



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

«Χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου, ασβεστίου, μαγνησίου και καλίου στους αθλητές. Είναι τελικά απαραίτητη ή όχι;»

Νικολοπούλου Σταματίνα

ΑΜ: 2529

Στόκα Παρασκευή

ΑΜ: 2572

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Βενιαμάκης Ελευθέριος (επιβλέπων)

Κανέλλος Παναγιώτης

Σφακιανάκη Ειρήνη

ΣΗΤΕΙΑ, Απρίλιος, 2021



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
DEPARTMENT OF NUTRITION & DIETETICS SCIENCES

THESIS

for the Undergraduate Degree

«Iron, calcium, potassium and magnesium supplementation in athletes. Is it necessary?»

Nikolopoulou Stamatina

YD: 2529

Stoka Paraskevi

YD: 2572

Three-member Examination Committee

Veniamakis Eleftherios (supervisor)

Kanellos Panagiotis

Sfakianaki Eirini

SITIA, April, 2021

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέων:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από την ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο, καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	7
Abstract	9
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	10
Κατάλογος Πινάκων	11
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	12
Εισαγωγή	14
Κεφάλαιο 1: Σίδηρος	16
1.1. Εισαγωγή	16
1.2. Μεταβολισμός του Σιδήρου	16
1.3. Ομοιόσταση Σιδήρου	17
1.4. Σιδηροπενική αναιμία	19
1.5. Υπερφόρτωση Σιδήρου	21
1.6. Συστάσεις για πρόσληψη σιδήρου	21
1.7. Συμπληρώματα Σιδήρου και Αθλητική Απόδοση	23
1.8. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής	25
1.9. Πρωτόκολλα χορήγησης	28
1.10. Συμπεράσματα	29
Κεφάλαιο 2: Ασβέστιο	31
2.1. Εισαγωγή	31
2.2. Βιταμίνη D	31
2.3. Ο Ρόλος του Ασβεστίου στον μεταβολισμό	32
2.4. Ομοιόσταση Ασβεστίου	33
2.5. Συστάσεις για πρόσληψη ασβεστίου	34
2.6. Οφέλη αύξησης πρόσληψης ασβεστίου	36
2.7. Υπερασβεστιαμία	39
2.8. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής	41
2.9. Πρωτόκολλα χορήγησης	41
2.10. Συμπεράσματα	42
Κεφάλαιο 3: Κάλιο	44
3.1. Εισαγωγή	44
3.2. Μεταβολισμός και ομοιόσταση καλίου.	44

3.3. Υποκαλιαιμία	47
3.3.1. Βασικά αίτια υποκαλιαιμίας:	47
3.4. Υπερκαλιαιμία	49
3.5. Συστάσεις για πρόσληψη καλίου	51
3.6. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής	52
3.7. Μελέτες για συμπληρώματα καλίου	54
3.8. Απώλεια καλίου μέσω της εφίδρωσης	57
3.9. Συσχέτιση καλίου και EAMC	59
3.10. Ασφάλεια συμπληρωμάτων καλίου	61
3.11. Βιοδείκτες για τη διατροφική αξιολόγηση καλίου	61
3.12. Επιλογή πηγής καλίου.	62
3.13. Πρωτόκολλα χορήγησης.	64
3.14. Απόφαση για τη χορήγηση συμπληρώματος καλίου.	66
3.15. Συμπεράσματα	67
Κεφάλαιο 4: Μαγνήσιο	69
4.1. Εισαγωγή	69
4.2. Ομοιόσταση Μαγνησίου	69
4.3. Συστάσεις για πρόσληψη μαγνησίου	70
4.4. Αλληλεπιδράσεις μαγνησίου με άλλα θρεπτικά συστατικά	71
4.5. Προσδιορισμός κατάστασης μαγνησίου	72
4.6. Υπομαγνησαιμία	73
4.7. Υπερμαγνησαιμία	74
4.8. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής	75
4.9. Επιδράσεις των συμπληρωμάτων μαγνησίου	76
4.10. Πρωτόκολλα χορήγησης	81
4.11. Συμπέρασμα	82
Κεφάλαιο 5: Νομοθεσία συμπληρώματα	84
5.1. Χώροι διάθεσης συμπληρωμάτων διατροφής	84
5.2. Μορφές συμπληρωμάτων	85
5.3. Ελάχιστη και μέγιστη δόση	86
5.4. Κανονισμοί κατά της φαρμακοδιέγερσης (anti-doping).	87
Κεφάλαιο 6: Διατροφική αξιολόγηση.	89

6.1. Εισαγωγή	89
6.2. Διαδικασία αξιολόγησης αθλητή.	89
6.3. Εκτίμηση διαιτητικής πρόσληψης	90
6.4. Διάγραμμα απόφασης λήψης ή μη ενός συμπληρώματος	92
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα	94
Βιβλιογραφία	96

Περίληψη

Η ζήτηση στη βιομηχανία των συμπληρωμάτων διατροφής φαίνεται πως έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα στους αθλητές, οι οποίοι έχουν αυξημένες ανάγκες και επιδιώκουν τη βέλτιστη κατάσταση ευρωστίας τους. Παρόλο που για συγκεκριμένες κατηγορίες συμπληρωμάτων έχει διεξαχθεί εκτενής έρευνα, τα δεδομένα σχετικά με τη λήψη συμπληρωμάτων μετάλλων παραμένουν ανακριβή. Ο στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η συγκέντρωση πληροφοριών από έγκυρες βιβλιογραφικές πηγές σχετικά με τα συμπληρώματα μετάλλων, ώστε να διαπιστωθεί εάν η χορήγησή τους είναι επωφελής ή άσκοπη, αλλά και να διευκρινιστεί η ασφάλειά της. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν προς μελέτη τα συμπληρώματα σιδήρου (Fe), ασβεστίου (Ca), καλίου (K) και μαγνησίου (Mg), καθώς η χρήση τους είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Η συμβολή των εν λόγω συμπληρωμάτων στην καρδιαγγειακή, μυϊκή και οστική λειτουργία παρουσιάζει ενδιαφέρον, καθώς θα μπορούσε να δικαιολογεί κάποια ενδεχόμενα οφέλη στην αθλητική απόδοση και στη γενικότερη διαφύλαξη της υγείας του αθλητή. Για τη μελέτη αυτών των μικροθρεπτικών συστατικών αναλύθηκαν 138 έρευνες, εντός του χρονολογικού εύρους 1976 έως 2019, από τις οποίες συγκεντρώθηκαν στοιχεία σχετικά με το ρόλο των τεσσάρων μετάλλων στο μεταβολισμό, τα αποτελέσματα της λήψης τους σε μορφή συμπληρώματος, τις κατηγορίες αθλητών που πιθανόν να επωφελούνται περισσότερο από αυτά, τις αντενδείξεις και τα πρωτόκολλα χορήγησής τους, τόσο σχετικά με μορφή του συμπληρώματος και τη δοσολογία όσο και αναφορικά για τη συχνότητα και τη χρονική διάρκεια της λήψης. Ως συμπέρασμα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης προκύπτει πως η λήψη των συγκεκριμένων μετάλλων σε μορφή συμπληρώματος θα μπορούσε να είναι επωφελής για τον αθλητή, υπό ορισμένες συνθήκες. Συγκεκριμένα, το συμπλήρωμα σιδήρου αποδεικνύεται απαραίτητο για τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης μόνο σε ύπαρξη ανεπάρκειας των αποθηκών σιδήρου του αθλητή και δε συστήνεται σε άτομα με φυσιολογικές τιμές φερριτίνης. Το ασβέστιο ίσως κριθεί αναγκαίο για την ενίσχυση της οστικής πυκνότητας των αθλητριών με μειωμένα επίπεδα ασβεστίου, χρειάζεται όμως προσοχή σε παθολογικές καταστάσεις του παραθυροειδούς αδένου. Το κάλιο σχετίστηκε θετικά με τη μείωση της αρτηριακής πίεσης και την ενίσχυση της καρδιαγγειακής λειτουργία. Ομοίως, το μαγνήσιο έχει δοσοεξαρτώμενη μειωτική επίδραση στην αρτηριακή πίεση, ενώ ταυτόχρονα προκαλεί μείωση του γαλακτικού οξέος και κατ'επέκταση της μυϊκής κόπωσης. Και στις δύο περιπτώσεις, του καλίου και του

μαγνησίου, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η αντένδειξη για χορήγηση συμπληρωμάτων τους σε παθολογικές νεφρικές καταστάσεις. Τέλος, αναγκαία κρίνεται η ιατρική και διατροφική αξιολόγηση πριν την απόφαση χορήγησης οποιουδήποτε συμπληρώματος, η ορθή τήρηση του πρωτοκόλλου και οι τακτικοί επανέλεγχοι.

Λέξεις Κλειδιά: συμπληρώματα, αθλητική διατροφή, μέταλλα, σίδηρος, ασβέστιο, κάλιο, μαγνήσιο.

Abstract

The demand in the food supplement industry seems to have increased sharply in recent years, especially among athletes, who have increased needs and are seeking their optimal state of health. Although extensive research has been conducted on specific categories of supplements, data on metal supplementation remain inaccurate. The goal of this dissertation is to gather information from authoritative bibliographic sources on metal supplements, in order to determine whether their administration is beneficial or unnecessary, but also to clarify its safety. Specifically, iron (Fe), calcium (Ca), potassium (K) and magnesium (Mg) supplements were studied, as their use is very widespread. The role of these supplements in human metabolism is of interest, as it could justify some potential benefits to athletic performance and the overall preservation of the athlete's health. The inquiry of these micronutrients and their supplements included 138 studies within the time range 1976 to 2019, which presented data on the role of the four minerals in metabolism, the results of their supplementation, the categories of athletes who are likely to benefit most from them, the contraindications and their administration protocols, both in terms of supplement form and dosage and in terms of frequency and duration of supplementation. The conclusion of the literature review is that the intake of these metals in the form of a supplement could be considered necessary under certain conditions. In other words, there are cases where the benefits to the athlete's cardiovascular health and athletic performance are significant, but there are contraindications as well. In particular, iron supplementation is proved to be necessary to improve athletic performance only in the presence of insufficient iron stores in the athlete and is not recommended for people with normal ferritin levels. Calcium may be necessary to enhance the bone density of athletes with reduced calcium levels, but caution is needed in pathological conditions of the parathyroid gland. Potassium was positively associated with lowering blood pressure and enhancing cardiovascular function. Similarly, magnesium had a dose-dependent reducing effect on blood pressure, while at the same time causing a decrease in lactic acid and consequently muscle fatigue. Both potassium and magnesium present a contraindication for supplementation in pathological renal condition. In any case, medical and nutritional evaluation is necessary before the decision to administer any type of supplement and, if so, proper observance of the protocol and regular re-examinations should be applied.

Keywords: supplements, sports nutrition, minerals, iron, calcium, potassium, magnesium.

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 1-1: Ομοιόσταση σιδήρου στον ανθρώπινο οργανισμό.	18
Σχήμα 2-1: Ομοιόσταση ασβεστίου στον ανθρώπινο οργανισμό.	34
Σχήμα 2-2: Τα στάδια της υπερασβεστιαμίας.	40
Σχήμα 3-1: Ομοιόσταση καλίου στον ανθρώπινο οργανισμό.	46
Σχήμα 4-1: Ομοιόσταση μαγνησίου.	70

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1: Οι κατηγορίες αιτιών σιδηροπενίας.	19
Πίνακας 1-2: Στάδια της σιδηροπενικής αναιμίας.	20
Πίνακας 1-3: Επίπεδα σιδήρου στον οργανισμό ανάλογα με το στάδιο της σιδηροπενίας.	20
Πίνακας 1-4: Τιμές DRI Σιδήρου.	22
Πίνακας 1-5: Ποσοστό Αμερικάνων που πληρούν το 100% των συστάσεων για σίδηρο.	25
Πίνακας 1-6: Τρόφιμα και η περιεκτικότητά τους σε μη-αιμικό σίδηρο.	27
Πίνακας 1-7: Τρόφιμα και η περιεκτικότητά τους σε αιμικό σίδηρο.	27
Πίνακας 1-8: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου.	28
Πίνακας 2-1: Τιμές DRI Ασβεστίου.	34
Πίνακας 2-2: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων ασβεστίου.	41
Πίνακας 3-1: Τιμές DRI καλίου.	51
Πίνακας 3-2: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων καλίου.	64
Πίνακας 4-1: Τιμές DRI Μαγνησίου.	70
Πίνακας 4-2: Μέθοδοι αξιολόγησης κατάστασης μαγνησίου.	72
Πίνακας 4-3: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου.	81
Πίνακας 5-1: Ελάχιστη και μέγιστη δοσολογία βάσει ΦΕΚ.	87
Πίνακας 5-2: UL μετάλλων βάσει EFSA.	87
Πίνακας 6-1: Στάδια Διατροφικής Αξιολόγησης	90
Πίνακας 6-2: Διάγραμμα απόφασης λήψης συμπληρώματος.	92

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

MTE: Minerals and Trace Elements (Μέταλλα και ιχνοστοιχεία)	NHANES: National Health and Nutrition Examination Survey (Εθνικό Κέντρο Έρευνας Υγείας και Διατροφής)
IRP: Iron Regulatory Protein (Ρυθμιστική πρωτεΐνη σιδήρου)	DASH: Dietary Approaches to Stop Hypertension (Διατροφικές Προσεγγίσεις για τη Διακοπή της Υπέρτασης)
DRI: Dietary Reference Intake (Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη)	HRmax: Maximum Heart Rate (Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα)
AI: Adequate Intake (Επαρκής Πρόσληψη)	EAMC: Exercise Associated Muscle Cramps (Μυϊκές Κράμπες που Σχετίζονται με την Άσκηση)
EAR: Estimated Average Requirement (Εκτιμώμενη Μέση Απαίτηση)	ACE-Is: Angiotensin Converting Enzyme Inhibitors (Ανταγωνιστές Μετατρεπτικού Ενζύμου Αγγειοτενσίνης)
RDA: Recommended Dietary Allowance (Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη)	ARBs: Angiotensin II Receptor Blockers (Αποκλειστές Υποδοχέων Αγγειοτενσίνης II)
UL: Upper Intake Levels (Ανώτερο Επίπεδο Πρόσληψης)	CKD: Chronic Kidney Disease (Χρόνια Ηπατική Νόσος)
MAOD: Maximal Accumulated Oxygen Deficit (Μέγιστο Έλλειμμα Οξυγόνου)	CVD: Cardiovascular Disease (Καρδιαγγειακή Νόσος)
PTH: Parathyroid Hormone (Παραθορμόνη)	WMD: Weighted Mean Difference (Σταθμισμένη Μέση Διαφορά)
IOC: International Olympic Committee (Διεθνής Ολυμπιακή Επιτροπή)	FFQ: Food Frequency Questionnaire (Ερωτηματολόγιο Συχνότητας Κατανάλωσης Τροφίμων)

IU: International Unit (Διεθνής Μονάδα)	WBW: Whole Body Washdown (Συλλογή Ιδρώτα Ολόκληρου του Σώματος)
ESC: European Society of Cardiology (Ευρωπαϊκή Καρδιολογική Εταιρεία)	PPI: Proton Pump Inhibitors (Αναστολείς Αντλίας Πρωτονίων)
CTX: C-Terminal Telopeptides (Ctx Τελοπεπτίδια Ορού)	ADRV: Anti-Doping Rule Violations (Παραβιάσεις Κανόνων Κατά της Φαρμακοδιέγερσης)
DXA: Dual-energy X-ray Absorptiometry (Απορροφησιμετρία Ακτίνων Χ διπλής ενέργειας)	DEF: Deficiency (Ελλειψη)
MVI: Multi-Vitamin Injection (Εγχυση Πολυβιταμίνης)	INSF: Insufficiency (Ανεπάρκεια)
AUC: Area Under the Curve (Περιοχή Κάτω από την Καμπύλη)	EFSA: European Food Safety Authority (Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων)
AIx: Augmentation Index (Δείκτης Αύξησης)	ΕΟΦ: Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων
ADHD: Attention Deficit Hyperactivity Disorder (Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας)	ΦΕΚ: Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης
PB: Basketball Players (Παίκτες Μπάσκετ)	ΣΗΠ: Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη
CG: Control Group (Ομάδα Ελέγχου)	HRV: Heart Rate Variability (Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού)
1RM: One-Repetition Maximum (Μία Μέγιστη Επανάληψη)	EGF: Epidermal Growth Factor (Επιδερμικός Αυξητικός Παράγοντας)

Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αυξηθεί οι μελέτες που σχετίζονται με την χορήγηση συμπληρωμάτων διατροφής στους αθλητές (Cotugna et al., 2005). Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων για την διερεύνηση της χορήγησης συμπληρωμάτων μετάλλων ώστε να απαντηθεί το ερώτημα εάν και σε ποιες περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητη η χρήση τους.

Παραδείγματος χάριν, αθλητές που περιορίζουν την πρόσληψη ενέργειας, αποκλείουν τρόφιμα ή ομάδες τροφίμων από τη διατροφή τους, ή καταναλώνουν δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες με χαμηλή πυκνότητα μικροθρεπτικών συστατικών διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο ανεπάρκειας μικροθρεπτικών συστατικών. (American College of Sports Medicine, 2009).

Οι διατροφικές ανάγκες για κορυφαία αθλητική απόδοση περιλαμβάνουν επαρκή πρόσληψη θερμίδων και θρεπτικών συστατικών, επαρκή ενυδάτωση και προσοχή στο χρονοδιάγραμμα των γευμάτων. Οι αθλητές και οι σύμβουλοί τους συχνά έχουν λανθασμένη πληροφόρηση ή έχουν παρανοήσεις σχετικά με τη αθλητική διατροφή. Οι έρευνες δείχνουν γενικά ότι η χρήση συμπληρωμάτων διαφέρει σε διάφορα αθλήματα και δραστηριότητες, αυξάνεται με το επίπεδο προπόνησης και επιδόσεων, αυξάνεται με την ηλικία, είναι υψηλότερη στους άνδρες από ό, τι στις γυναίκες και επηρεάζεται έντονα από τους πολιτισμικούς κανόνες. (Garthe & Maughan, 2018).

Τα θέματα που καλύπτονται στα επόμενα κεφάλαια περιλαμβάνουν τις ανάγκες σε μικροθρεπτικά συστατικά και, συγκεκριμένα, σε σίδηρο, ασβέστιο, κάλιο και μαγνήσιο. Εξετάζεται ο ρόλος τους στο μεταβολισμό, ο τρόπος που επηρεάζουν την υγεία, οι επιπτώσεις τους και τα οφέλη τους.

Συνοπτικά για τα μικροθρεπτικά στοιχεία που θα μελετηθούν:

Τα μέταλλα και τα ιχνοστοιχεία (ΜΤΕ) είναι μικροθρεπτικά συστατικά που εμπλέκονται σε εκατοντάδες βιολογικές διαδικασίες. Η ανεπάρκεια σε ΜΤΕs μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αθλητική απόδοση. Περίπου 50% των αθλητών έχουν αναφέρει ότι λαμβάνουν κάποια μορφή συμπληρώματος μικροθρεπτικών συστατικών. Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα που επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητά τους για τη βελτίωση της απόδοσης. (Heffernan et al., 2019)

Μερικοί από τους φυσιολογικούς ρόλους των μετάλλων που είναι σημαντικοί για τους αθλητές είναι η εμπλοκή τους στη συστολή των μυών, στο φυσιολογικό καρδιακό ρυθμό, στην αγωγή των νεύρων, στη μεταφορά οξυγόνου, στην οξειδωτική φωσφορυλίωση. Έχουν επίσης αντιοξειδωτική δραστηριότητα, συντελούν στην υγεία των οστών και στην οξεοβασική ισορροπία του αίματος. (Williams, 2005). Η χαμηλή πρόσληψη μετάλλων (Fe, Ca, Mg) συχνά οφείλεται σε περιορισμό της ενεργειακής πρόσληψης ή στην αποφυγή ζωικών προϊόντων. (Institute of Medicine, 2000).

