μπορεί να μην προσλαμβάνει ένας έφηβος, ο οποίος δεν τρώει καθόλου σαλάτες και φρούτα;

.....

.....

.....

.....




B. Να αντιστοιχίσετε σωστά τους αριθμούς της α' στήλης με τα γράμματα της β' στήλης.

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1) Βρίσκεται μόνο σε ζωικά τρόφιμα. | α) Βιταμίνη Α |
| 2) Η έλλειψή της οδηγεί στο Beriberi. | β) Βιταμίνη B ₁ |
| 3) Ενισχύει την όραση στο σκοτάδι. | γ) Βιταμίνη B ₂ |
| 4) Προστατεύει από το σκορβούτο. | δ) Βιταμίνη C |
| 5) Είναι σημαντική για την υγεία των οστών. | ε) Βιταμίνη D |
| 6) Υπάρχει σε όλα τα φυτικά λάδια. | στ) Βιταμίνη E |
| 7) Βρίσκεται σε πράσινα φυλλώδη λαχανικά: | ζ) Βιταμίνη B ₁₂ |
| 8) Καταστρέφεται σχετικά εύκολα με το φως και τη θερμότητα. | η) Φυλλικό οξύ |
| 9) Η έλλειψή της οδηγεί στην πελλάγρα. | θ) Νιασίνη |

Γ. Φτιάξτε με χαρτόνι μία αφίσα για την τάξη σας σχετική με τις βιταμίνες. Όπου μπορείτε, χρησιμοποιήστε αντί για λέξεις σκίτσα ή φωτογραφίες.

Παράδειγμα:

Βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ)

Ρόλος	<div style="text-align: right;">  </div> <p>Η βιταμίνη C είναι σημαντική για την υγεία των ,</p>
-------	---

⁶⁶ Πηγή: Αμπελιώτης, Κ., Αποστολόπουλος, Κ., Γεωργιτσογιάννη, Ε., Γιαννακούλια, Μ., Κροκίδη, Ε., Προβατάρη, Σ., & Σαϊτή, Α. (2015). *Οικιακή Οικονομία Α' & Β' Γυμνασίου. Τετράδιο Εργασιών. (Κεφάλαιο 5: Διατροφή και Διαιτολογία, σελ. 31–32)*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Παράρτημα 8 – ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ, για τη Δραστηριότητα 2 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
		*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
		**	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Τα χημικά στοιχεία τα γνωστά από τους αρχαίους χρόνους

Αλχημιστική περίοδος

Πρώιμη περίοδος της Χημείας

Νέα περίοδος της Χημείας

Η εποχή της ραδιενέργειας

Τα χημικά στοιχεία τα γνωστά από τους αρχαίους χρόνους

67

67

⁶⁷ Ανακτήθηκε από: http://molwave.chem.auth.gr/chemhistory/name_of_elements.html

Παράρτημα 9 – ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ

ΚΑΡΤΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ, για τη Δραστηριότητα 4 της 1^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

<p>ΑΛΚΑΛΙΚΗ ΓΑΙΑ IIA ομάδα, 4^η περίοδος [Ar]4s²</p> <p>20Ca</p> <p>Calcium / Ασβέστιο 40.08 amu</p>	<p>ΑΜΕΤΑΛΛΟ VIA ομάδα, 3^η περίοδος [Ne]3s²3p⁴</p> <p>16S</p> <p>Sulphur / Θείο 32.06 amu</p>	<p>ΑΛΚΑΛΙΟ IA ομάδα, 4^η περίοδος [Ar]4s¹</p> <p>19K</p> <p>Kalium / Κάλιο 39.0983 amu</p>
<p>ΑΛΚΑΛΙΚΗ ΓΑΙΑ IIA ομάδα, 3^η περίοδος [Ne]3s²</p> <p>12Mg</p> <p>Magnesium / Μαγνήσιο 24.305 amu</p>	<p>ΑΛΚΑΛΙΟ IA ομάδα, 3^η περίοδος [Ne]3s¹</p> <p>11Na</p> <p>Sodium / Νάτριο 22.98977 amu</p>	<p>ΑΜΕΤΑΛΛΟ VA ομάδα, 3^η περίοδος [Ne]3s²3p³</p> <p>15P</p> <p>Phosphorus / Φωσφόρος 30.97376 amu</p>
<p>ΑΛΟΓΟΝΟ VIIA ομάδα, 3^η περίοδος [Ne]3s²3p⁵</p> <p>17Cl</p> <p>Clorum / Χλώριο 35.453 amu</p>	<p>ΜΕΤΑΛΛΟΕΙΔΕΣ IIIA ομάδα, 2^η περίοδος 1s²2s²2p¹</p> <p>5B</p> <p>Boron / Βόριο 10.81 amu</p>	<p>ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ VIII ομάδα, 4^η περίοδος [Ar]3d⁷4s²</p> <p>27Co</p> <p>Cobaltum / Κοβάλτιο 58.9332 amu</p>
<p>ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ VIIB ομάδα, 4^η περίοδος [Ar]3d⁵4s²</p> <p>25Mn</p> <p>Manganese / Μαγγάνιο 54.9380 amu</p>	<p>ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ VIB ομάδα, 5^η περίοδος [Kr]5s¹4d⁵</p> <p>42Mo</p> <p>Molybdenum / Μολυβδαίνιο 95.94 amu</p>	<p>ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ VII ομάδα, 4^η περίοδος [Ar]3d⁶4s²</p> <p>26Fe</p> <p>Ferrum / Σίδηρος 55.847 amu</p>

ΑΛΟΓΟΝΟ
VIIA ομάδα, 2^η περίοδος
 $1s^2 2s^2 2p^5$

9F

Fluorum / Φθόριο
18.998403 amu

ΜΕΤΑΛΛΟΕΙΔΕΣ
IVA ομάδα, 3^η περίοδος
 $[Ne] 3s^2 3p^2$

14Si

Silicium / Πυρίτιο
28.0855 amu

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
IB ομάδα, 4^η περίοδος
 $[Ar] 3d^{10} 4s^1$

29Cu

Cuprum / Χαλκός
63.546 amu

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
VIB ομάδα, 4^η περίοδος
 $[Ar] 3d^5 4s^1$

24Cr

Chromium / Χρόμιο
51.996 amu

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
IIB ομάδα, 4^η περίοδος
 $[Ar] 3d^{10} 4s^2$

30Zn

Zincum / Ψευδάργυρος
65.38 amu

ΑΜΕΤΑΛΛΟ
VIA ομάδα, 4^η περίοδος
 $[Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^4$

34Se

Selenium / Σελήνιο
78.96 amu

ΣΤ. ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ
VB ομάδα, 4^η περίοδος
 $[Ar] 3d^3 4s^2$

23V

Vanadium / Βανάδιο
50.9415 amu

ΑΛΟΓΟΝΟ
VIIA ομάδα, 5^η περίοδος
 $[Kr] 4d^{10} 5s^2 5p^5$

53I

Iodine / Ιώδιο
126.9045 amu

Παράρτημα 10 – ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, για τη Δραστηριότητα 2 της 2^{ης} Διδακτικής Περιόδου.

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ

5.8 Ανόργανα στοιχεία

A. Να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1. Ποια τρόφιμα είναι καλές πηγές ασβεστίου;

.....

.....

.....

.....

2. Πώς θα μπορούσατε να αυξήσετε την απορρόφηση του σιδήρου που υπάρχει σε ένα πιάτο φακές ή σε μία μερίδα σπανακόρυζο;

.....

.....

.....

.....

3. Γιατί νομίζετε ότι η διατροφή των εφήβων χαρακτηρίζεται από μεγάλη πρόσληψη νατρίου;

.....

.....

.....

.....

B. Να αντιστοιχίσετε σωστά τους αριθμούς της α' στήλης με τα γράμματα της β' στήλης.

1. Η έλλειψή του οδηγεί σε βρογχικήλη.

α. Ασβέστιο

2. Προστατεύει από την τερεδόνα.