Ως συμπλήρωμα διατροφής ορίζεται ένα προϊόν το οποίο προορίζεται για να συμπληρώσει τη διατροφή / μια ισορροπημένη διατροφή και περιέχει ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα συστατικά : α) βιταμίνες, β) μέταλλα, γ) βότανα ή άλλα φυτικά προϊόντα, δ) αμινοξέα, ε) μια διατροφική ουσία για χρήση από τον άνθρωπο με σκοπό τη συμπλήρωση της διατροφής του που αυξάνει τη συνολική διατροφική πρόσληψη, στ) μια συγκέντρωση, μεταβολίτη, συστατικό, εκχύλισμα ή συνδυασμό των συστατικών που αναφέρθηκαν παραπάνω. (Larsen & Berry, 2003)

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να επανεξετάσει συστηματικά το ρόλο των μετάλλων στη μυϊκή λειτουργία, στην αθλητική απόδοση και στη γενικότερη υγεία των αθλητών. Κατ'αυτόν τον τρόπο, θα διαμορφωθεί μία ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με το τι ισχύει πραγματικά για τα εν λόγω συμπληρώματα και τη δράση τους, θα απομυθοποιηθούν οι ενδεχομένως λανθασμένοι ισχυρισμοί που έχουν διατυπωθεί ανά καιρούς και θα διευκρινιστούν οι πληθυσμοί στόχοι που πιθανόν να επωφεληθούν από αυτά. Στην περίπτωση επίσης που κριθεί ωφέλιμη η χορήγησή τους, είναι σημαντικό να υπάρχει ένα ξεκάθαρο πρωτόκολλο δοσολογίας και συχνότητας, με επαρκές ερευνητικό υπόβαθρο.

Τέλος, σημειώνεται ότι η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε στις ηλεκτρονικές βάσεις PubMed, PubMed Central, Europe PMC και Crossref. Η επιλογή των μελετών έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες Prisma, οι οποίες αξιολογούν τον κίνδυνο προκατάληψης των συγγραφέων των ερευνών που συμπεριλαμβάνονται σε μια συστηματική ανασκόπηση και στοχεύουν στη διασφάλιση της ποιότητας και της αμεροληψίας της μελέτης (Higgins & Altman, 2008).

Κεφάλαιο 1: Σίδηρος

1.1. Εισαγωγή

Ο σίδηρος συνιστά βασικό συστατικό όλων των έμβιων οργανισμών και αποτελεί κρίσιμο συστατικό πολλών ενζύμων, πρωτεϊνών, αλλά και των κυτοχρωμάτων, της μυοσφαιρίνης και της αιμοσφαιρίνης που έχει ως λειτουργία την μεταφορά του οξυγόνου σε όλο το σώμα (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998). Είναι αξιοσημείωτο ότι σχεδόν τα 2/3 του σιδήρου που βρίσκονται στον ανθρώπινο οργανισμό, που αντιστοιχεί σε 2,5 g περίπου, είναι προσδεμένα στην αιμοσφαιρίνη των κυκλοφορούντων ερυθρών αιμοσφαιρίων και εμπλέκονται στη μεταφορά του οξυγόνου από το περιβάλλον στους ιστούς (Hinton, 2014). Ο σίδηρος υπάρχει σε συγκεκριμένες οξειδωτικές καταστάσεις, δηλαδή σε τρισθενή (Fe^{+3}) και σε δισθενή (Fe^{+2}) μορφή (Hinton, 2014).

Η φερριτίνη είναι μια γλυκοπρωτεΐνη και αποτελείται από ένα πρωτεϊνικό κέλυφος και έναν πυρήνα. Η βιοσύνθεση της εξαρτάται από τα επίπεδα του ενδοκυττάριου σιδήρου και ρυθμίζεται μέσω της ρυθμιστικής πρωτεΐνης για τον σίδηρο (IRP) (Hinton, 2014).

1.2. Μεταβολισμός του Σιδήρου

Η συνολική περιεκτικότητα σιδήρου στο σώμα σε υγιείς ενήλικες άνδρες υπολογίζεται σε 3,8 g, ενώ σε ενήλικες γυναίκες ανέρχεται στα 2,3 g (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998). Όταν το σώμα έχει αρκετό σίδηρο για να καλύψει τις ανάγκες του, ο περισσότερος σίδηρος (> 70%) χρησιμοποιείται ως λειτουργικός, ενώ ο υπόλοιπος αποθηκεύεται ή μεταφέρεται. Ο σίδηρος κατανέμεται μεταξύ τριών ενεργών θέσεων, σε αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη και σε ένζυμα. Περίπου το 20% του συνόλου παραμένει ως αδρανής, αποθετικός σίδηρος με τη μορφή φερριτίνης και αιμοσιδερίνης. Τέλος, 0,2% του συνολικού σιδήρου υπάρχει ως σίδηρος μεταφοράς με τη μορφή τρανσφερίνης (Hinton, 2014).

Καθημερινά απορροφάται περίπου 5-35% του αιμικού σιδήρου (σίδηρος προερχόμενος από ζωικές τροφές) από ένα μόνο γεύμα, ενώ μόνο 2-20% απορροφάται από τροφές μη αιμικού σιδήρου. Τα ποσοστά αυτά διαφέρουν ανάλογα την κατάσταση σιδήρου και την διαίτα του κάθε ανθρώπου. Παρόλο που ο αιμικός σίδηρος αποτελεί περίπου μόνο το 10% του συνολικού σιδήρου, μπορεί να παρέχει έως και το ένα τρίτο του συνολικού

απορροφούμενου σιδήρου. (Beard and Tobin, 2000). Γενικά κάθε 10mg σιδήρου που καταναλώνονται, το 1mg από αυτά απορροφάται (Thomas et al., 2020). Η απελευθέρωση του σιδήρου στο πλάσμα του αίματος και η απορρόφηση του από τα κύτταρα του εντέρου ρυθμίζονται κυρίως από την πρωτεΐνη που κωδικοποιεί το γονίδιο HFE και την εψιδίνη, ενώ σε καταστάσεις έλλειψης σιδήρου τα επίπεδα της εψιδίνης ελαττώνονται. Επιπρόσθετα, η απορρόφηση του σιδήρου ευνοείται από τροφές που περιέχουν σίδηρο αίμης και από το όξινο pH, ενώ το αλκαλικό pH εμποδίζει την απορρόφηση του (Cook and Monsen, 1976).

Ο σίδηρος αποθηκεύεται στο ήπαρ, στο σπλήνα και στο μυελό των οστών, με τη μορφή φερριτίνης και αιμοσιδερίνης, οι οποίες είναι πρωτεΐνες που περιέχουν σίδηρο. Η συνολική ποσότητα αποθεμάτων σιδήρου κυμαίνονται περίπου από 600 έως 1000 mg σε ενήλικες άνδρες, ενώ στις γυναίκες περιέχονται περίπου 200 με 300 mg σιδήρου. Η ποσότητα σιδήρου που περιέχεται στην φερριτίνη είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από αυτόν της αιμοσιδερίνης όταν υπάρχει ανεπάρκεια έως και τα φυσιολογικά επίπεδα, ενώ συμβαίνει το αντίθετο στην περίπτωση υπερφόρτωσης σιδήρου (Saito H., 2014).

Το ασβέστιο έχει αποδειχθεί ότι δρα ως ανασταλτικός παράγοντας στην απορρόφηση του σιδήρου. Η δόσοεξαρτώμενη ανασταλτική δράση φάνηκε σε δόσεις των 75-300 mg ασβεστίου όταν προστέθηκε σε ψωμί και σε δόσεις των 165 mg ασβεστίου από τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Μελέτες με ένα γεύμα δείχνουν αρνητική επίδραση του ασβεστίου στην απορρόφηση του σιδήρου, ενώ μελέτες πολλαπλών γευμάτων, με μια ευρεία ποικιλία τροφίμων και διάφορες συγκεντρώσεις άλλων αναστολέων και ενισχυτών, δείχνουν ότι το ασβέστιο έχει περιορισμένη επίδραση στην απορρόφηση του σιδήρου. Συμπερασματικά, το ασβέστιο ως συστατικό γεύματος ή ως άλας ασβεστίου πιθανόν να εμφανίζει ανασταλτική επίδραση στην απορρόφηση του σιδήρου (Lönnerdal et al., 2010).

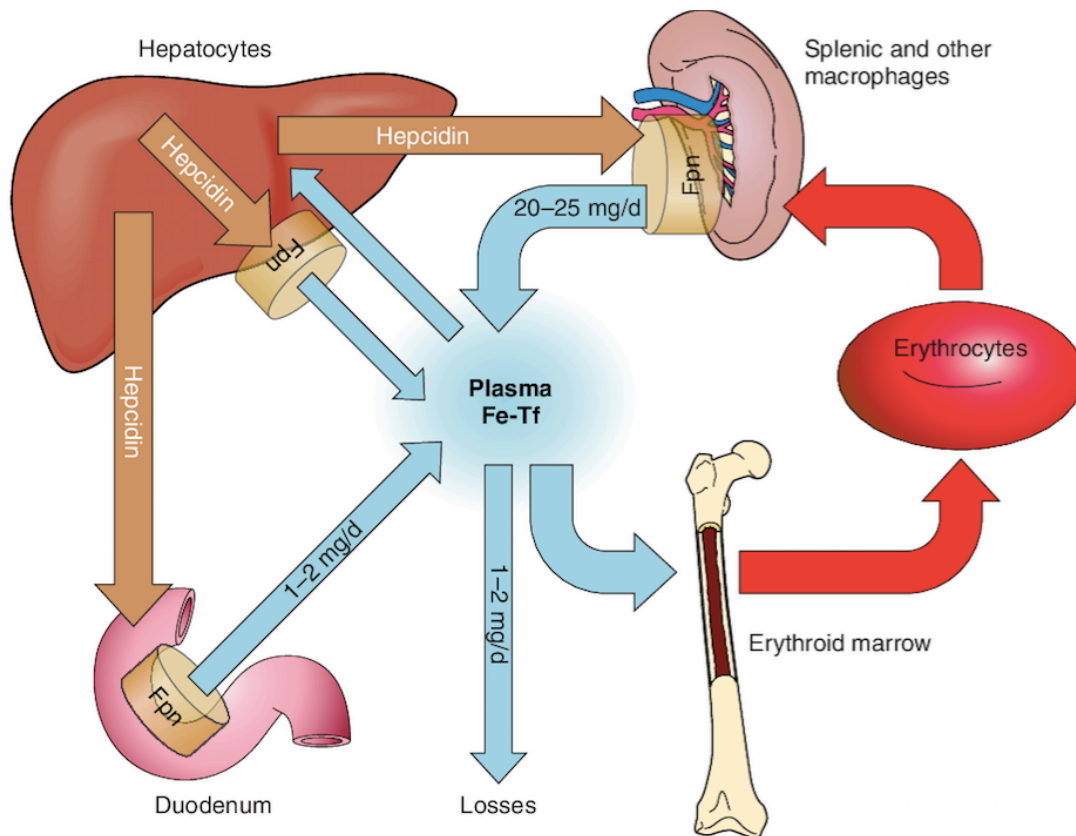
1.3. Ομοίσταση Σιδήρου

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ημερήσιων απαιτήσεων σε σίδηρο υπολογίζει τις βασικές απώλειες σιδήρου σε συνάρτηση με τον αποθηκευμένο σίδηρο (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998). Επίσης, λαμβάνει υπ'όψη τις απώλειες κατά την έμμηνο ρύση, τις απαιτήσεις του εμβρύου κατά την εγκυμοσύνη και τις αυξημένες απαιτήσεις κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του. Η συνήθης απώλεια σιδήρου περιλαμβάνει περίπου 1 mg την ημέρα για τους άνδρες και 2

mg την ημέρα για τις γυναίκες, οι οποίες έχουν αυξημένες απώλειες λόγω της εμμήνου ρύσεως. Αντίστοιχα, οι γυναίκες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο ανεπάρκειας σιδήρου λόγω μηνιαίας απώλειας αίματος και οι απαιτήσεις τους μπορεί να είναι ως και 70% αυξημένες σε σχέση με την μέση εκτιμώμενη τιμή. Βάσει των παραπάνω απωλειών ρυθμίζεται η απορρόφηση του στο λεπτό έντερο όπου και πραγματοποιείται η απορρόφηση περίπου 0,5-2 mg που αντιστοιχεί στο 5-15% της συνολικής πρόσληψης. Ωστόσο η εντερική απορρόφηση μπορεί και να τετραπλασιαστεί σε περίπτωση αυξημένων απωλειών εξαιτίας διαφόρων παραγόντων όπως μικροϊσχαιμία στα σπορ, αιμορραγία και άλλα. (Thomas et al., 2016).

Με την πτώση των ενδοκυττάρων συγκεντρώσεων του σιδήρου, η IRP δεν ενώνεται με σίδηρο και αναστέλλεται η παραγωγή φερριτίνης ενώ συμβαίνει το αντίθετο όταν υπάρχει περίσσεια ενδοκυττάρων αποθεμάτων σιδήρου. Η φερριτίνη μπορεί να ανιχνευθεί στο αίμα και αντανακλά τις αποθήκες σιδήρου του σώματος. Προσδιορίζεται με ανοσολογική μέθοδο και οι φυσιολογικές τιμές της κυμαίνονται από 30-330ng/ml. (Μανιός, 2006).

Σχήμα 1-1: Ομοιόσταση σιδήρου στον ανθρώπινο οργανισμό.



(Ganz, 2013)

1.4. Σιδηροπενική αναιμία

Η σιδηροπενική αναιμία είναι η πιο συχνή διατροφική ανεπάρκεια σε όλο τον κόσμο και προσβάλλει 500 εκατομμύρια άτομα στον πλανήτη (DeMaeyer et al., 1989). Αποτελεί την σημαντικότερη ασθένεια διατροφικής αιτιολογίας και συνδέεται με την έντονη και πολύωρη άσκηση του αθλητή που προκαλεί έλλειψη σιδήρου και έχει ως συνέπεια την μείωση της απόδοσης (World Health Organization, 2001). Στους αθλητές εκτιμάται ότι το 10% των ανδρών και το 20% των γυναικών έχουν ανεπάρκεια σιδήρου. Αν και πολλοί ερευνητές έχουν εξετάσει την εμφάνιση αναιμίας σε αθλητές, εξακολουθεί να είναι αμφιλεγόμενο αν η αναιμία είναι γεγονός συχνότερο στους αθλητές παρά σε μη αθλούμενους πληθυσμούς. (Ahmadi et al., 2010)

Τα αίτια της σιδηροπενίας χωρίζονται σε δύο διαφορετικές στη σημασία τους κατηγορία. Η πρώτη περιλαμβάνει ανεπαρκή πρόσληψη σιδήρου (όπως σε αυστηρώς χορτοφάγους), μειωμένη απορρόφηση στο έντερο (όπως νόσος Crohn, εκτεταμένη εντερεκτομή), αυξημένες ανάγκες σε σίδηρο (στην περίοδο της εγκυμοσύνης, στην αθλητική δραστηριότητα). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει νόσους και καταστάσεις που οδηγούν στην απώλεια αίματος, όπως μηνορραγίες και μητρορραγίες, πεπτικό έλκος (στομάχου ή δωδεκαδακτύλου), καρκίνο του πεπτικού σωλήνα (κυρίως παχέος εντέρου και στομάχου), ελκώδη κολίτιδα, διαφραγματοκήλη, αγγειοδυσπλασίες και άλλες καλοήθειες νόσους του πεπτικού (πολύποδες παχέος εντέρου, τηλεαγγειεκτασίες κ.α.), αιμορροΐδες (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998; World Health Organization, 2001).

Πίνακας 1-1: Οι κατηγορίες αιτιών σιδηροπενίας.

Αυξημένες ανάγκες σιδήρου	Ανεπαρκής απορρόφηση σιδήρου
<p>Απώλεια αίματος:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εμμηνόρροια • Γαστρεντερικός σωλήνας • Αναπνευστική οδός • Αιμοδοσία 	<p>Μειωμένη απορρόφηση</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εντερική δυσαπορρόφηση • Γαστρικό χειρουργείο • Υποχλωροδρία
Ανάπτυξη	Δίαιτα χαμηλή σε βιοδιαθέσιμο σίδηρο
Εγκυμοσύνη	

(U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

Η συνήθης κλινική εξέταση και ανάλυση περιλαμβάνει τους αιματολογικούς δείκτες: φερριτίνη, συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης και τον κορεσμό της τρανσφερρίνης. Με βάση τα παραπάνω οι Peeling και συνεργάτες (2007) πρότειναν τα παρακάτω στάδια σιδηροπενικής αναιμίας.

Πίνακας 1-2: Στάδια της σιδηροπενικής αναιμίας.

Στάδια Αναιμίας			
Στάδιο	Φερριτίνη Ορού	Αιμοσφαιρίνη	Κορεσμός Τρανσφερρίνης
Μείωση σιδήρου	< 35 µg/L	> 11,5 g/dL	> 16%
Ερυθροποίηση ελλείψει σιδήρου	< 20 µg/L	> 11,5 g/dL	< 16%
Σιδηροπενική αναιμία	< 20 µg/L	< 11,5 g/dL	< 16%

(Peeling et. al., 2007).

Πίνακας 1-3: Επίπεδα σιδήρου στον οργανισμό ανάλογα με το στάδιο της σιδηροπενίας.

Κατάσταση σιδήρου	Αποθηκευμένος σίδηρος	Σίδηρος μεταφοράς	Λειτουργικός σίδηρος
Σιδηροπενική αναιμία	Χαμηλός	Χαμηλός	Χαμηλός
Ερυθροποίηση ελλείψει σιδήρου	Χαμηλός	Χαμηλός	Φυσιολογικός
Μείωση σιδήρου	Χαμηλός	Φυσιολογικός	Φυσιολογικός
Φυσιολογικός	Φυσιολογικός	Φυσιολογικός	Φυσιολογικός
Υπερφόρτωση σιδήρου	Υψηλός	Υψηλός	Φυσιολογικός

(U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

Ένας αθλητής με έλλειψη σιδήρου, πέρα από το γεγονός ότι μπορεί να έχει μείωση της αθλητικής απόδοσης, είναι πολύ πιθανό να αισθάνεται ευκολότερα κόπωση στην προπόνηση αλλά και στην καθημερινότητά του, να εμφανίζει αδυναμία, δυσκολία στη θερμορύθμιση, ακόμη και μειωμένη απόδοση στην πνευματική εργασία. (Telford et al., 2003).

1.5. Υπερφόρτωση Σιδήρου

Η από του στόματος λήψη συμπληρωμάτων σιδήρου σε αυξανόμενες δόσεις, μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές, όπως ναυτία, επιγαστρική δυσφορία και εμετό, τα οποία οφείλονται σε ερεθισμούς του βλεννογόνου καθώς και της μεταβολής της γαστρεντερικής κινητικότητας και έχει άμεση σχέση με την ευμετάβλητη συγκέντρωση του σιδήρου που υπάρχει εσωτερικά του εντέρου. Οι δόσεις αυτές κυμαίνονται μεταξύ 50 έως 60 mg Fe ή και 80 mg Fe σε περίπτωση εγκυμοσύνης. Οι επιπτώσεις στο ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου σχετίζονται άμεσα με την δόση σιδήρου που λαμβάνεται. Γενικά, οι αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, οφείλονται στις συγκεντρώσεις σιδήρου ελεύθερης μορφής μέσα στον αυλό του εντέρου, οι οποίες αυξάνονται μετά την κατανάλωσή του σε μορφή παρασκευασμάτων, σε κενό στομάχι (Schümann et al., 2007).

1.6. Συστάσεις για πρόσληψη σιδήρου

Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η χαμηλή ενεργειακή πρόσληψη, οι χορτοφαγικές δίαιτες και η προπόνηση αντοχής αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις αποθήκες σιδήρου στον ανθρώπινο οργανισμό, τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες (Castelletal., 2019). Οι μεταβολικές οδοί που σχετίζονται με τον σίδηρο περιλαμβάνουν την αιμοσφαιρίνη, που περιέχει περίπου τα δύο τρίτα του σιδήρου, για την μεταφορά του οξυγόνου στους εργαζόμενους σκελετικούς μύες και στην παραγωγή τριφωσφορικής αδενοσίνης μέσω του οξειδωτικού μεταβολισμού, ο οποίος ωστόσο περιλαμβάνει και πληθώρα άλλων ενζύμων (Beard & Tobin, 2000). Ο μηχανισμός σύμφωνα με τον οποίο μειώνεται η απόδοση σε αθλητές με έλλειψη σιδήρου αφορά την μειωμένη εξαγωγή και αξιοποίηση του οξυγόνου το οποίο δεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη λόγω της μειωμένης λειτουργίας των οξειδωτικών ενζύμων που εξαρτώνται από τον σίδηρο (Rubeor et al., 2018).

Η έλλειψη σιδήρου μειώνει την αερόβια ικανότητα, αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό και επιμηκύνει τον χρόνο αποκατάστασης μετά την άσκηση. Ακόμη και μια μικρή μείωση στα επίπεδα σιδήρου προκαλεί μείωση στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου με αποτέλεσμα την μείωση της αθλητικής απόδοσης (Sim et al., 2019).

Επιπρόσθετα, ένα φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί σε αθλητές και αθλήτριες δρομείς ονομάζεται “foot-strike hemolysis” και περιλαμβάνει την καταστροφή ερυθρών

αιμοσφαιρίων που προκαλείται από το έντονο χτύπημα του ποδιού στο έδαφος που προκαλεί ενδοαγγειακή αιμόλυση (Thomas et al., 2016). Αθλητές με έλλειψη σιδήρου εμφανίζουν μείωση της αθλητικής απόδοσης, αισθάνονται ευκολότερα κόπωση στην προπόνηση, αλλά και στην καθημερινότητά τους, εμφανίζουν αδυναμία, δυσκολία στη θερμορύθμιση, ακόμη και μειωμένη απόδοση στην πνευματική εργασία (Telford et al., 2003; Thomas et al., 2016). Η εψιδίνη, η ορμόνη που ελέγχει τα επίπεδα σιδήρου, αυξάνεται λόγω του όγκου προπόνησης και αποτελεί κύριο παράγοντα διαφοροποίησης του μεταβολισμού των αθλητών (Sim et al., 2019).

Ο Ponorac και οι συνεργάτες του μελέτησαν 152 αθλητές ομαδικών και ατομικών αθλημάτων με έλλειψη σιδήρου και βρήκαν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αθλημάτων. Επιπλέον, φάνηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ του όγκου προπόνησης και της συγκέντρωσης φερριτίνης (Ponorac et al., 2019).

Αντίστοιχα ο Reinke και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν μελέτες σε ελίτ αθλητές ποδοσφαίρου και έδειξαν ότι το 27% του πληθυσμού εμφανίζει πλήρη έλλειψη σιδήρου μετά το τέλος της αγωνιστικής περιόδου. Όπως αναφέρουν, ο σίδηρος δεν αναπληρώνεται σε μικρές χρονικές περιόδους που μεσολαβούν ανάμεσα σε απαιτητικές χρονιές. Επιπρόσθετα οι ερευνητές βρήκαν μεγαλύτερη βελτίωση στις τιμές του σιδήρου στους ποδοσφαιριστές που εμφάνισαν αρχικά χαμηλές τιμές φερριτίνης (Reinke et al., 2012).

Πίνακας 4: Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι συστάσεις DRIs για τον γενικό πληθυσμό. Συγκεκριμένα για το σίδηρο παρουσιάζονται τιμές EAR (Estimated Average Requirements), RDA (Recommended Dietary Allowance) και UL (Upper Intake Levels) (Otten et al., 2006).

Πίνακας 1-4: Τιμές DRI Σιδήρου.

Τιμές DRI (mg/day)					
	EAR		RDA		UL
Παιδιά & Ενήλικες	Άνδρες	Γυναίκες	Άνδρες	Γυναίκες	
14-18 ετών	7,7	7,9	11	15	45
19-50 ετών	6,0	8,1	8	18	45
51-70 ετών	6,0	5,0	8	8	45
> 70 ετών	6,0	5,0	8	8	45
Εγκυμοσύνη					

< 18 ετών		23		27	45
19-50 ετών		22		27	45
Θηλασμός					
<18 ετών		7		10	45
18-50 ετών		6,5		9	45

(Otten et al., 2006)

1.7. Συμπληρώματα Σιδήρου και Αθλητική Απόδοση

Σε μια από τις πιο πρώιμες μελέτες που περιλάμβανε συμπληρώματα σιδήρου ο Gardner και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι σε γυναίκες με αναιμία, η χορήγηση συμπληρώματος βελτίωσε την απόδοση κατά τη διάρκεια μιας τυποποιημένης δοκιμασίας σε δαπεδοεργόμετρο πολλαπλών σταδίων, μείωσε τον καρδιακό ρυθμό και την συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (Gardner et al., 1975).

Οι Lamanca και Haymes μελέτησαν 20 γυναίκες φυσικά δραστήριες και τους χορήγησαν συμπλήρωμα σιδήρου 100mg καθημερινά για 8 εβδομάδες. Οι ερευνητές ανέφεραν αύξηση της φερριτίνης και της αιμοσφαιρίνης, καθώς και αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και του χρόνου ως την εξάντληση (Lamanca & Haymes, 1993). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε άλλες μελέτες όπου συμμετείχαν δρομείς μεγάλων αποστάσεων, χορηγήθηκαν 60mg σιδήρου για 6 εβδομάδες και βρέθηκε αύξηση της φερριτίνης, αύξηση της ταχύτητας στο γαλακτικό κατώφλι και βελτίωση του χρόνου στην απόδοση στα 3 χιλιόμετρα (Yoshida et al., 1990).

Ο Friedmann και οι συνεργάτες του χορήγησαν συμπλήρωμα 200mg (2 φορές την ημέρα – 100mg) για 12 εβδομάδες σε 40 ελίτ αθλητές/τριες και αναφέρουν ότι τα επίπεδα φερριτίνης βρέθηκαν στις φυσιολογικές τιμές και παράλληλα υπήρξε σημαντική αύξηση στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και την κατανάλωση οξυγόνου κατά την διάρκεια του τεστ MAOD (Friedmann, 2001).

Οι Hinton και Sinclair μελέτησαν 20 αθλητές με έλλειψη σιδήρου και τους χορήγησαν συμπλήρωμα 30mg καθημερινά για 6 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν αύξηση του σιδήρου στον οργανισμό, ωστόσο δεν επηρεάστηκε η αιμοσφαιρίνη και ο αιματοκρίτης. Το συμπλήρωμα σιδήρου φάνηκε να ανακόπτει την πτώση στην απόδοση που φάνηκε από το αναερόβιο κατώφλι και παράλληλα έδειξε περισσότερη ενεργειακή απόδοση κατά την διάρκεια υπομέγιστου τεστ αντοχής (Hinton & Sinclair, 2007)

Στο ίδιο μήκος κύματος, οι Dellavalle και Haas μελέτησαν 31 γυναίκες κωπηλάτες με έλλειψη σιδήρου και τους χορήγησαν συμπλήρωμα 50mg για δύο φορές καθημερινά για 6 εβδομάδες. Όλοι οι δείκτες των αποθηκών σιδήρου στους ιστούς αυξήθηκαν στην ομάδα που λάμβανε το συμπλήρωμα, ενώ τα ενεργειακά αποθέματα κατά την διάρκεια τεστ αντοχής ήταν υψηλότερα (Dellavalle & Haas, 2015).

Τέλος, ο Mielgo-Ayuso και οι συνεργάτες του μελέτησαν την επίδραση συμπληρωμάτων σιδήρου για έντεκα εβδομάδες σε γυναίκες αθλήτριες πετοσφαίρισης και βρήκαν ότι τα επίπεδα σιδήρου επέστρεψαν στα φυσιολογικά δέκα μόλις εβδομάδες μετά την διακοπή της πρόσληψης και μειώθηκαν περαιτέρω 18 εβδομάδες μετά. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι το συμπλήρωμα σιδήρου θα πρέπει να καταναλώνεται στην διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου, αλλά δεν είναι συνετό να χρησιμοποιηθεί προληπτικά, καθώς προκαλείται τοξικότητα, ακόμα και υπό την προϋπόθεση ότι οι αθλητές έχουν ισορροπημένη θερμιδική πρόσληψη (Mielgo-Ayuso et al., 2018). Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η υπερβολική πρόσληψη σιδήρου μπορεί να προκαλέσει γαστρεντερικές διαταραχές, δευτεροπαθή υπερφόρτωση σιδήρου και οξεία τοξικότητα (Otten et al., 2006).

Ωστόσο, η πρόσληψη σιδήρου, μέσω συμπληρωμάτων, σε αθλητές χωρίς έλλειψη δεν φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση αντοχής (Mougiou, 2004). Εκτός αυτού, ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι τα συμπληρώματα σιδήρου σε άτομα με φυσιολογική αιμοσφαιρίνη αλλά με έλλειψη σιδήρου δε βελτιώνουν την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (Rowland et al., 1988; Zhu & Haas 1998). Συγκεκριμένα, ο Rowland και οι συνεργάτες του (1988) χρησιμοποίησαν συμπλήρωμα σιδήρου 975 mg σε 14 δρομείς με έλλειψη σιδήρου για 4 εβδομάδες. Μετά το πέρας του χρονικού αυτού διαστήματος, φάνηκε βελτίωση της απόδοσης στην δοκιμασία αντοχής, χωρίς όμως να συνοδεύεται με αλλαγή στην κατανάλωση οξυγόνου και στον καρδιακό ρυθμό. Οι Zhu και Haas είδαν σημαντική μείωση του υποδοχέα της τρανσφερρίνης, σημαντική αύξηση της φερριτίνης και πρόληψη της πτώσης της αιμοσφαιρίνης, μετά την χορήγηση συμπληρώματος 135 mg σε 37 γυναίκες ασκούμενες με έλλειψη σιδήρου για 8 εβδομάδες (Zhu & Haas, 1998).

Ο Burden και οι συνεργάτες του σε μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και μετά-ανάλυση 17 ερευνών υποστήριξε ότι τα συμπληρώματα σιδήρου βελτιώνουν την αερόβια ικανότητα αθλητών με έλλειψη σιδήρου, μετρώντας την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Στη συγκεκριμένη μετα-ανάλυση συμπεριλήφθηκαν μελέτες τόσο με ενδομυϊκή όσο και

στοματική πρόσληψη σιδήρου καθώς και δόσεις από 1 ως 3 φορές την ημέρα, με εύρος από 10 ως 209 mg (Burden et al., 2014)

Αντίθετα, μια πιο πρόσφατη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εξέτασε 12 μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια και ανέφερε ότι μόνο στις 6 από αυτές βελτιώθηκε η αερόβια απόδοση μετά από χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με παλαιότερες μελέτες που υποστηρίζουν ότι τα συμπληρώματα σιδήρου σε αθλητές με έλλειψη αυξάνουν την απόδοση αυτών. Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μελέτες που ανέφεραν βελτιωμένη απόδοση χρησιμοποίησαν στοματική χρήση των συμπληρωμάτων σιδήρου (Rubeor et al., 2018).

1.8. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι συστάσεις DRIs και το ποσοστό των Αμερικανών που πληρούν το 100% των συστάσεων για το σίδηρο, στην πρόσληψή τους κατά τα έτη 1994-1996 (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

Πίνακας 1-5: Ποσοστό Αμερικανών που πληρούν το 100% των συστάσεων για σίδηρο.

Φύλο και ηλικία (έτη)	RDA (mg/day)	Ποσοστό των Αμερικανών που φτάνουν το 100% του RDA-1989 σιδήρου (%)
Ανδρες		
12-19	15	27,7
20-29	15	25,9
30-39	15	26,6
40-49	15	22,1
50-59	10	55,2
60-69	10	59,3
≥70	10	59,2
Γυναίκες		
12-19	12	83,1
20-29	10	86,9
30-39	10	88,9
40-49	10	85,9
50-59	10	83,8
60-69	10	85,5

≥ 70	10	78,5
-----------	----	------

(U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως οι γυναίκες και ιδιαίτερα σε ηλικία 12 έως 50 ετών εμφανίζουν στατιστικά πολύ χαμηλότερη κάλυψη των αναγκών τους σε σίδηρο, γεγονός που πιθανόν τις καθιστά μία πληθυσμιακή ομάδα αρκετά επιρρεπής σε σιδηροπενία και άρα θα πρέπει να ληφθούν προληπτικά μέτρα.

Η πρόληψη της έλλειψης σιδήρου σημαίνει εξασφάλιση επαρκούς πρόσληψης σιδήρου (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998). Τα στοιχεία για την αποτελεσματικότητα της πρόληψης σε έγκυες γυναίκες είναι λιγότερο σαφή. Η σιδηροπενική αναιμία κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης σχετίζεται με πρόωρη γέννα και χαμηλό βάρος του εμβρύου, όμως τα στοιχεία για τη χρήση συμπληρωμάτων σιδήρου είναι περιορισμένα και δεν είναι γνωστό κατά πόσο ακολουθούνται οι συστάσεις (Scholl et al., 1992).

Σύμφωνα με το κέντρο πρόληψης και ελέγχου νοσημάτων των Η.Π.Α, οι περισσότερες γυναίκες και έφηβες δεν χρειάζονται συμπληρώματα σιδήρου, αλλά πρέπει να ενθαρρύνονται να τρώνε τροφές πλούσιες σε σίδηρο και τρόφιμα που ενισχύουν την απορρόφηση σιδήρου. Σε περίπτωση εμφάνισης αναιμίας, προτείνεται η συνταγογράφηση 60-120 mg / ημέρα σιδήρου. Παράλληλα, συστήνεται η διόρθωση της ανεπάρκειας σιδήρου μέσω της διατροφής (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

Η πρωτογενής πρόληψη της ανεπάρκειας σιδήρου κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης περιλαμβάνει επαρκή διατροφική πρόσληψη σιδήρου, παράλληλα με τη χρήση συμπληρωμάτων σιδήρου. Αρχικά, συστήνονται συμπληρώματα σιδήρου χαμηλής δόσης (30 mg / ημέρα) κατά την πρώτη προγεννητική επίσκεψη και ενθάρρυνση των εγκύων γυναικών να τρώνε τροφές πλούσιες σε σίδηρο και τρόφιμα που ενισχύουν την απορρόφηση του σιδήρου. Σε περίπτωση εμφάνισης αναιμίας, συνήθως συνταγογραφείται μια δόση 60-120 mg / ημέρα σιδήρου. Όσον αφορά τους άνδρες και τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, συνήθως δεν απαιτούνται συχνές εξετάσεις σιδήρου, ούτε χρήση συμπληρωμάτων σιδήρου (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

Πίνακας 1-6: Τρόφιμα και η περιεκτικότητά τους σε μη-αιμικό σίδηρο.

Μη-Αιμικός Σίδηρος		
Τρόφιμο	Ποσότητα (gr)	Ποσότητα Σιδήρου (mgr)
Αρακάς φρέσκος μαγειρεμένος	100	1,8
Φασόλια ξερά μαγειρεμένα	100	2,7
Φακές μαγειρεμένες	100	6,8
Ηλιόσποροι ανάλατοι	100	7,3
Παντζάρια	100	0,7
Σπανάκι	100	3,1
Αμύγδαλα	100	4,7
Καρύδια	100	3,1
Στραγάλια	100	3,4
Δαμάσκηνα φρέσκα	100	0,5
Σουσάμι	100	10,5
Σταφίδες	100	3,5
Σύκα ξερά	100	3

(United States Department of Agriculture, 2018)

Πίνακας 1-7: Τρόφιμα και η περιεκτικότητά τους σε αιμικό σίδηρο.

Αιμικός Σίδηρος		
Τρόφιμο	Ποσότητα (gr)	Ποσότητα Σιδήρου (mg)
Συκώτι μοσχαρίσιο	100	10,9
Συκώτι αρνίσιο	100	6,5
Μοσχάρι μπριζόλα	100	4,35
Χοιρινή μπριζόλα	100	2,6
Κουνέλι μαγειρεμένο	100	2,25
Γαλοπούλα	100	1,5
Κοτόπουλο	100	1,1
Μπακαλιάρος	100	0,4
Μύδια	100	3,4
Στρείδια	100	5,5
Τόνος κονσέρβα σε λάδι	100	1,1
Σολομός	100	0,9

(United States Department of Agriculture, 2018)

1.9. Πρωτόκολλα χορήγησης

Μερικά ενδεικτικά πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου που αναφέρθηκαν σε μελέτες παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1-8: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου.

Συμπλήρωμα	Είδος μελέτης	Δείγμα	Δόση	Χρονικό Διάστημα	Αποτελέσματα	Βιβλιογραφία
Θευικός Σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	20 αθλητές με έλλειψη σιδήρου – μη αναιμικοί	30 mg/day	6 εβδομάδες	Σημαντική αύξηση φερριτίνης, καμία επίδραση στην αιμοσφαιρίνη και αιματοκρίτη. Αυξημένη ενεργειακή απόδοση σε υπομέγιστη δοκιμασία.	Hinton & Sinclair, 2006
Θευικός Σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	31 γυναίκες κωπηλάτες	100 mg/day	6 εβδομάδες	Αύξηση όλων των δεικτών των αποθηκών σιδήρου. Αυξημένη ενεργειακή απόδοση σε υπομέγιστη δοκιμασία.	Dellavale & Haas, 2015
Από του στόματος σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	40 ελίτ αθλητές/τριες	2 δόσεις των 100 mg (200 mg/day)	12 εβδομάδες	Αύξηση φερριτίνης, VO ₂ max και κατανάλωσης οξυγόνου στη δοκιμασία MAOD.	Friedmann et al., 2000
Από του στόματος σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	20 γυναίκες φυσικά δραστήριες	2 δόσεις των 100 mg (200 mg/day)	8 εβδομάδες	Αύξηση φερριτίνης, αιμοσφαιρίνης, VO ₂ max και χρόνου για εξάντληση.	Lamanca & Haymes, 1993
Κιτρικός σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	12 αθλήτριες δρομείς μεγάλων αποστάσεων	60 mg/day	6 εβδομάδες	Σημαντική αύξηση φερριτίνης, ταχύτητας στο αναερόβιο κατώφλι και απόδοσης στα	Yoshida et al., 1990

					3000 μέτρα.	
Δεξτράνη σιδήρου ενδομυικά	Τυχαιοποιημένη, crossover	29 ασκούμενοι με αναιμία	100 mg/day	80 μέρες	Βελτίωση απόδοσης, μείωση καρδιακού ρυθμού και συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα.	Gardner et al., 1975
Θεικός σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	22 αθλητές πετοσφαίρισης	325 mg/day	11 εβδομάδες	Τα οφέλη δε διαρκούν αν διακοπεί η αγωγή για 18 εβδομάδες.	Mielgo-Ayuso et al., 2018
Θεικός σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	14 δρομείς με έλλειψη σιδήρου	975 mg/d	4 εβδομάδες	Βελτίωση απόδοσης. Δε μεταβλήθηκε κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακού ρυθμού.	Rowland et al., 1988
Στοιχειακός σίδηρος	Τυχαιοποιημένη, crossover	37 γυναίκες ασκούμενες με έλλειψη σιδήρου	3 δόσεις των 45 (135 mg/day)	8 εβδομάδες	Σημαντική μείωση υποδοχέα τρανσφερίνης, σημαντική αύξηση φερριτίνης, πρόληψη πτώσης αιμοσφαιρίνης.	Zhu & Haas, 1998

1.10. Συμπεράσματα

Για τη μελέτη των συμπληρωμάτων σιδήρου συμπεριλήφθηκαν 32 έρευνες, σε χρονικό εύρος από το 1976 έως το 2019. Το συμπέρασμα που εξήχθη είναι ότι συμπληρώματα σιδήρου δε βελτιώνουν την αερόβια απόδοση αθλητών με τιμές φερριτίνης άνω των 20 ng/L, ωστόσο ενδέχεται να διαδραματίζουν ρόλο στην βελτίωση της απόδοσης όταν η φερριτίνη είναι κάτω από αυτό το όριο. (Rubeor et al., 2018). Σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που συμπεριλήφθηκε δεν υπάρχει κάποιο στοιχείο που να αποδεικνύει ότι η πρόσληψη περαιτέρω σιδήρου από την συνιστώμενη πρόσληψη βελτιώνει την απόδοση σε υγιείς αθλητές, που δεν πάσχουν από σιδηροπενία.