β. Ψευδάργυρος

3. Οι μπανάνες είναι πλούσια πηγή του.

γ. Κάλιο

4. Αποτελεί συστατικό των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

δ. Σίδηρος

5. Τα θαλασσινά (π.χ. μύδια) είναι καλή πηγή του.

ε. Ιώδιο

6. Τα μικρά ψάρια (που τρώγονται ολόκληρα) είναι καλή πηγή του.

στ. Φθόριο

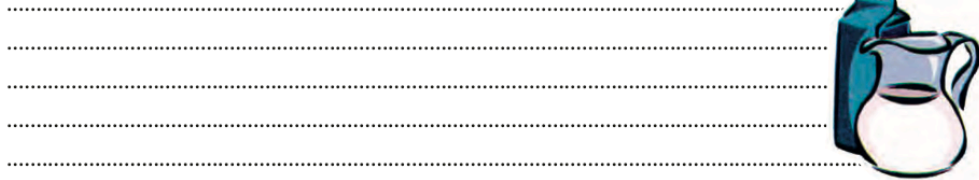


ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ

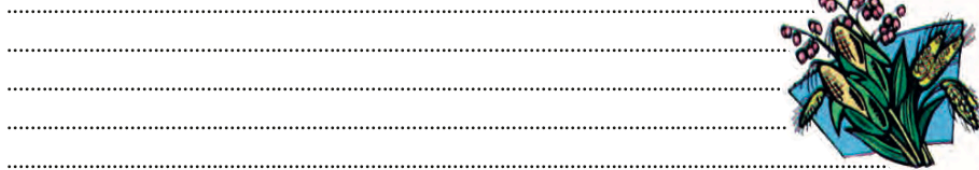
Γ. Επαναληπτική άσκηση για τις βιταμίνες και τα ανόργανα στοιχεία

Αφού ξαναδιαβάσετε προσεκτικά τις πηγές των βιταμινών και των ανόργανων στοιχείων, προσπαθήστε να σκεφτείτε και να γράψετε ποιες βιταμίνες και ποια ανόργανα στοιχεία περιέχουν τα παρακάτω τρόφιμα:

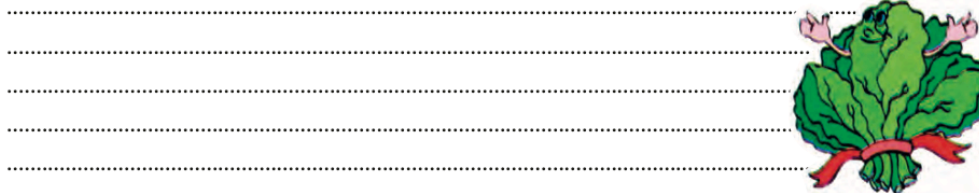
γάλα:



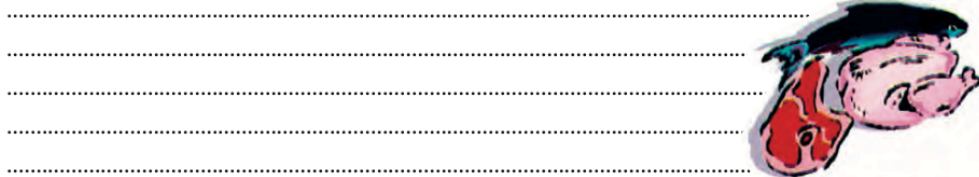
δημητριακά ολικής άλεσης:



πράσινα φυλλώδη λαχανικά:



κρέας:



⁶⁸ Πηγή: Αμπελιώτης, Κ., Αποστολόπουλος, Κ., Γεωργιτσογιάννη, Ε., Γιαννακούλια, Μ., Κροκίδη, Ε., Προβατάρη, Σ., & Σαϊτή, Α. (2015). *Οικιακή Οικονομία Α' & Β' Γυμνασίου. Τετράδιο Εργασιών. (Κεφάλαιο 5: Διατροφή και Διαιτολογία, σελ. 33–34)*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.