Επίσης, αναφέρεται ότι η πρόσληψη συμπληρωμάτων σιδήρου αμέσως μετά από άσκηση υψηλής έντασης δεν συστήνεται λόγω των αυξημένων επιπέδων εμιδίνης, η οποία παρεμβαίνει στην απορρόφηση σιδήρου (Thomas et al., 2016).

Από την άλλη, έρευνες σε αθλητές με έλλειψη σιδήρου έδειξαν πως μετά από χορήγησή του σε συμπλήρωμα υπήρξε βελτίωση στην απόδοσή τους καθώς και στα συμπτώματα που εμφανίζονται σε καταστάσεις σιδηροπενίας (Gardner et al., 1975; Telford et al., 2003; Hinton and Sinclair., 2006). Συμπερασματικά, φαίνεται πως η λήψη συμπληρωμάτων σιδήρου έχει θετικά αποτελέσματα σε άτομα τα οποία έχουν ανεπάρκεια σιδήρου και τα λαμβάνουν μέχρις ότου οι αποθήκες σιδήρου να φτάσουν τα φυσιολογικά όρια. Ωστόσο, η λήψη των συμπληρωμάτων για προληπτικό σκοπό δεν συστήνεται, αφού ελλοχεύει κίνδυνος τοξικότητας και αρνητικών επιδράσεων στο γαστρεντερικό σύστημα.

Απαραίτητη κρίνεται η διατροφική αξιολόγηση της πρόσληψης σιδήρου και κυρίως η βιοχημική απεικόνιση της κατάστασης σιδήρου στον οργανισμό, κυρίως βάση φερριτίνης και τρανσφερρίνης, ώστε να διαγνωστεί η ενδεχόμενη ύπαρξη σιδηροπενίας, προ της απόφασης χορήγησης συμπληρώματος. Δεδομένου του υψηλού επιπολασμού της συγκεκριμένης ανεπάρκειας, η αξιολόγηση αυτή είναι σημαντική για κάθε αθλητή, ιδιαιτέρως όμως σε γυναίκες αθλήτριες αναπαραγωγικής ηλικίας.

Τέλος, οι δοσολογίες και η χρονική περίοδος λήψης των συμπληρωμάτων έχουν πολύ μεγάλο εύρος στις έρευνες που συμπεριλήφθηκαν, με την ελάχιστη δόση να εντοπίζεται στα 30 mg ανά ημέρα, ενώ έχει αναφερθεί και δόση των 975 mg ανά ημέρα και η χρήση να γίνεται από 4 μέχρι και 12 εβδομάδες. Δεδομένου ότι το UL σιδήρου για ενήλικες είναι 45 mg/d, θα ήταν φρόνιμο η ημερήσια δοσολογία του συμπληρώματος να μην ξεπερνά αυτό το όριο, με εξαίρεση ορισμένες περιπτώσεις αθλητριών και εγκύων με αναιμία όπου πιθανόν να χρειαστεί μεγαλύτερη δόση.

Κεφάλαιο 2: Ασβέστιο

2.1. Εισαγωγή

Το ασβέστιο αποτελεί σημαντικό παράγοντα για πολλές μεταβολικές διεργασίες, που περιλαμβάνουν την υγεία των οστών (σε συνδυασμό με την βιταμίνη D), την συστολή των μυών και την νευρική αγωγιμότητα (Heffernan et al., 2019). Χαμηλή διατροφική πρόσληψη ασβεστίου συνδέεται συχνά με διαταραγμένη διατροφή και χαμηλή ενεργειακή διαθεσιμότητα σε αθλήτριες (αθλητική τριάδα), που οδηγεί σε κατάγματα, στρες και χαμηλή οστική πυκνότητα (Bytomski, 2018). Η κατάλληλη πρόσληψη ασβεστίου με ταυτόχρονη φυσική δραστηριότητα ικανοποιητικού επιπέδου, καθορίζει την κυριαρχία των διεργασιών των οστεοβλαστών έναντι των οστεοκλαστών. Αντίθετα, τα ανεπαρκή επίπεδα πρόσληψης προκαλούν διαταραχή στην ισορροπία ασβεστίου με αποτέλεσμα την αφαλάτωση των οστών και τη μείωση της οστικής πυκνότητας μακροπρόθεσμα (Bytomski, 2018; Heffernan et al., 2019). Αν και ο ρόλος του ασβεστίου στην υγεία των οστών είναι σημαντικός και οι χαμηλές διαιτητικές προσλήψεις ασβεστίου μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στην οστική υγεία, φαίνεται ότι οι υψηλές προσλήψεις δεν διεγείρουν περαιτέρω την οστική ανάπτυξη (Burke, 2007).

2.2. Βιταμίνη D

Εκτός από την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, πρέπει να αναφερθεί ότι η οστική πυκνότητα επηρεάζεται επίσης από τη βιοδιαθεσιμότητα ασβεστίου και την ενδογενή σύνθεση βιταμίνης D στο ανθρώπινο δέρμα. Η βιταμίνη D αποτελεί την ορμόνη που απορροφά το ασβέστιο στον ανθρώπινο οργανισμό, εξαρτάται από την ηλιοφάνεια στο δέρμα και υπάρχει κυρίως σε ζωικές τροφές αλλά και σε ορισμένα δημητριακά. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η βιταμίνη D συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου κατάγματος των οστών και έχει θετική επίδραση στην πρόληψη και στην αποκατάσταση τραυματισμών (Halliday et al., 2011; Larson-Meyer & Willis, 2010; Ruohola et al., 2006). Οι συστάσεις αναφέρουν περίπου 400 IU, ενώ η έλλειψή της μπορεί να προκαλέσει εύθραυστα οστά (Ross et al., 2011). Συγκεκριμένα, η ανεπάρκεια βιταμίνης D μπορεί να προκαλέσει ραχίτιδα σε παιδιά (Wallace & Ballard, 2002) και οστεομαλακία σε ενήλικες. Αντίθετα, η υπερβολική πρόσληψη μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα κακής διάθεσης, έλλειψης ενέργειας, πνευματικής σύγχυσης και αρρυθμίες (Bytomski, 2018). Είναι

συνεπώς λογικό, κατά την αξιολόγηση της πρόσληψης και κατάστασης ασβεστίου σε έναν αθλητή, να λαμβάνεται υπ'όψη και η βιταμίνη D, καθώς αποτελεί μία ισχυρά αλληλένδετη παράμετρο.

2.3. Ο Ρόλος του Ασβεστίου στον μεταβολισμό

Το ασβέστιο διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη σκελετική ανοργανοποίηση, καθώς και σε ένα ευρύ φάσμα βιολογικών λειτουργιών και αποτελεί ένα βασικό στοιχείο που διατίθεται στο σώμα μόνο μέσω διατροφικών πηγών (Mountjoy et al., 2014). Η απαίτηση για ασβέστιο εξαρτάται από την κατάσταση του μεταβολισμού του ασβεστίου, η οποία ρυθμίζεται από τρεις κύριους μηχανισμούς: εντερική απορρόφηση, νεφρική επαναρρόφηση και μεταβολισμό των οστών (Peacock, 2010).

Η περιεκτικότητα του ανθρώπινου οργανισμού σε ασβέστιο είναι 1-2 kg με το 99% να βρίσκεται στο σκελετό και το υπόλοιπο στο κυτταρόπλασμα και στο εξωκυττάριο υγρό (Sale & Sale, 2019). Το ασβέστιο που υπάρχει στον σκελετό απαντάται ως σύμπλοκα φωσφορικού ασβεστίου, τα οποία είναι υπεύθυνα για πολλές από τις υλικές ιδιότητες του οστού, ιδίως για την σκελετική ανοργανοποίηση. Συγκεκριμένα, το ασβέστιο είναι υπεύθυνο για δύο κύριους σκοπούς στα οστά: παρέχει σκελετική αντοχή και παράλληλα ένα δυναμικό αποθεματικό για τη διατήρηση των ενδοκυττάρων και εξωκυττάρων συλλογών ασβεστίου (Peacock, 2010).

Αντίθετα, το μη οστικό ασβέστιο αποτελεί <1% του συνολικού ασβεστίου του σώματος (~10 g σε ενήλικα). Συνδέεται με μια ποικιλία πρωτεϊνών και ανιόντων τόσο στις εξωκυτταρικές όσο και στις ενδοκυτταρικές ομάδες και είναι υπεύθυνο για ένα ευρύ φάσμα βασικών λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της εξωκυτταρικής και ενδοκυτταρικής σηματοδότησης, της μετάδοσης των νευρικών παλμών και της συστολής των μυών. Οι κυριότερες πρωτεΐνες δέσμευσης ασβεστίου περιλαμβάνουν την αλβουμίνη και τη σφαιρίνη στον ορό και την καλμοδουλίνη και άλλες πρωτεΐνες δέσμευσης ασβεστίου στο κύτταρο (Peacock, 2010).

Η ισορροπία των οστών αποτελεί μια ευμετάβλητη διαδικασία που διαφοροποιείται σε όλη τη διάρκεια της κανονικής διάρκειας ζωής, ανάλογα με τα σχετικά ποσοστά σχηματισμού οστών και απορρόφησης. Τα παιδιά βρίσκονται σε θετική ισορροπία των οστών (σχηματισμός > επαναρρόφηση), η οποία εξασφαλίζει υγιή σκελετική ανάπτυξη. Οι υγιείς νεαροί ενήλικες βρίσκονται σε ουδέτερη ισορροπία των οστών (σχηματισμός =

απορρόφηση) και έχουν επιτύχει μέγιστη οστική μάζα. Τα ηλικιωμένα άτομα είναι συνήθως σε αρνητική ισορροπία των οστών (σχηματισμός < επαναρρόφηση), η οποία οδηγεί σε απώλεια οστού που σχετίζεται με την ηλικία (Nikander et al., 2010).

Η ισορροπία του ασβεστίου αναφέρεται στην κατάσταση των αποθεμάτων του ασβεστίου στο σώμα για κάποια ορισμένη χρονική περίοδο. Η ισορροπία προκύπτει από την επίδραση της εντερικής απορρόφησης και της απέκκρισης του νεφρού, του εντέρου και του ιδρωτοποιού αδένα στο ασβέστιο των οστών (Peacock, 2010). Η καλσιτριόλη, η παραθορμόνη και η αυξητική ορμόνη βοηθούν την απορρόφηση ασβεστίου, ενώ η κορτιζόλη και η θυροξίνη αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες απορρόφησης ασβεστίου. Επιπρόσθετα, το νάτριο αυξάνει την απόκριση ασβεστίου, η καφεΐνη μειώνει την απορρόφηση του από τα νεφρά και το αλκοόλ σχετίζεται με την εμφάνιση καταγμάτων στην 3^η ηλικία (Hellenstein, 1999).

Η λήψη ασβεστίου, μέσω της διατροφής, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ισορροπία του ασβεστίου, ιδιαίτερα κατά την εφηβεία, την περίοδο μέγιστης αύξησης της οστικής μάζας. Η συμπλήρωση ασβεστίου στη διατροφή των ηλικιωμένων προλαμβάνει την οστική απώλεια που σχετίζεται με την ηλικία και μπορεί να αποτελέσει θεραπεία για την πρόληψη της σχετιζόμενης με την ηλικία οστεοπόρωσης (Peacock, 2010).

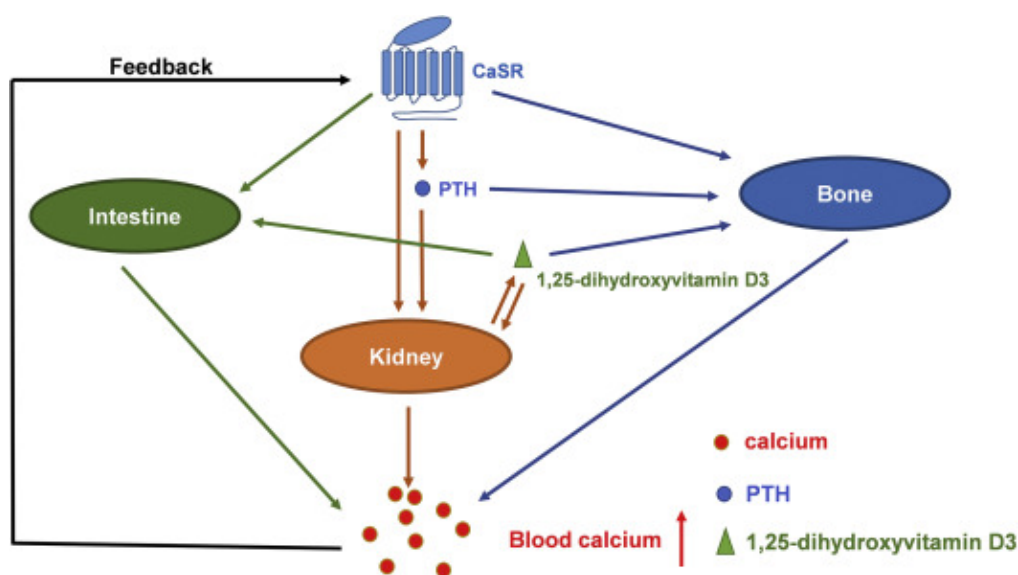
2.4. Ομοίσταση Ασβεστίου

Η διατήρηση των επιπέδων του ασβεστίου εντός του φυσιολογικού εύρους είναι ζωτικής σημασίας για τη φυσιολογική λειτουργία του σώματος και επιτελείται μέσω του ενδοκρινικού συστήματος. Σημαντικό ρόλο για την ισορροπία του ασβεστίου κατέχουν οι μεταβολίτες της βιταμίνης D, κυρίως η καλσιτριόλη και η PTH. Πιο συγκεκριμένα, η συνολική συγκέντρωση ασβεστίου στον ορό ρυθμίζεται ώστε να παραμείνει μεταξύ 8,5 και 10,5 mg/dL (2,12 και 2,62 mmol/L). Σε περίπτωση απόκλισης, ο υποδοχέας ασβεστίου του παραθυροειδούς αδένα εκκρίνει την PTH, η οποία λειτουργεί ως αισθητήρας ασβεστίου και εκείνη με τη σειρά της διεγείρει το νεφρό για να παράγει καλσιτριόλη και για να ενεργοποιήσει την απορρόφηση των οστών, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων του ασβεστίου στο αίμα (Ross et al., 2011). Στη συνέχεια, ο αντίθετος μηχανισμός προκαλεί την απενεργοποίηση του υποδοχέα ανίχνευσης ασβεστίου και την έκκριση PTH. Σε περίπτωση υπέρβασης των επιπέδων ασβεστίου στον ορό, τα κύτταρα του θυροειδούς αδένα εκκρίνουν καλσιτονίνη που εμποδίζει την απορρόφηση του

ασβεστίου των οστών, διατηρώντας έτσι τα επίπεδα ασβεστίου στον ορό στο φυσιολογικό εύρος. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι υψηλά επίπεδα της PTH έχουν συσχετιστεί με σημαντικές μυϊκές βλάβες (Visser et al., 2003).

Το ασβέστιο απεκκρίνεται από το σώμα κυρίως από τα ούρα και τα κόπρανα, αλλά και από άλλους ιστούς και υγρά του σώματος, όπως ο ιδρώτας. Συνολικά, μια τυπική ημερήσια απώλεια ασβεστίου για έναν υγιή ενήλικα άνδρα ή γυναίκα μέσω νεφρικής απέκκρισης είναι 5 mmol/ημέρα (Weaver and Heaney, 2006).

Σχήμα 2-1: Ομοιόσταση ασβεστίου στον ανθρώπινο οργανισμό.



(Pu et al., 2016)

2.5. Συστάσεις για πρόσληψη ασβεστίου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συστάσεις DRIs για γενικό, υγιή πληθυσμό. Για το ασβέστιο αναφέρονται οι τιμές EAR και RDA, ενώ τιμές UL δεν έχουν οριστεί (Ross et al., 2011).

Πίνακας 2-1: Τιμές DRI Ασβεστίου.

Πληθυσμιακή ομάδα	EAR (mg)	RDA (mg)
Άνδρες		
14-18 ετών	1100	1300
19-70 ετών	800	1000
> 70 ετών	1000	1200

Γυναίκες		
14-18 ετών	1100	1300
19-50 ετών	800	1000
50-70 ετών	1000	1200
> 70 ετών	1000	1200
Κύηση		
14-18 ετών	1100	1300
19-50 ετών	800	1000
Γαλουχία		
14-18 ετών	1100	1300
19-50 ετών	800	1000

(Ross et al., 2011)

Η IOC συστήνει μέχρι 1500 mg ασβεστίου ημερησίως σε συνδυασμό με 1500 – 2000 IU βιταμίνης D για την βελτιστοποίηση της υγείας των οστών σε αθλητές υψηλού κινδύνου (Mountjoy et al., 2014). Με βάση τις συστάσεις για την πρόσληψη ασβεστίου στον γενικό πληθυσμό, οι απαιτήσεις σε ασβέστιο αυξάνονται κατά τη διάρκεια περιόδων ανάπτυξης, όπως επίσης και κατά την εγκυμοσύνη και τον θηλασμό. Αύξηση στην πρόσληψη ασβεστίου συστήνεται επίσης και για τις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση, καθώς απαιτείται υψηλότερη πρόσληψη ασβεστίου για την διατήρηση του ισοζυγίου του ασβεστίου με χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων (Burke, 2007). Σε τέτοιες καταστάσεις αναφέρονται προσλήψεις της τάξης των 1200mg ημερησίως (Ross et al., 2011).

Αντίστοιχα, για την βιταμίνη D προτείνονται [20 ng/ml ([50 nmol/L) ως επαρκής ποσότητα, 1 ενώ, συνιστάται πρόσληψη 30 ng/ml για σταθερές συγκεντρώσεις παραθυρεοειδούς ορμόνης και μέγιστη γαστρεντερική απορρόφηση ασβεστίου. Συγκεντρώσεις 100 ng/ml (250 nmol/L) μπορεί να συμβάλουν στην τοξικότητα (Munns et al., 2016).

Όσον αφορά την ‘καθημερινή’ βιταμίνη D, η ESC συνιστά 600-1000 IU με ανώτατο όριο 4000 IU και 1500-2000 IU με ανώτατο όριο 10.000 IU, αντίστοιχα, για τη διατήρηση υγιών συγκεντρώσεων ορού 25 (OH) D σε εφήβους και ενήλικες ηλικίας 19–70 χρονών, η ESC (Holick et al., 2011).

Η παρούσα μέση πρόσληψη ασβεστίου είναι σημαντικά χαμηλότερη από τα συνιστώμενα επίπεδα πρόσληψης στον γενικό πληθυσμό των Η.Π.Α. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι η μέση πρόσληψη ασβεστίου αποτελεί το 35–40% των συνιστώμενων τιμών (Karppanen et al., 2005). Επιπρόσθετα, διάφορες μελέτες έδειξαν ότι η πρόσληψη ασβεστίου στη διατροφή ανθρώπων που αθλούνται δεν είναι επαρκής. Συγκεκριμένα, έρευνα που διεξήχθη σε 51 άνδρες αθλητές έδειξε ότι το 85% των εξεταζόμενων δρομέων δεν πληρούσαν μια φυσιολογική ημερήσια κατανάλωση ασβεστίου (Barrack et al., 2017).

Ο μεταβολισμός του ασβεστίου έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις γυναίκες αθλήτριες, καθώς φαίνεται ότι υπάρχει συσχετισμός μεταξύ της χαμηλής οστικής πυκνότητας και του κινδύνου καταγμάτων κατά τη διάρκεια μηχανικής καταπόνησης σε διάφορα αθλήματα. Οι αθλήτριες συχνά αντιμετωπίζουν διαταραχές στη φυσιολογική λειτουργία του έμμηνου κύκλου. Παράλληλα, υπάρχει μια περίπλοκη σχέση μεταξύ των επιπέδων κάποιων ορμονών και στην οστική υγεία. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι τέτοια προβλήματα παρουσιάζονται με μεγαλύτερη συχνότητα στις γυναίκες αθλήτριες από ότι στο γενικό πληθυσμό και ότι οι αθλήτριες σε αθλήματα στα οποία το σωματικό βάρος θεωρείται σημαντικό για την απόδοση έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης τέτοιας διαταραχής (Burke, 2007).

2.6. Οφέλη αύξησης πρόσληψης ασβεστίου

Υπάρχουν αρκετές μελέτες στη βιβλιογραφία που έχουν ασχοληθεί με τα συμπληρώματα ασβεστίου και βιταμίνης D σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες, ενώ έμφαση έχει δοθεί σε ομάδες που παρουσιάζουν είτε έλλειψη, είτε οστική έκπτωση, όπως οι ηλικιωμένοι και οι γυναίκες.

Ο Barry και οι συνεργάτες του εξέτασαν την επίδραση συμπληρώματος ασβεστίου πριν και κατά τη διάρκεια άσκησης σε στατικό ποδήλατο. Είκοσι άντρες αθλητές αντοχής ολοκλήρωσαν μια δοκιμασία ποδηλασίας 35 χιλιομέτρων υπό τρεις διαφορετικές συνθήκες. Η πρώτη συνθήκη περιλάμβανε 1000 mg ασβεστίου 20 λεπτά πριν και ένα εικονικό φάρμακο (placebo) κατά τη διάρκεια της άσκησης, η δεύτερη εικονικό σκεύασμα πριν και 250 mg ασβεστίου κάθε 15 λεπτά κατά τη διάρκεια της άσκησης και τέλος η τρίτη, εικονικό σκεύασμα πριν και κατά τη διάρκεια άσκησης. Η απορρόφηση 1000 mg ασβεστίου εμφάνισε εξασθενημένη απόκριση παραθυρεοειδούς ορμόνης κατά την επόμενη περίοδο άσκησης. Επίσης, υπήρξε μειωμένη απόκριση της παραθυρεοειδούς

ορμόνης όταν χορηγήθηκε ασβέστιο κατά τη διάρκεια της άσκησης, χωρίς ωστόσο να υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Μετά από αυτήν την έρευνα, άλλοι επιστήμονες έδειξαν επίσης ότι η κατανάλωση ασβεστίου πριν από την άσκηση, αυτή τη φορά με τη μορφή γεύματος με υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο (~ 1350 mg), οδήγησε σε εξασθενημένη απόκριση τόσο της παραθυρεοειδούς ορμόνης όσο και της απορρόφησης των οστών (εκτιμήθηκε μέσω συγκεντρώσεων β-CTX) σε περίοδο ποδηλασίας 90 λεπτών σε γυναίκες ποδηλάτες. Αν και αυτά τα αποτελέσματα προτείνουν ότι η κατανάλωση / συμπλήρωση ασβεστίου πριν από την άσκηση μπορεί να αντιπροσωπεύει μια βέλτιστη στρατηγική για την πρόληψη των οστών κατά τη διάρκεια της άσκησης, οι χρόνιες επιπτώσεις αυτής της διατροφικής στρατηγικής δεν έχουν ακόμη ερευνηθεί. (Barry et al., 2011)

Επιπρόσθετα, στην βιβλιογραφία αναφέρονται μελέτες που εξέτασαν την άμεση επίδραση συμπληρωμάτων ασβεστίου τα οποία οι αθλητές έλαβαν κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης. Ο Guillemant και οι συνεργάτες του (2004) χρησιμοποίησαν 12 ελίτ αθλητές τριάθλου, οι οποίοι ποδηλάτισαν για 60 λεπτά στο 80% της VO₂max. Η δοκιμασία διεξήχθη δύο φορές, την πρώτη χωρίς την λήψη κάποιου συμπληρώματος και την δεύτερη οι αθλητές έλαβαν 972 mg ασβεστίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η οστεοκλαστική δραστηριότητα που προκαλείται έντονα από μια άσκηση ποδηλασίας αντοχής μπορεί να κατασταλεί από την προηγούμενη πρόσληψη ασβεστίου (Guillemant et al., 2004). Αντίστοιχα, άλλοι συγγραφείς αναφέρουν ότι συμπλήρωμα ασβεστίου 1352 ± 53 mg ελαττώνει την αύξηση των δεικτών της απορρόφησης των οστών που προκαλείται από την άσκηση (Haakonssen et al., 2015). Στην προαναφερθείσα έρευνα έλαβαν μέρος 32 ελίτ αθλήτριες ποδηλασίας, οι οποίες ποδηλάτισαν 2 φορές από 90 λεπτά με και χωρίς τη λήψη συμπληρωμάτων.

Σε ακόμα μια μελέτη ο Martin και οι συνεργάτες του διερεύνησαν την επίδραση 800 mg ασβεστίου σε 26 προ-εμμηνοπαυσιακές αθλήτριες. Οι δοκιμαζόμενες πέρασαν από τρεις φάσεις 8 ημερών η κάθε μία: Η πρώτη περιελάμβανε εικονικό φάρμακο και άσκηση, η δεύτερη εικονικό φάρμακο και απουσία άσκησης και κατά την τρίτη φάση έλαβαν συμπλήρωμα ασβεστίου 800 mg και στην ίδια χρονική περίοδο έκαναν άσκηση. Οι ερευνητές βρήκαν ότι το συμπλήρωμα ασβεστίου απέτρεψε το αρνητικό ισοζύγιο ασβεστίου και τις δερματικές απώλειες κατά την άσκηση (Martin et al., 2007). Αντίθετα με τα παραπάνω ευρήματα, ο Zorbas και οι συνεργάτες του, επισημαίνουν ότι

συμπλήρωμα ασβεστίου 35 mg/kg δεν ισοσκελίζει το αρνητικό ισοζύγιο. Στην τυχαίοποιημένη μελέτη τους χρησιμοποίησαν 40 αθλητές τους οποίους υπέβαλαν σε 30 μέρες υποκινητικότητα. Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι η άσκηση συμβάλλει καταλυτικά στο ισοζύγιο ασβεστίου (Zorbas et al., 2000).

Ο Cinar και οι συνεργάτες του διεξήγαγαν μια τυχαίοποιημένη μελέτη με στόχο την διερεύνηση της επίδρασης των συμπληρωμάτων ασβεστίου σε αιματολογικούς δείκτες. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν 30 υγιείς αθλητές οι οποίοι έλαβαν συμπλήρωμα ασβεστίου 35 mg / ανά κιλό σωματικού βάρους για το χρονικό διάστημα των τεσσάρων εβδομάδων. Οι ερευνητές βρήκαν αύξηση των λευκών και ερυθρών αιμοσφαιρίων μετά την άσκηση, ενώ οι άλλοι αιματολογικοί δείκτες παρέμειναν αμετάβλητοι (Cinar et al., 2010).

Η βιβλιογραφία αναφέρει αρκετές μελέτες που διερεύνησαν την επίδραση των συμπληρωμάτων ασβεστίου, για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στην οστική πυκνότητα. Ο Stear και οι συνεργάτες (2003) αναφέρουν ότι πρόσληψη συμπληρώματος 1000mg ασβεστίου είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της οστικής πυκνότητας σε έφηβες ασκούμενες. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 144 αθλούμενες, οι οποίες έλαβαν 500 mg ασβεστίου 2 φορές καθημερινά, για 25 εβδομάδες (Stear et al., 2003). Ακόμα, εμφανίστηκε αύξηση της οστικής πυκνότητας, σε αθλήτριες χορού, με πρόσληψη ασβεστίου 1300 mg ημερησίως (Yannakoulia et al., 2004), ενώ παρόμοια αύξηση παρατηρήθηκε σε αθλήτριες αντοχής με ημερήσια πρόσληψη ασβεστίου 1000 mg (Winters-Stone & Snow, 2004). Στην παραπάνω μελέτη 23 αθλήτριες αντοχής έλαβαν συμπλήρωμα ασβεστίου 1000 mg για 12 μήνες και οι ερευνητές αναφέρουν ότι η επίδρασή του ήταν προληπτική όσον αφορά την απώλεια όγκου του μηριαίου οστού (Winters-Stone and Snow, 2004). Τέλος, σε μελέτη με αθλήτριες ποδοσφαίρισης, καλαθοσφαίρισης και δρομείς μεγάλων αποστάσεων με αμνηόρροια φάνηκε αύξηση της οστικής πυκνότητας του ισχίου κατά 0,8%. Τα συμπληρώματα που χορηγήθηκαν περιείχαν 1000mg ασβέστιο και 400 UI βιταμίνη D και η μέθοδος μέτρησης ήταν η απορρόφηση ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA) (Escott–Stump & Mahan, 2000).

Σε μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, ο Latham και συνεργάτες του μελέτησαν την επίδραση συμπληρωμάτων βιταμίνης D σε ηλικιωμένους. Συμπεριέλαβαν 13 μελέτες, με συνολικά 2496 συμμετέχοντες και ανέφεραν ότι η βιταμίνη D ορισμένες μόνο φορές σχετίζεται με την μυική απόδοση και τις πτώσεις που αποτελούν μάλιστα στην

3^η ηλικία. Ωστόσο, οι συγγραφείς αναφέρουν ότι οι περισσότερες μελέτες έδειξαν να έχουν μεθοδολογικά προβλήματα οπότε τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν (Latham et al., 2003). Αντίθετα, μια πιο πρόσφατη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και μετά-ανάλυση έδειξε ότι η προπόνηση αντιστάσεων και η χορήγηση συμπληρωμάτων βιταμίνης D βελτίωσαν την μυϊκή δύναμη σε ηλικιωμένους. Χρησιμοποιήθηκαν 7 έρευνες και 1 από αυτές συμπεριλήφθηκε στην μετά-ανάλυση (Antoniak and Greig, 2017).

Τέλος, Ο Silk και οι συνεργάτες του διεξήγαγε μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και μετά-ανάλυση που αφορούσε την επίδραση του ασβεστίου και της βιταμίνης D στην οστική πυκνότητα σε υγιείς ενήλικες άνδρες. Οι συγγραφείς συμπεριέλαβαν 9 μελέτες με 867 συμμετέχοντες συνολικά και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν περιορισμένα αποδεικτικά στοιχεία που ενισχύουν την χρήση του ασβεστίου και της βιταμίνης D για την βελτίωση της οστικής πυκνότητας σε υγιείς ενήλικες άνδρες (Silk et al., 2015). Τα παραπάνω ευρήματα έρχεται να ενισχύσει ακόμα μια συστηματική ανασκόπηση από τον Sivakumar και συνεργατών το όπου το δείγμα αποτελούνταν από προσωπικό των ενόπλων δυνάμεων. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι οι θετικές επιπτώσεις της βιταμίνης D γίνονται πιο έντονες όταν το συμπλήρωμα συνδυάζεται με ασβέστιο (Sivakumar et al., 2019).

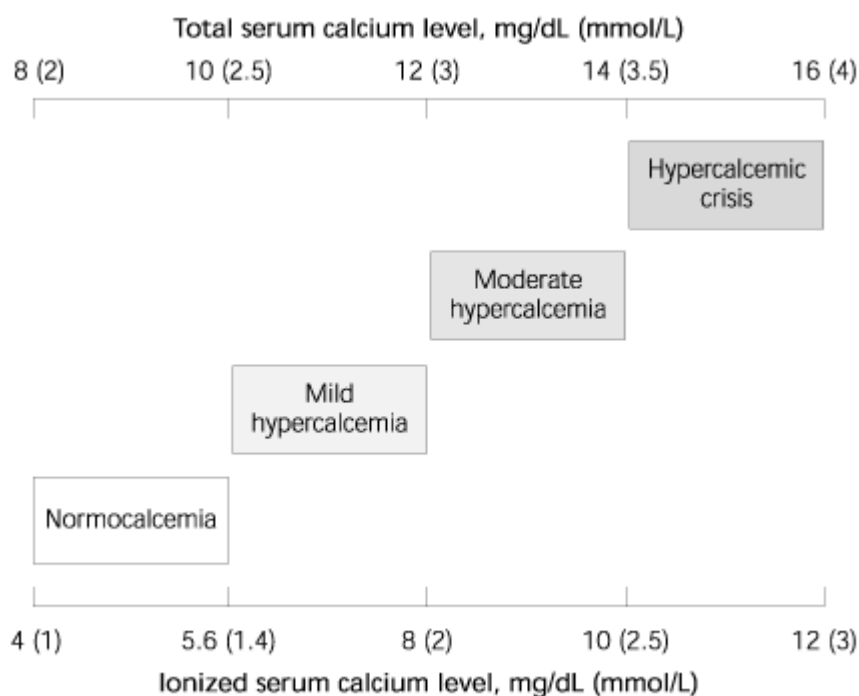
2.7. Υπερασβεστιαμία

Η υπερσβεστιαμία και η υποσβεστιαμία αποτελούν κλινική ορολογία και αναφέρονται σε ασυνήθιστα χαμηλές ή υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου στον ορό. Η υπερσβεστιαμία είναι ένα συνηθισμένο κλινικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συχνά στην ιατρική πρακτική. Οι πιθανές αιτίες της υπερσβεστιαμίας είναι εκτεταμένες ωστόσο, ο πρωτογενής υπερπαραθυρεοειδισμός και η υπερσβεστιαμία που σχετίζεται με κακοήθεια, αντιπροσωπεύουν τη συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων (Maier & Levine, 2015). Η καλσιτονίνη αποτελεί την ορμόνη που είναι υπεύθυνη για την ρύθμιση της υπερσβεστιαμίας μέσω της αναστολής της απελευθέρωσης ασβεστίου από τα οστά και ενδεχόμενη έλλειψή της μπορεί να οδηγήσει σε κατάγματα λόγω οστεοπόρωσης (Carpelli et al., 2004). Οι περισσότεροι ασθενείς έχουν σχετικά ήπια έως μέτρια υπερσβεστιαμία που δεν απαιτεί εισαγωγή στο νοσοκομείο και σπάνια θα χρειαστούν θεραπεία σε μονάδα εντατικής θεραπείας. Ωστόσο, όταν είναι σοβαρή, η υπερσβεστιαμία μπορεί να αποτελέσει απειλή για τη ζωή. Επίπεδα ασβεστίου στον ορό

που υπερβαίνουν τα 13 mg / dL μπορούν να εμφανιστούν σε άτομα με πρωτοπαθή υπερπαραθυρεοειδισμό (Maier & Levine, 2015). Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι θα χρειαζόταν χρόνια πολύ υψηλών δόσεων βιταμίνης D για την πρόκληση τοξικότητας και υπερασβεστιαμίας σε υγιή πληθυσμό (Holick et al., 2011).

Η υπερασβεστιαμία και η υποσβεστιαμία αποτελούν σοβαρές διαταραχές της ομοιόστασης του ασβεστίου, ωστόσο δεν αντανακλούν από μόνες τους την ισορροπία του ασβεστίου. Η παραθορμόνη αποτελεί την ορμόνη που είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνη για την παρεμπόδιση της υποσβεστιαμίας, μέσω της αύξησης της οστικής και της εντερικής απορρόφησης ασβεστίου και της μείωσης της απέκκρισης ασβεστίου από τα ούρα. Η κλινική αξιολόγηση περιλαμβάνει τα κύρια όργανα που είναι υπεύθυνα για τη διακοπή της ομοιόστασης του ασβεστίου, με πιθανή εμπλοκή περισσότερων από έναν μηχανισμών (Peacock, 2010).

Σχήμα 2-2: Τα στάδια της υπερασβεστιαμίας.



(Carroll & Schade, 2003)

2.8. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής

Η αξιολόγηση της ποσότητας ασβεστίου στον οργανισμό γίνεται μέσω του ασβεστίου των ούρων, κατά την πρώτη πρωινή ούρηση (Weaver, 1990; Larson-Meyer et al., 2017). Έχει αναφερθεί ότι η χρήση διουρητικών μπορεί να προκαλέσει αυξημένες απώλειες ασβεστίου με αποτέλεσμα την αύξηση των συστάσεων για πρόσληψη ασβεστίου, όταν υπάρχει ανάγκη για χρήση διουρητικών (Larson-meyer et al., 2017). Η φυσική εκδήλωση συμπτωμάτων έλλειψης ασβεστίου είναι σπάνια, καθώς το ασβέστιο του ορού είναι καλά ρυθμιζόμενο. Ωστόσο, η χρόνια έλλειψη ασβεστίου σχετίζεται με χαμηλή οστική πυκνότητα, υπέρταση, μειωμένη μυϊκή ενεργοποίηση και μυϊκές κράμπες (Larson-meyer et al., 2017). Έχει αναφερθεί ακόμη ότι η διαιτητική πρόσληψη ασβεστίου γυναικών αθλητριών είναι σημαντικά χαμηλότερη από τις συστάσεις ενώ, ο περιορισμός της ενεργειακής πρόσληψης θεωρείται ο βασικός παράγοντας για την ανεπαρκή πρόσληψη ασβεστίου (Burke, 2007).

Οι διατροφικές πηγές ασβεστίου περιλαμβάνουν τα γαλακτοκομικά προϊόντα, το λάχανο, τα γογγύλια, το γάλα σόγιας, το γάλα αμυγδάλου και τα εμπλουτισμένα με ασβέστιο τρόφιμα όπως ενισχυμένους φυσικούς χυμούς (Burke, 2007).

2.9. Πρωτόκολλα χορήγησης

Τα μοντέλα δοσολογίας που παρουσιάστηκαν σε μελέτες αναφέρονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2-2: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων ασβεστίου.

Συμπλήρωμα	Είδος Μελέτης	Δείγμα	Δόση	Χρονικό Διάστημα	Αποτελέσματα	Βιβλιογραφία
Γλυκονικό ασβέστιο	Τυχαίοποιημένη, crossover	30 υγιείς αθλήτριες	35 mg/kg	4 εβδομάδες	Αύξηση λευκών και ερυθρών αιμοσφαιρίων μετά την άσκηση, αμετάβλητα όμως στις αιματολογικές.	Cinar et al., 2010
Ανθρακικό ασβέστιο	Τυχαίοποιημένη, crossover, με εικονικό φάρμακο	144 έφηβες ασκούμενες	500 mg, 2 φορές την ημέρα	25 εβδομάδες	Αύξηση οστικής πυκνότητας.	Stear et al., 2003

Ανθρακικό ασβέστιο	Τυχαιοποιημένη, crossover, με εικονικό φάρμακο	23 αθλήτριες αντοχής	1000 mg	1 χρόνος	Πρόληψη απώλειας όγκου μηριαίου οστού.	Winters-Stone & Snow, 2004
Ανθρακικό ασβέστιο	Τυχαιοποιημένη, crossover	26 προεμμηνοπαυσιακές αθλήτριες	800 mg	3 φάσεις 8 ημερών	Αποτροπή αρνητικού ισοζυγίου ασβεστίου και αποτροπή δερματικών απωλειών κατά την άσκηση.	Martin et al., 2007
Στοιχειακό ασβέστιο	Τυχαιοποιημένη, crossover	40 αθλητές	35 mg/kg	30 ημέρες υποκινητικότητας	Δεν ισοσκελίστηκε το αρνητικό ισοζύγιο ασβεστίου κατά την ακινησία.	Zorbas et al., 2000
Μεταλλικό νερό υψηλό σε ασβέστιο	Τυχαιοποιημένη	12 ελίτ αθλητές τρίαθλου	972 mg	2*60 λεπτά υπομέγιστης ποδηλασίας	Καταστολή της μεταπροπονητικής οστεοκλαστικής δραστηριότητας.	Guillemant et al., 2004
Από του στόματος ασβέστιο	Τυχαιοποιημένη, crossover	32 ελίτ αθλήτριες ποδηλασίας	1352 mg	2*90 λεπτά ποδηλασίας	Ελάτωση της αύξησης των δεικτών απορρόφησης των οστών που προκαλείται από την άσκηση.	Haakonssen et al., 2015

2.10. Συμπεράσματα

Κατά τη μελέτη του ασβεστίου και των συμπληρωμάτων του αναλύθηκαν 35 έρευνες, από τη χρονολογία 1999 έως 2019. Αν και το ασβέστιο είναι ζωτικής σημασίας για τη μυϊκή και καρδιαγγειακή λειτουργία, δεν υπάρχουν στοιχεία ότι τα συμπληρώματα ασβεστίου έχουν άμεση επίδραση στην αθλητική απόδοση (Heffernan et al., 2019 ; Burke, 2007). Ωστόσο, το συμπλήρωμα ασβεστίου σε στοματικές δόσεις μεταξύ 800 (άνω των 8 ημερών) έως 1352 mg (γεύμα πριν από την άσκηση) ή μέσω έγχυσης στα 156 mg (πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης), μπορεί να μειώσει την απώλεια ασβεστίου στον ορό μετά την άσκηση, ενώ χαμηλότερες δόσεις φαίνεται να μην έχουν αποτέλεσμα (Heffernan et al., 2019). Επιπρόσθετα, το συμπλήρωμα ασβεστίου μπορεί να μειώσει, την αύξηση που προκαλείται λόγω της άσκησης, στην PTH. Όπως προαναφέρθηκε, η μείωση της PTH θα μπορούσε να έχει ευεργετικές επιπτώσεις στη μυϊκή δύναμη (Visser et al., 2003). Παρ'όλα αυτά, προς το παρόν δεν υπάρχουν άμεσες ενδείξεις που να υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η συμπλήρωση ασβεστίου μπορεί να ενισχύσει την φυσιολογική ικανότητα των μυών, μέσω των δράσεων της PTH (Heffernan et al., 2019). Αξίζει να σημειωθεί, βέβαια ότι

έρευνες σε αθλήτριες, τόσο με μειωμένα επίπεδα ασβεστίου όσο και χωρίς αυτόν τον παράγοντα, έδειξαν ότι πιθανόν να ενισχυθεί η οστική πυκνότητά τους λαμβάνοντας συμπληρώματα ασβεστίου, σε συνδυασμό με την φυσική τους δραστηριότητα (Silk et al., 2015; Sivakumar et al., 2019; Stear et al., 2003; Winters-Stone & Sonw, 2004). Θετικό δείγμα επίσης ήταν η μείωση της μεταπροπονητικής οστεοκλαστικής δραστηριότητας (Guillemant et al., 2004), χρειάζεται όμως περαιτέρω διερεύνηση.

Όσον αφορά την βιταμίνη D, η βιβλιογραφία αναφέρει ότι επάρκεια βιταμίνης D δεν βελτιώνει σημαντικά την απόδοση (Farrokhyar et al., 2017). Σε μια πρόσφατη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και μετά-ανάλυση που χρησιμοποιήθηκαν συνολικά, 13 μελέτες με 532 αθλητές, φάνηκε ότι το συμπλήρωμα βιταμίνης D, σε αθλητές με διαγνωσμένη ανεπάρκεια, οδήγησε σε σημαντική αύξηση στα 3000 IU ή/και 5000 IU. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι και οι δύο δόσεις οδήγησαν σε επάρκεια βιταμίνης D κατά τους χειμερινούς μήνες. Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι παρά την επίτευξη επάρκειας βιταμίνης D δεν βελτιώθηκε άμεσα ή έμμεσα η απόδοση (Farrokhyar et al., 2017). Αρκετοί συγγραφείς αναφέρουν την έλλειψη ικανού αριθμού μελετών στην βιβλιογραφία για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά το ασβέστιο, την βιταμίνη D και την αθλητική απόδοση.

Κεφάλαιο 3: Κάλιο

3.1. Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι η ισορροπία καλίου-νατρίου επηρεάζει ποικιλοτρόπως τον ανθρώπινο οργανισμό. Έχει γίνει σαφές ότι η διατήρηση της αναλογίας καλίου:νατρίου σε χαμηλά επίπεδα είναι απαραίτητη για την εύρυθμη λειτουργία του μεταβολισμού. Ωστόσο, τα νέα Δυτικά πρότυπα διατροφής προάγουν την αύξηση αυτού του λόγου, οπότε η απορία σχετικά με τα ενδεχόμενα οφέλη της χορήγησης συμπληρώματος καλίου είναι εύλογη.

Προσφάτως διευκρινισμένοι μοριακοί μηχανισμοί της ομοιόστασης καλίου δείχνουν ότι η αύξηση της πρόσληψής του μπορεί να συμβάλλει στη μείωση του παγκόσμιου φορτίου υπέρτασης (McDonough & Youn, 2017). Αρκετές μελέτες αναφέρουν συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης καλίου και της μείωσης της αρτηριακής πίεσης σε ενήλικες, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου και στεφανιαίας νόσου. Ακόμη, ορισμένα στοιχεία επιδεικνύουν το προστατευτικό αποτέλεσμα επαρκούς διαιτητικού καλίου στη σχετιζόμενη με την ηλικία οστική απώλεια και στη μείωση των νεφρικών λίθων. Οι χαμηλές αναλογίες πρόσληψης καλίου προς νάτριο σχετίζονται στενότερα με τη μείωση κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων από ότι οποιοδήποτε άλλο συστατικό μεμονωμένα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κάλιο χαρακτηρίστηκε ως συχνό θρεπτικό έλλειμμα από τη Συμβουλευτική Επιτροπή Διατροφικών Οδηγιών για τους Αμερικανούς το 2010. (Weaver, 2013)

3.2. Μεταβολισμός και ομοιόσταση καλίου.

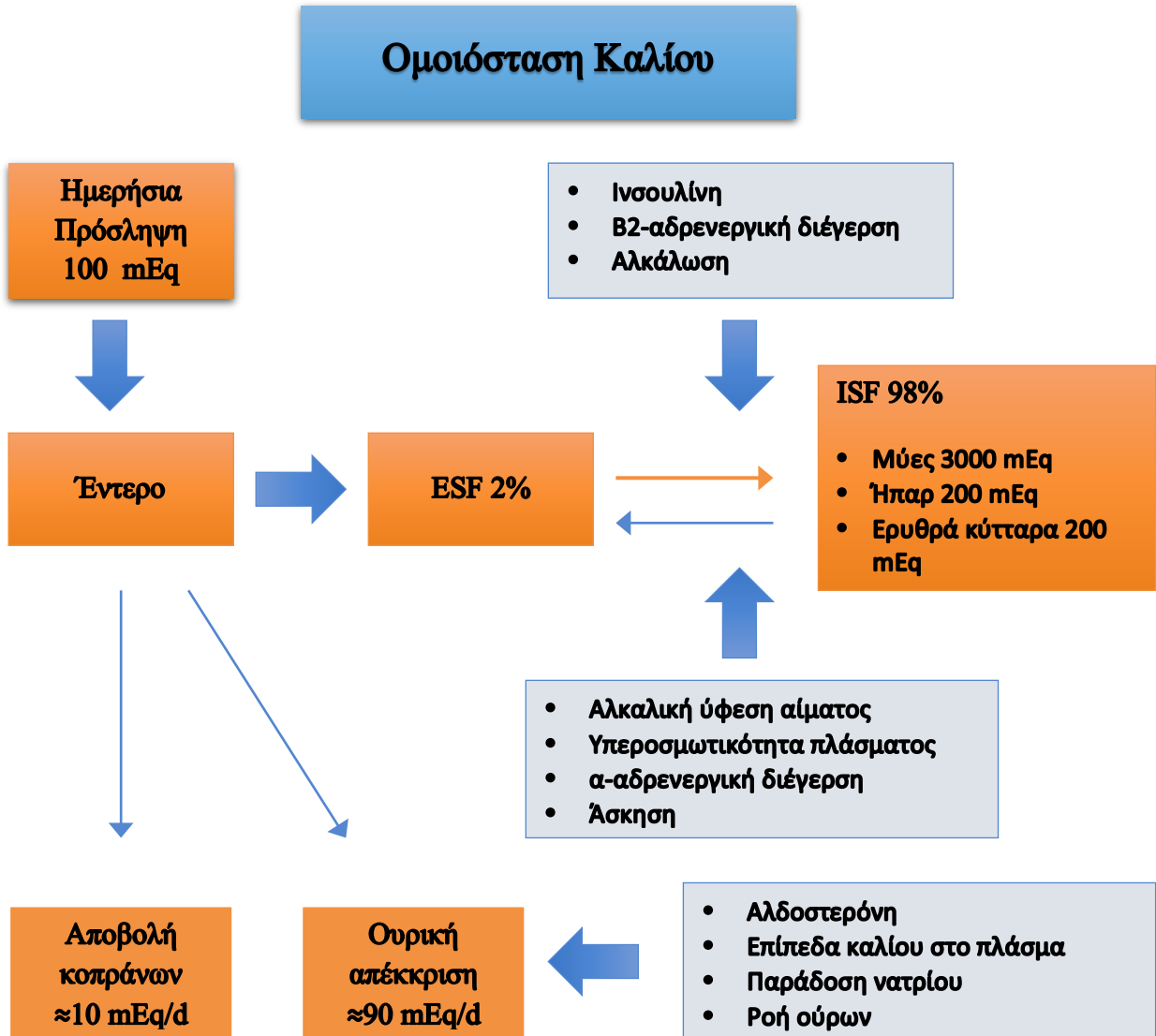
Το επίπεδο καλίου στο πλάσμα διατηρείται κανονικά εντός στενών ορίων (συνήθως 3,5 έως 5,0 mmol ανά λίτρο) από πολλούς μηχανισμούς που αποτελούν τη συλλογική ομοιόσταση καλίου. Αυτή η αυστηρή ρύθμιση είναι απαραίτητη για ένα ευρύ φάσμα ζωτικών φυσιολογικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένου του δυναμικού της κυτταρικής μεμβράνης ηρεμίας και της διάδοσης δυναμικού δράσης των νευρωνικών, μυϊκών και καρδιακών ιστών, την έκκριση και δράση ορμονών, τον αγγειακό τόνο, το συστηματικό έλεγχο της αρτηριακής πίεσης, τη γαστρεντερική κινητικότητα, την οξεοβασική ομοιόσταση, το μεταβολισμό γλυκόζης και ινσουλίνης, τη δράση σε κορτικοειδή, την ικανότητα συγκέντρωσης των νεφρών και την ισορροπία υγρών και ηλεκτρολυτών (Gumz et al., 2015; Kardalas et al., 2018).

Η σημασία της ομοιόστασης του καλίου υπογραμμίζεται από τη διαπίστωση ότι οι ασθενείς με υποκαλιαιμία ή υπερκαλιαιμία έχουν αυξημένα ποσοστά θνητότητας. Επιπλέον, οι διαταραχές της ομοιόστασης του καλίου έχουν συσχετιστεί με παθοφυσιολογικές διεργασίες, όπως εξέλιξη της καρδιακής και της νεφρικής νόσου και διάμεση ίνωση (Gumz et al., 2015; Palmer & Clegg, 2016).

Η ομοιόσταση του καλίου υποδηλώνει τη διατήρηση της συνολικής περιεκτικότητας σε κάλιο σώματος και των επιπέδων καλίου στο πλάσμα εντός στενών ορίων, ενόψει πιθανών μεγάλων διακυμάνσεων στη διαιτητική πρόσληψη καλίου. Περιλαμβάνει δύο ταυτόχρονες διαδικασίες – την εξωτερική και την εσωτερική. Πολλά στοιχεία υποστηρίζουν το ρόλο του κερκαδικού ρολογιού στην εξωτερική ομοιόσταση και κάποιες ενδείξεις δείχνουν έναν ρόλο στην εσωτερική ομοιόσταση (Gumz et al., 2015; Kardalas et al., 2018; Palmer & Clegg, 2016).

Η ανάγκη αυστηρής ρύθμισης του εξωκυτταρικού επιπέδου καλίου αποδεικνύεται από την πιθανότητα διαταραχών των επιπέδων καλίου κατά την κατανάλωση ενός κανονικού γεύματος. Ένας μέσος ενήλικας εμφανίζει κατά προσέγγιση επίπεδα 60 έως 80 mmol συνολικού εξωκυτταρικού καλίου και επίπεδα 20 έως 25 mmol συνολικού καλίου στο πλάσμα. Τα γεύματα μπορεί να περιέχουν περισσότερο κάλιο από τη συνολική περιεκτικότητα σε κάλιο στο πλάσμα, αλλά λόγω της ταχείας κάθαρσης από τους νεφρικούς και εξωνεφρικούς μηχανισμούς, οι μεταβολές στο επίπεδο καλίου στο πλάσμα κατά τη διάρκεια μιας ημέρας συνήθως δεν είναι μεγαλύτερες από 10%. Η απέκκριση του νεφρικού καλίου έχει κερκαδικό ρυθμό ανεξάρτητο από την πρόσληψη τροφής και ρυθμίζει άλλους μηχανισμούς που ελέγχουν την απέκκριση καλίου. Η ενεργή επαναπορρόφηση καλίου καθοδηγείται από μια αντλία πρωτονίων-καλίου. Η δραστηριότητα αυτής της αντλίας είναι ευαίσθητη στο pH και ενεργοποιείται από οξέωση, περιορισμό καλίου και μεταλλοκορτικοειδή. Η επίδραση των μεταλλοκορτικοειδών μπορεί να εξηγήσει την έλλειψη ουσιαστικής απώλειας καλίου στα νεφρά. Έτσι, τα μεταλλοκορτικοειδή μπορούν να ενισχύσουν την απορρόφηση ή την έκκριση καλίου ανάλογα με την ισορροπία καλίου (Gumz et al., 2015; Palmer & Clegg, 2016). Στο διάγραμμα παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία ομοιόστασης του καλίου (Kardalas et al., 2018).

Σχήμα 3-1: Ομοιόσταση καλίου στον ανθρώπινο οργανισμό.



(Kardalas et al., 2018)

3.3. Υποκαλιαιμία

Η υποκαλιαιμία χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις καλίου στον ορό (φυσιολογικό εύρος: 3,5-5,0 mEq/L). Η σοβαρή και απειλητική για τη ζωή υποκαλιαιμία ορίζεται όταν τα επίπεδα καλίου είναι <2,5 mEq/L. Σε πληθυσμούς εξωτερικών ασθενών που υποβάλλονται σε εργαστηριακές δοκιμές, η ήπια υποκαλιαιμία μπορεί να βρεθεί σε σχεδόν το 14%. Η σοβαρή υποκαλιαιμία είναι σχετικά ασυνήθιστη. Περίπου το 80% των ασθενών που λαμβάνουν διουρητικά γίνονται υποκαλιαιμικοί, ενώ πολλοί ασθενείς με υποκαλιαιμία θα μπορούσαν επίσης να έχουν συσχετισμένη συστηματική νόσο. Δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον επιπολασμό μεταξύ μεταξύ ανδρών και γυναικών. (Kardalas et al., 2018)

3.3.1. Βασικά αίτια υποκαλιαιμίας:

Απώλειες του γαστρεντερικού σωλήνα:

- Χρόνια διάρροια, συμπεριλαμβανομένης της χρόνιας κατάχρησης καθαρτικών και της εκτροπής του εντέρου.
- Κατάποση αργίλου (μπεντονίτης), ο οποίος δεσμεύει το κάλιο και μειώνει σημαντικά την απορρόφηση.
- Φλεβικό αδένωμα του παχέος εντέρου, το οποίο προκαλεί μαζική έκκριση καλίου (σπάνια).

Ενδοκυτταρική μετατόπιση:

- Γλυκογένεση κατά την ολική παρεντερική διατροφή ή εντερική υπερδιέγερση (διέγερση της απελευθέρωσης ινσουλίνης).
- Χορήγηση ινσουλίνης.
- Διέγερση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, ιδιαίτερα με β2-αγωνιστές (αλβουτερόλη, τερβουταλίνη).
- Θυρεοτοξίκωση (περιστασιακά) λόγω υπερβολικής βήτα-συμπαθητικής διέγερσης (υποκαλιαιμική θυρεοτοξική περιοδική παράλυση).
- Οικογενειακή περιοδική παράλυση.

Απώλειες νεφρικού καλίου:

- Περίσσεια στεροειδών επινεφριδίων (σύνδρομο Cushing).
- Πρωτογενής υπεραλδοστερονισμός.
- Σπάνιοι όγκοι που εκκρίνουν ρενίνη.
- Συγγενής υπερπλασία επινεφριδίων που μπορεί να αποκατασταθεί με γλυκοκορτικοειδή.
- Κατάποση ουσιών όπως η γλυκυρριζίνη.
- Σύνδρομο Bartter, σύνδρομο Gitelman, σύνδρομο Liddle.
- Νεφρική σωληναριακή οξέωση του συνδρόμου Fanconi.
- Υπομαγνησιαμία.

Φάρμακα:

- Θειαζίδες.
- Διουρητικά βρόχου.
- Ωσμωτικά διουρητικά.
- Καθαρτικά.
- Αμφοτερικίνη Β.
- Αντιψευδομοναδικές πενικιλίνες (καρβενικιλίνη).
- Πενικιλίνη σε υψηλές δόσεις.
- Θεοφυλλίνη (οξεία και χρόνια δηλητηρίαση).

(Kardalas et al., 2018)

Συνεπώς, εάν κάποιος αθλητής εμπίπτει σε μία ή περισσότερες από τις παραπάνω κατηγορίες αιτιολογιών, είναι συνετό να αξιολογηθεί στενά ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο υποκαλαιμίας, είτε με αυξημένη διαιτητική πρόσληψη καλίου είτε με τη λήψη του σε μορφή συμπληρώματος.

3.4. Υπερκαλιαιμία

Δεδομένου ότι το κάλιο πρέπει να διατηρείται εντός ενός πολύ στενού εύρους ώστε να αποφευχθεί ο οποιοσδήποτε κίνδυνος για την υγεία, μία εύλογη απορία είναι το κατά πόσο η χορήγηση συμπληρώματος καλίου θα μπορούσε να συντελέσει στην πρόκληση υπερκαλιαιμίας και γενικότερα να μην είναι ασφαλής.

Η υπερκαλιαιμία είναι μια δυνητικά απειλητική για τη ζωή κατάσταση στην οποία το κάλιο στον ορό υπερβαίνει τα 5,5 mmol/l (Lehnhardt & Kemper, 2011). Στην έκθεση DRIs του 2005 δεν δημιουργήθηκε UL για το κάλιο, δηλαδή ανώτατη ανεκτή τιμή. Οι πιθανοί δείκτες που εξετάστηκαν περιλάμβαναν γαστρεντερική δυσφορία από ορισμένες μορφές συμπληρωμάτων καλίου και αρρυθμίας από υπερκαλιαιμία. Τα διαθέσιμα στοιχεία έδειξαν ότι, σε γενικά υγιή άτομα, η περίσσεια καλίου απεκκρίνεται στα ούρα. Επειδή όμως μπορεί να έχουν μειωμένη απέκκριση καλίου, άτομα με ορισμένες καταστάσεις (π.χ. χρόνια νεφρική νόσο, νεφρική νόσο τελικού σταδίου, σακχαρώδη διαβήτη, σοβαρή καρδιακή ανεπάρκεια, ανεπάρκεια επινεφριδίων) και άτομα που χρησιμοποιούν ορισμένα φάρμακα (π.χ. αναστολείς ενζύμου μετατροπής της αγγειοτενσίνης [ACE -Is] και αποκλειστές υποδοχέων αγγειοτενσίνης [ARBs]) αναγνωρίστηκαν ως δυνητικά ευάλωτοι υποπληθυσμοί στους οποίους η πρόσληψη καλίου στο AI (Adequate Intake) μπορεί να μην είναι κατάλληλη. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019)

Υψηλή, οξεία πρόσληψη καλίου έχει συσχετιστεί με συμπτώματα που σχετίζονται με νευρομυϊκή δυσλειτουργία, όπως αδυναμία, παράλυση, ναυτία, έμετο και διάρροια. Αυτά τα συμπτώματα, ωστόσο, δεν αναπτύσσονται τακτικά πριν από καρδιακές αρρυθμίες που απειλούν τη ζωή. Επιπλέον, λείπουν σταθερές ενδείξεις για τον ποσοτικό προσδιορισμό της έκθεσης σε κάλιο που οδηγεί σε αυτά τα συμπτώματα. Η οξεία τοξικότητα καλίου και η σχετιζόμενη υπερκαλιαιμία έχουν συνδεθεί σταθερά με ανωμαλίες του συστήματος καρδιακής αγωγής, οι οποίες μπορεί να είναι θανατηφόρες. Σε αυτά περιλαμβάνονται βραδυκαρδία, αιχμή των κυμάτων T και διεύρυνση του συμπλέγματος QRS στην ηλεκτροκαρδιογραφία επιφανείας, οι ευρείες σύνθετες αρρυθμίες και τελικά η ασυστολή και ο θάνατος. Αυτές οι καρδιακές ανεπιθύμητες ενέργειες προκαλούνται μέσω υψηλότερων συγκεντρώσεων καλίου στον ορό που επηρεάζουν το ηλεκτρικό δυναμικό στους καρδιακούς ιστούς. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019; Hunter & Bailey, 2019)

Αρκετές αναφορές περιπτώσεων δηλητηρίασης από κάλιο έχουν δημοσιευτεί και συνοψιστεί στη βιβλιογραφία. Ορισμένες από τις αναφορές περιστατικών περιλαμβάνουν θάνατο λόγω υπερβολικής δόσης δισκίων χλωριούχου καλίου. Για παράδειγμα, μια 32χρονη γυναίκα, που κατανάλωνε υδρική, πρωτεϊνική διαίτα, πέθανε μετά από κατάποση περίπου 47 δισκίων χλωριούχου καλίου παρατεταμένης αποδέσμευσης. Σε μια περίληψη των περιστατικών που αναφέρθηκαν στη βιβλιογραφία, παρουσιάστηκε μια αναφορά για έναν άνδρα 26 ετών που πέθανε μετά από κατανάλωση περίπου 12.500 mg (320 mmol) καλίου από δισκία χλωριούχου καλίου παρατεταμένης αποδέσμευσης. Επίσης, υπάρχει συγχώνευση δεξτροπροποξυφαινο-ακεταμινοφαίνης σε αυτήν την περίπτωση, γεγονός που περιπλέκει την ερμηνεία (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019).

Ο θάνατος είναι ένα ιδιαίτερα σοβαρό τελικό σημείο που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός UL. Ως εκ τούτου, η επιτροπή προσπάθησε να καθορίσει τις δόσεις συμπληρώματος καλίου που σχετίζονται με σημεία και συμπτώματα που προηγήθηκαν του θανάτου και έτσι θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως πρώιμα προειδοποιητικά σημάδια τοξικότητας. Μια αναφορά περιστατικού περιέγραψε ένα 17χρονο αγόρι που εμφανίζει ναυτία, έμετο και διάρροια σε συνδυασμό με υπερκαλιαιμία μετά από κατανάλωση μεταξύ 7.800 και 11.730 mg (200 και 300 mmol) (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019).

Η βραχυπρόθεσμη χορήγηση συμπληρωμάτων καλίου περίπου 2.500 mg/d (64 mmol/d) παράλληλα με μία συνήθη διαίτα φαίνεται να είναι ασφαλής για γενικά υγιή άτομα. Αυτό το επίπεδο πρόσληψης καλίου είναι πιθανότατα χαμηλότερο από το UL για άτομα χωρίς νεφρική νόσο, διαβήτη, καρδιακή ανεπάρκεια, ανεπάρκεια επινεφριδίων ή άτομα που χρησιμοποιούν ACE-Is, ARB ή άλλα φάρμακα που μπορεί να αυξήσουν τις συγκεντρώσεις καλίου στο αίμα σε επίπεδα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες ενέργειες υπάρχοντα. Υπάρχουν ενδείξεις ότι πολύ υψηλές δόσεις συμπληρωματικής πρόσληψης καλίου μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες ενέργειες και σε ακραίες περιπτώσεις να οδηγήσουν σε θάνατο, ακόμη και απουσία νεφρικής νόσου ή άλλους παράγοντες που μεταβάλλουν την έκκριση καλίου. Ωστόσο, χωρίς έναν ειδικό δείκτη τοξικολογικής επίδρασης της υψηλής πρόσληψης καλίου, δεν μπορεί να αποδειχθεί

UL καλίου. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019; Hunter & Bailey, 2019)

Κατά γενική ομολογία, η υπερκαλιαιμία σχετίζεται με ανεπιθύμητες ενέργειες σε ασθενείς με CKD και σε νοσοκομειακούς ασθενείς με οξείες ιατρικές παθήσεις. Ωστόσο, λίγα είναι γνωστά σχετικά με την υπερκαλιαιμία, τις καρδιαγγειακές παθήσεις (CVD) και τη θνησιμότητα σε πληθυσμούς που ζουν στην κοινότητα. Σε μια συγκεντρωτική ανάλυση δύο μεγάλων ομάδων παρατήρησης, μελετήθηκαν 9651 άτομα χωρίς CVD κατά την έναρξη της μελέτης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως σε σύγκριση με άτομα με συγκεντρώσεις καλίου στον ορό μεταξύ 4,0 και 4,4 mEq/L, τα άτομα με συγκεντρώσεις $\geq 5,0$ mEq / L είχαν υψηλότερο κίνδυνο θνησιμότητας όλων των αιτιών, θανάτου λόγω CVD και θάνατος χωρίς CVD. Οι συσχετίσεις καλίου στον ορό με αυτά τα τελικά σημεία διέφεραν μεταξύ των χρηστών διουρητικών, καθώς οι συμμετέχοντες που είχαν κάλιο ορού $\geq 5,0$ mEq/L και ταυτόχρονα χρησιμοποιούσαν διουρητικά είχαν υψηλότερο κίνδυνο για κάθε τελικό σημείο σε σύγκριση με αυτούς που δεν χρησιμοποιούν διουρητικά. Τελικά, η συγκέντρωση καλίου στον ορό $\geq 5,0$ mEq/L συσχετίστηκε με θνησιμότητα από όλες τις αιτίες, θάνατο λόγω CVD και θάνατο χωρίς CVD σε άτομα που ζουν στην κοινότητα. Οι συσχετίσεις ήταν ισχυρότερες στους χρήστες διουρητικών. Το εάν η διατήρηση καλίου εντός του φυσιολογικού εύρους μπορεί να βελτιώσει τα κλινικά αποτελέσματα απαιτεί μελλοντική μελέτη. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019; Hunter & Bailey, 2019)

3.5. Συστάσεις για πρόσληψη καλίου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συστάσεις DRI του 2005, καθώς και οι ανανεωμένες συστάσεις του 2019. Οι συστάσεις αναφέρονται σε γενικό, υγιή πληθυσμό. Για το κάλιο αναγράφονται μόνο τιμές AI (Adequate Intake), καθώς δεν έχουν τεκμηριωθεί τιμές EAR, RDA και UL.

Πίνακας 3-1: Τιμές DRI καλίου.

Ομάδα Πληθυσμού	Επαρκής πρόσληψη καλίου (mg/d) 2005 DRI Report	Ανανεωμένες τιμές επαρκούς πρόσληψης καλίου (mg/d)
Άνδρες 14-18 ετών	4700	3000
Άνδρες 19-70 ετών	4700	3400

Άνδρες >70 ετών	4700	3400
Γυναίκες 14-18 ετών	4700	2300
Γυναίκες 19-70 ετών	4700	2600
Γυναίκες >70 ετών	4700	2600
Εγκυμονούσες 14-18 ετών	4700	2600
Εγκυμονούσες 19-50 ετών	4700	2900
Θηλάζουσες 14-18 ετών	5100	2500
Θηλάζουσες 19-50 ετών	5100	2800

(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019)

Να σημειωθεί ότι τιμές για βρέφη και παιδιά δεν αναφέρθηκαν καθώς η παρούσα μελέτη δεν αφορά αυτές τις ηλικιακές ομάδες.

3.6. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής

Το κάλιο είναι ένα από τα 4 κύρια θρεπτικά συστατικά σε έλλειψη της αμερικανικής διατροφής, σύμφωνα με τις Διατροφικές Οδηγίες του 2010 για την American's Advisory Committee (Weaver, 2013). Όπως αναφέρουν οι Karppanen et al., η παρούσα μέση πρόσληψη καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου είναι σημαντικά χαμηλότερη από τα συνιστώμενα επίπεδα πρόσληψης (DRI). Στις ΗΠΑ, η μέση πρόσληψη αυτών των μεταλλικών θρεπτικών ουσιών είναι μόνο το 35-50% των συνιστώμενων προσλήψεων. (Karppanen et al., 2005).

Οι ανάγκες σε κάλιο αυξήθηκαν σημαντικά το 2004 όταν η επαρκής πρόσληψη καθορίστηκε στα 4700 mg/d. Είναι δύσκολο για τους περισσότερους Αμερικάνους να επιτύχουν αυτά τα επίπεδα πρόσληψης. Μόνο το 3% των Αμερικανών ικανοποίησαν την επαρκή πρόσληψη στο αντιπροσωπευτικό δείγμα NHANES 2003-2006. Η μέση πρόσληψη καλίου των Αμερικανών είναι λίγο πάνω από το ήμισυ των απαιτήσεων στα 2591 ± 19 mg/ημέρα. Το επαρκές διαιτητικό κάλιο είναι σημαντικό για την υγεία της καρδιάς και των οστών και μειώνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου και στεφανιαίας νόσου. (Weaver, 2013).

Οι τρέχουσες στρατηγικές για την αύξηση της πρόσληψης καλίου συνιστούν συνήθως τη χρήση τροφών αντί για συμπληρώματα. Η διαίτα DASH έχει υψηλή περιεκτικότητα σε φρούτα, λαχανικά και γαλακτοκομικά προϊόντα και είναι αποτελεσματική στη μείωση της αρτηριακής πίεσης. Η περιεκτικότητα της σε κάλιο θεωρείται ότι είναι η καλύτερη εξήγηση του οφέλους αυτής της διατροφικής στρατηγικής, αν και το αυξημένο επίπεδο

μαγνησίου, ασβεστίου, ινών και άλλων βιοδραστικών συστατικών μπορεί επίσης να συμβάλλει στη μείωση της αρτηριακής πίεσης. Το κάλιο είναι ένα θρεπτικό έλλειμμα που συνήθως δεν βρίσκεται σε εμπλουτισμένα τρόφιμα και συνήθως δε λαμβάνεται ως συμπλήρωμα διατροφής. Τα φρούτα και τα λαχανικά, ειδικά η πατάτα, είναι εξαιρετικές πηγές καλίου και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προστασία από την υπέρταση και, ίσως, στη βελτίωση της υγείας των οστών. Τα οργανικά άλατα καλίου στα τρόφιμα έχουν ένα ευρύ φάσμα οφέλη για την υγεία για την καρδιά, τα νεφρά, τα οστά και άλλους ιστούς. Το συμπλήρωμα χλωριούχου καλίου φαίνεται ότι πιθανόν να ωφελεί την αρτηριακή πίεση. Απαιτούνται κλινικές δοκιμές που είναι αρκετά μεγάλης διάρκειας για τα περισσότερα από τα οφέλη για την υγεία που αποδίδονται στην πρόσληψη καλίου για την καθιέρωση αιτιωδών σχέσεων και δόσης για την καθοδήγηση των αποφάσεων δημόσιας υγείας. Η αδυναμία ακριβούς αξιολόγησης των διατροφικών προσλήψεων καθιστά αδύνατη τη βελτίωση των συστάσεων καλίου από μελέτες παρατήρησης. Τα στοιχεία από δοκιμές για την αρτηριακή πίεση δείχνουν ότι 3600-3800 mg/d μπορεί να είναι λογικά για την υγεία της καρδιάς και των οστών. Αυτό βέβαια είναι 1000 mg υψηλότερο από την τρέχουσα μέση κατανάλωση καλίου. Η βελτίωση της αναλογίας πρόσληψης καλίου:νατρίου έχει ισχυρότερο πλεονέκτημα για την υγεία της καρδιάς από οποιοδήποτε από τα συστατικά της διατροφής μεμονωμένα. Αυτό μπορεί επίσης να ισχύει για την υγεία των οστών επειδή αυτά τα μέταλλα έχουν αντίθετες δράσεις στην απέκκριση ασβεστίου. (Weaver, 2013; WHO, 2012).

Εν τέλει, ακόμα και αν ληφθούν υπ'όψη τα ανανεωμένα DRIs του 2019, των οποίων οι συνιστώμενες τιμές είναι αρκετά χαμηλότερες από αυτές του 2005, φαίνεται ότι η μέση ημερήσια πρόσληψη καλίου των Αμερικάνων είναι ανεπαρκής. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι χρειάζεται μέριμνα για την αύξηση της πρόσληψης καλίου πληθυσμιακά, είτε μέσω διαιτητικών πηγών είτε ενδεχομένως με τη χορήγηση συμπληρώματος. Ωστόσο, τα δεδομένα προς το παρόν φαίνεται πως δεν είναι αρκετά για να υποστηρίξουν τη σύσταση για λήψη συμπληρώματος καλίου, ιδιαίτερα σε πληθυσμιακό επίπεδο. Όσον αφορά τους αθλητές, τα πιθανά οφέλη στην αρτηριακή πίεση και την υγεία των οστών θα μπορούσαν ίσως να δικαιολογήσουν τη συμπληρωματική λήψη καλίου, μετά από εξατομικευμένη διατροφική αξιολόγηση και στενή παρακολούθηση από επιστήμονες υγείας.

3.7. Μελέτες για συμπληρώματα καλίου

Για να προσδιοριστούν οι επιδράσεις των συμπληρωμάτων καλίου στη λειτουργία του ενδοθηλίου, τους καρδιαγγειακούς παράγοντες κινδύνου και τον κύκλο εργασιών των οστών και να συγκριθεί το χλωριούχο κάλιο με το όξινο ανθρακικό κάλιο, πραγματοποιήθηκε μια τυχαιοποιημένη, διπλή-τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο δοκιμή crossover 12 εβδομάδων σε 42 άτομα με ελαφρώς αυξημένη αρτηριακή πίεση χωρίς λήψη θεραπείας. Το κάλιο στα ούρα ήταν (77 ± 16), (122 ± 25) και (125 ± 27) mmol/24 ώρες μετά από 4 εβδομάδες σε εικονικό φάρμακο, χλωριούχο κάλιο και διττανθρακικό κάλιο, αντίστοιχα. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην αρτηριακή πίεση μεταξύ των 3 περιόδων θεραπείας και μόνο οι συστολικές πιέσεις 24 ωρών και κατά τη διάρκεια της ημέρας ήταν ελαφρώς χαμηλότερες με το χλωριούχο κάλιο. Σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο, τόσο το χλωριούχο κάλιο όσο και το όξινο ανθρακικό κάλιο βελτίωσαν σημαντικά τη λειτουργία του ενδοθηλίου. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 αλάτων καλίου σε αυτές τις μετρήσεις. Η μελέτη έδειξε επίσης ότι το χλωριούχο κάλιο μείωσε την αναλογία αλβουμίνης και αλβουμίνης:κρεατινίνης ούρων 24ωρου. Ακόμη, το διττανθρακικό κάλιο μείωσε σημαντικά την 24ωρη ουρητική αναλογία ασβεστίου, ασβεστίου:κρεατινίνης στα ούρα και του καρβοξυτελικού πεπτιδίου κολλαγόνου τύπου 1 πλάσματος (He et al., 2010).

Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση της πρόσληψης καλίου είχε ευεργετικά αποτελέσματα στο καρδιαγγειακό σύστημα και ότι το διττανθρακικό κάλιο μπορεί να βελτιώσει την υγεία των οστών. Πρέπει να αναφερθεί πως αυτά τα αποτελέσματα εντοπίστηκαν σε άτομα που είχαν ήδη σχετικά χαμηλή πρόσληψη αλατιού και υψηλή πρόσληψη καλίου. Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη μελέτη δείχνει ότι η αύξηση της πρόσληψης καλίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα στο καρδιαγγειακό σύστημα και την υγεία των οστών. Τα δύο άλατα καλίου φαίνεται να έχουν παρόμοια επίδραση στις περισσότερες από τις καρδιαγγειακές παραμέτρους που μελετήθηκαν. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους στις επιδράσεις στο μεταβολισμό του ασβεστίου και των οστών και στην απέκκριση της λευκωματίνης στα ούρα. Μακροπρόθεσμες δοκιμές για την πυκνότητα καλίου και μετάλλων οστών έδειξαν ασυνεπή αποτελέσματα. (He et al., 2010)

Μια μελέτη σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπενία έδειξε ότι η χορήγηση συμπληρώματος κίτριου καλίου (30 mmol/d) για 1 έτος αύξησε σημαντικά την οστική

πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Ωστόσο, μια πρόσφατη μελέτη σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες έδειξε ότι το κιτρικό κάλιο σε δόση 18,5 ή 55,5 mmol/d πάνω από 2 χρόνια δεν είχαν καμία σημαντική επίδραση στην οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου παρά την παροδική μείωση του ασβεστίου των 24 ωρών και την αναλογία δεοξυπυριδινολίνης:κρεατινίνης σε 4 έως 6 εβδομάδες. Πολλές μελέτες διατομής έχουν δείξει με συνέπεια ότι μια υψηλότερη πρόσληψη καλίου συσχετίστηκε με υψηλότερη οστική μάζα (He & MacGregor, 2001).

Επίσης, η αύξηση της πρόσληψης καλίου κατά περίπου 1,8-1,9 γραμμάρια ημερησίως έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την αρτηριακή πίεση των υπερτασικών ατόμων, έτσι ώστε η μέση πτώση της συστολικής πίεσης να είναι περίπου 4 mmHg και της διαστολικής πίεσης περίπου 2,5 mmHg. Τέλος, το κάλιο μπορεί να προστατεύσει από εγκεφαλικά επεισόδια και άλλες καρδιαγγειακές παθήσεις μέσω μηχανισμών, οι οποίοι δεν σχετίζονται με την αρτηριακή πίεση. Η βελτίωση της ανοχής στη γλυκόζη φαίνεται να είναι ένα ακόμη ευεργετικό αποτέλεσμα του καλίου (Karppanen et al., 2005).

Σε τυχαιοποιημένη έρευνα σε 276 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες μελετήθηκε η υπόθεση πως η παροχή αλκαλίων, ως παράγωγα του κιτρικού καλίου, μπορεί να εξηγήσει γιατί τα φρούτα και τα λαχανικά δρουν ευεργετικά στην υγεία των οστών. Οι γυναίκες εκχωρήθηκαν τυχαία σε 4 ομάδες:

- i. Κιτρικό κάλιο υψηλής δόσης (55,5 mEq/d).
- ii. Κιτρικό κάλιο χαμηλής δόσης (18,5 mEq / d).
- iii. Εικονικό φάρμακο.
- iv. 300 g επιπλέον φρούτα και λαχανικά/ημέρα (ισοδύναμο αλκαλίων 18,5 mEq).

Συλλέχθηκαν οροί και ούρα νηστείας για δείκτες οστών κατά την έναρξη και στους 3, 6, 12, 18 και 24 μήνες. Συλλέχθηκε ένα επιπλέον δείγμα ούρων στα 4-6 εβδομάδες. Η οστική πυκνότητα (BMD) μετρήθηκε κατά την έναρξη και τα 2 έτη. Το συμπέρασμα ήταν πως η διαιτητική χορήγηση συμπληρώματος κιτρικού καλίου δεν μειώνει την αλλαγή των οστών και δεν αυξάνει την πυκνότητα μετάλλων των οστών (BMD) σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, γεγονός που υποδηλώνει ότι η παροχή αλκαλίων δεν εξηγεί μακροπρόθεσμα οφέλη από την πρόσληψη φρούτων και λαχανικών στα οστά. (Macdonald et al., 2008)

Στη διπλή-τυφλή τυχαιοποιημένη μελέτη ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο των Braschi & Naismith το 2007, επιβεβαιώθηκαν τα προηγούμενα ευρήματά τους το 2003. Τα δύο άλατα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το κιτρικό κάλιο και το χλωριούχο κάλιο και η χορήγηση των συμπληρωμάτων διήρκησε 6 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση του διαιτητικού καλίου κατά περίπου 30 mmol/ημέρα, η οποία ισοδυναμεί με αύξηση του καλίου διατροφής κατά περίπου 40% στον πληθυσμό του Ηνωμένου Βασιλείου, αντίστοιχη με την ποσότητα καλίου που περιέχεται σε πέντε μερίδες φρέσκων φρούτων και λαχανικών, οδηγεί σε σημαντική μείωση της αρτηριακής πίεσης, κυρίως σε νέους νορμοτασικούς ανθρώπους. Η επίδραση ήταν ανεξάρτητη από το συνοδευτικό ανιόν του άλατος καλίου, ήταν μεγαλύτερη σε εκείνους με υψηλότερη αρτηριακή πίεση και αυξήθηκε με τη διάρκεια των συμπληρωμάτων (Braschi & Naismith, 2007; Naismith & Braschi, 2003).

Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι ακόμα και σε υγιείς, νορμοτασικούς ή ελαφρώς υπερτασικούς νέους, χωρίς έκδηλα οστικά προβλήματα, μία κατηγορία δηλαδή στην οποία εντάσσονται η πλειοψηφία των αθλητών, η χορήγηση συμπληρώματος καλίου πιθανόν να προσφέρει προληπτικά οφέλη στην καρδιαγγειακή και οστική υγεία και κατ'επέκταση στη γενικότερη διαφύλαξη της υγείας και ευρωστίας του αθλητή.

Δεδομένου ότι η δίαιτα DASH είναι πλούσια σε κάλιο (K), μαγνήσιο (Mg) και αλκάλια, πραγματοποιήθηκε μια τυχαιοποιημένη, διπλά τυφλή, crossover, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη για να συγκριθούν οι επιδράσεις του κιτρικού KMg (KMgCit), του χλωριούχου καλίου (KCl) και του κιτρικού καλίου (KCit) για να επιτρέπεται ο διαχωρισμός της επίδρασης των τριών συστατικών, δηλαδή K, Mg και κιτρικού άλατος, στην 24ωρη αρτηριακή πίεση περιπατητικών ατόμων και στο 8-ισοπροστάσιο ούρων σε υπερτασικά και προυπερτασικά άτομα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το συμπλήρωμα KCl για 4 εβδομάδες προκάλεσε σημαντική μείωση της συστολικής πίεσης κατά τη διάρκεια της νύχτας σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο (116 ± 12 έναντι 121 ± 15 mmHg, αντίστοιχα) ενώ το KMgCit και το KCit δεν είχαν σημαντική επίδραση στα ίδια άτομα (118 ± 11 και 119 ± 13 mmHg αντίστοιχα, έναντι εικονικού φαρμάκου). Αντίθετα, το 8-ισοπροστάσιο ούρων ήταν σημαντικά μειωμένο με τη χορήγηση KMgCit σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο ($13,5 \pm 5,7$ έναντι $21,1 \pm 10,5$ ng/mgCr, αντίστοιχα) ενώ τα KCl και KCit δεν είχαν καμία επίδραση ($21,4 \pm 9,1$ και $18,3 \pm 8,4$, αντίστοιχα). Συμπερασματικά, η μελέτη έδειξε διάφορες επιδράσεις των συμπληρωμάτων KCl και KMgCit στην αρτηριακή

πίεση και στο δείκτη οξειδωτικού στρες, σε προυπερτασικά και υπερτασικά άτομα. Η κλινική σημασία της αντιοξειδωτικής επίδρασης του KMgCit μένει να καθοριστεί σε μελλοντικές μελέτες. Πρέπει να σημειωθεί πως οι συμμετέχοντες διατήρησαν την τυπική τους διατροφή χωρίς περιορισμό νατρίου, ο οποίος θα μπορούσε να επηρεάσει τα αποτελέσματα. Μελέτες σε ανθρώπους χωρίς καρδιακή ανεπάρκεια έχουν εμπλέξει τον αρνητικό ρόλο του οξειδωτικού στρες στην ενδοθηλιακή δυσλειτουργία και στη δυσανεξία στην άσκηση (Vongpatanasin et al., 2016).

Σε μία μετα-ανάλυση 22 δοκιμών πρόσληψης καλίου σε συσχέτιση με τον καρδιακό ρυθμό, αναφέρεται πως λίγα είναι γνωστά για την επίδραση της αυξημένης πρόσληψης καλίου στον καρδιακό ρυθμό. Οι δόσεις καλίου 0,9 - 4,7 g/d για 2-24 εβδομάδες άλλαξαν τον καρδιακό ρυθμό κατά 0,2 bpm. Ο διπλασιασμός της πρόσληψης καλίου είναι απίθανο να επηρεάσει τον καρδιακό ρυθμό σε υγιείς ενήλικες (Gijssbers et al., 2016).

3.8. Απώλεια καλίου μέσω της εφίδρωσης

Η παρακολούθηση του καλίου στους αθλητές εμφανίζει ενδιαφέρον, καθώς πιθανόν να υπάρχουν αυξημένες απώλειες λόγω της εφίδρωσης. Σχετικές μελέτες παρουσιάζονται παρακάτω.

Σε τυχαίοποιημένη crossover μελέτη διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ έντασης άσκησης, ρυθμού εφίδρωσης και συγκεντρώσεων νατρίου και καλίου στον ιδρώτα σε προπονημένους αθλητές αντοχής, προκειμένου να προσδιοριστούν οι απώλειες νατρίου και καλίου και συνεπώς οι απαιτήσεις. Συμμετείχαν δεκαοκτώ αθλητές αντοχής (ηλικία $37,9 \pm 9,7$ ετών, βάρος $83,2 \pm 13,6$ kg, VO_2max $60,8 \pm 9,4$ mL/kg*Min⁻¹), οι οποίοι τοποθετήθηκαν τυχαία σε μία από τις τρεις ομάδες δοκιμής. Η ομάδα L ξεκίνησε με τη δοκιμή χαμηλής έντασης (60% HRmax), η ομάδα M με τη δοκιμή μέτριας έντασης (80% HRmax) και την ομάδα H με τη δοκιμή υψηλής έντασης (χρονική δοκιμή). Κατά το πέρας των συνεχών εβδομάδων μελέτης, όλοι οι αθλητές συμμετείχαν και στις 3 ομάδες. Υπήρχε μια σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση ($p < 0,001$) μεταξύ του ρυθμού εφίδρωσης (L/h) και της συγκέντρωσης νατρίου ιδρώτα (mmol/L). Οι μετρήσεις έδειξαν σημαντικές αυξήσεις τόσο στις απώλειες νατρίου όσο και του καλίου (mg/h) αναλογικά με την αυξανόμενη ένταση άσκησης. Συμπερασματικά, υπήρξε σημαντική ατομική διακύμανση του ρυθμού ιδρώτα και της απώλεια νατρίου στους αθλητές αντοχής. Έτσι, οι αθλητές αντοχής με υψηλά ποσοστά ιδρώτα διατρέχουν κίνδυνο για σημαντική απώλεια νατρίου.

Ωστόσο, όσον αφορά το κάλιο, η συσχέτιση δεν ήταν τόσο ισχυρή και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση (Holmes et al., 2016).

Σε άλλη μελέτη, αξιολογήθηκε η απώλεια ιωδίου, νατρίου, καλίου και ασβεστίου στον ιδρώτα, σε 13 ποδοσφαιριστές σε σύγκριση με 100 μαθητές με καθιστική ζωή, από το ίδιο λύκειο. Μετρήθηκε επίσης η απώλεια στα ούρα. Οι μέσες απώλειες ιωδίου, νατρίου, καλίου και ασβεστίου στον ιδρώτα μετά από ένα παιχνίδι 1 ώρας ήταν 52 μg, 1.896 mg, 248 mg και 20 mg, αντίστοιχα. Οι λόγοι απώλειας ιδρώτα προς καθημερινή απώλεια των τεσσάρων ηλεκτρολυτών στα ούρα ήταν 0,75, 0,2, 1,88 και 0,92 αντίστοιχα. Το ιώδιο ούρων ήταν σημαντικά χαμηλότερο ($p < .02$) από το κανονικό επίπεδο των 50 μg / g κρεατινίνης στο 38,5% των ποδοσφαιριστών, σε σύγκριση με το 2% των ατόμων με καθιστική ζωή. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η απώλεια ιωδίου λόγω άφθονης εφίδρωσης μπορεί να οδηγήσει σε ανεπάρκεια ιωδίου και η απώλεια ηλεκτρολυτών μέσω εφίδρωσης μπορεί να έχει διατροφική σημασία για άτομα με θερμική πίεση ή για άτομα που εκτελούν έντονη προπόνηση (Ifang et al., 2001).

Όπως αναφέρουν οι Baker et al., ηλεκτρολύτες όπως το νάτριο (Na^+) και το κάλιο (K^+) χάνονται ως αποτέλεσμα της εφίδρωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η αναπλήρωση των απωλειών ηλεκτρολυτών ιδρώτα, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια και μετά από παρατεταμένη άσκηση σε θερμό περιβάλλον, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην πρόληψη ανισορροπιών υγρών και ηλεκτρολυτών. Η έντονη εφίδρωση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές απώλειες υγρών και ηλεκτρολυτών και υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι η απώλεια Na^+ είναι ένας παράγοντας που συμβάλλει στην αιτιολογία των σχετικών με τη θερμότητα κράμπες των μυών του σώματος. Επιπλέον, η υπερβολική απώλεια ηλεκτρολυτών μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας που σχετίζεται με την άσκηση κατά τη διάρκεια ιδιαίτερα μεγάλων γεγονότων (π.χ. Τρίαθλο) και απαιτούνται ακριβείς μετρήσεις της απώλειας Na^+ και K^+ στον ιδρώτα για την πρόβλεψη των αλλαγών συγκεντρώσεων στον ορό από εξισώσεις ισοζυγίου μάζας (Baker et al., 2009).

Συμπερασματικά, οι αθλητές που προπονούνται σε θερμό περιβάλλον, που παρουσιάζουν αυξημένο ρυθμό εφίδρωσης ή που γενικότερα εκτελούν έντονη ή/και παρατεταμένη χρονικά προπόνηση είναι πιο επιρρεπείς σε αυξημένη απώλεια ηλεκτρολυτών στον

ιδρώτα, οπότε θα πρέπει να αξιολογούνται σωστά ώστε να εξασφαλιστεί η αναπλήρωση του εκάστοτε ηλεκτρολύτη μέσω της διατροφής ή με χορήγηση συμπληρώματος.

3.9. Συσχέτιση καλίου και EAMC

Αν και οι μυϊκές κράμπες που σχετίζονται με την άσκηση (EAMC) είναι συχνές στους υπερμαραθωνοδρόμους και τους αθλητές γενικά, η αιτιολογία τους παραμένει ασαφής. Οι EAMC είναι οδυνηρές, ξαφνικές, ακούσιες συσπάσεις των σκελετικών μυών κατά τη διάρκεια ή μετά την άσκηση και αναγνωρίζονται από ορατή διόγκωση ή δέσιμο ολόκληρου ή μέρους ενός μυός. Πολλοί γιατροί πιστεύουν ότι το EAMC εμφανίζεται μετά από μια ανισορροπία σε συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών, ειδικά σε συγκέντρωση νατρίου στον ορό ($[Na^+]_s$) και συγκέντρωση καλίου στον ορό ($[K^+]_s$). Μελέτες που έχουν αποδείξει τη σχέση μεταξύ εμφάνισης EAMC και συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών στον ορό μετά από ένα αθλητικό γεγονός δεν βοηθούν και τους γιατρούς και τους αθλητές, καθώς δεν προσφέρουν οριστικές πληροφορίες για τη σχέση μεταξύ μυϊκής κράμπας και αλλαγών στη συγκέντρωση ηλεκτρολυτών ορού. Οι μελέτες παρέχουν αντιφατικά ευρήματα όσον αφορά τις μυϊκές κράμπες και τη συγκέντρωση ηλεκτρολυτών στον ορό, τα οποία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πιθανή σύγχυση κατά την αντιμετώπιση μυϊκών κραμπών (Murray et al., 2016).

Στη συστηματική ανασκόπηση των Murray et al. το βασικό ερώτημα που ερευνήθηκε ήταν εάν οι συγκεντρώσεις νατρίου και καλίου στον ορό στα άτομα που παρουσιάζουν EAMC ήταν διαφορετικές από των ατόμων χωρίς κράμπες. Οι συγκεντρώσεις καλίου ($[K^+]_s$) σε αθλητές με και χωρίς κράμπες μετρήθηκαν σε 2 από τις 4 περιλαμβανόμενες μελέτες και βρέθηκε να μην διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ομάδων. Επομένως, η κλινική αντίληψη ότι η θεραπεία του EAMC εξαρτάται από την επιστροφή $[Na^+]_s$ και $[K^+]_s$ εντός φυσιολογικών ορίων πιθανόν να μην είναι κατάλληλη τεχνική διαχείρισης των κραμπών. Άλλοι θεραπευτικοί τρόποι όπως το stretching και το μασάζ θα μπορούσαν αποδειχθούν καταλληλότερες κλινικές πρακτικές (Murray et al., 2016).

Ο Bergeron, M., διερευνώντας τις κράμπες σε τενίστες, αναφέρει πως αρκετές ανεπάρκειες μετάλλων - και συγκεκριμένα ασβεστίου, μαγνησίου και καλίου - έχουν προταθεί για την πρόκληση μυϊκών κραμπών κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αναμφίβολα, οποιοσδήποτε παίκτης έχει έλλειψη σε ένα ή περισσότερα από αυτά τα μέταλλα, ή κάποια άλλη σπάνια κυτταρική δυσλειτουργία ή παθοφυσιολογία, θα μπορούσε σίγουρα να παρουσιάσει μυϊκές

κράμπες ή διάφορα άλλα νευροκινητικά προβλήματα. Κατά συνέπεια, η χορήγηση συμπληρωμάτων ασβεστίου, μαγνησίου ή καλίου (ή κάποια άλλη προληπτική προσέγγιση) θα μπορούσε να δικαιολογηθεί. Ωστόσο, όταν ένας τενίστας έχει μυϊκές κράμπες σε θερμό περιβάλλον, αυτά τα συγκεκριμένα μέταλλα δεν φαίνεται να είναι σε έλλειψη στη διατροφή ή να παρουσιάζουν απώλεια σε μεγάλες ποσότητες από εφίδρωση κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Ορισμένοι παίκτες πρέπει να εξετάσουν το ενδεχόμενο να πραγματοποιήσουν μετρήσεις του ρυθμού εφίδρωσης και της απώλειας ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα, ώστε να μπορούν να αναπτυχθούν συγκεκριμένες και αποτελεσματικές στρατηγικές, με στόχο τη σωστή διατήρηση της ισορροπίας υγρών και ηλεκτρολυτών (Bergeron, 2003).

Στις EAMC, οι αθλητές συνήθως ιδρώνουν εκτενώς με σημαντικές απώλειες ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα, ιδιαίτερα χλωριούχου νατρίου. Κάποιοι άλλοι ηλεκτρολύτες χάνονται επίσης στον ιδρώτα, σε πολύ μικρότερο βέβαια βαθμό. Αρκετοί από αυτούς (δηλαδή ασβέστιο, μαγνήσιο και κάλιο) έχουν εμπλακεί ψευδώς ως αιτία μυϊκής κράμπας κατά τη διάρκεια ή μετά την άσκηση, όταν υπάρχουν υποψίες ελλείψεων. Ωστόσο, οι αθλητές που είναι επιρρεπείς σε θερμικές κράμπες αναπτύσσουν χαρακτηριστικά έλλειμμα νατρίου. επειδή οι απώλειες χλωριούχου νατρίου στον ιδρώτα δεν αντισταθμίζονται άμεσα και επαρκώς από την πρόσληψη τροφής. (Bergeron et al., 2008). Τα πλούσια σε κάλιο συμπληρώματα ή τρόφιμα ή άλλα συμπληρώματα ανόργανων συστατικών όπως ασβέστιο ή μαγνήσιο δεν ενδείκνυνται και συνήθως δεν παρέχουν ανακούφιση από τα συμπτώματα της έντονης κράμπας (Bergeron, 2008).

Στην κλινική δοκιμή των Jung et al., 13 υγιείς άνδρες με ιστορικό EAMCs πραγματοποίησαν 2 δοκιμές της ίδιας, έντονης άσκησης σε θερμό περιβάλλον, με διαφορά μεγαλύτερη των 48 ωρών μεταξύ των δοκιμών. Στην δοκιμή υδατανθράκων-ηλεκτρολυτών, χορηγήθηκε διάλυμα με 56 g υδατανθράκων (σακχαρόζη, γλυκόζη, φρουκτόζη), 1620 mg (70 mmol) νατρίου, 120 mg (3 mmol) καλίου και 1800 mg (51 mmol) χλωριούχου, 20 λεπτά προ της άσκησης σε δόση, συν τουλάχιστον 200-250 mL κάθε 10 λεπτά, κατά τη διάρκεια της άσκησης. Στη δοκιμή υποδάτωσης απαγορεύονταν η χορήγηση οποιουδήποτε ποτού. Τα αποτελέσματα ήταν ότι 9 συμμετέχοντες εμφάνισαν κράμπες στη δοκιμή υδατανθράκων-ηλεκτρολυτών, σε σύγκριση με 7 συμμετέχοντες στη δοκιμή υποδάτωσης. Από τα 7 άτομα που είχαν EAMCs και στις δύο δοκιμές, η διάρκεια

άσκησης πριν από την έναρξη των κραμπών ήταν υπερδιπλασιασμένη στη δοκιμή με τη χορήγηση διαλύματος (Jung et al., 2005).

3.10. Ασφάλεια συμπληρωμάτων καλίου

Η υψηλή πρόσληψη καλίου θα μπορούσε να αποτρέψει συντελέσει στην καρδιαγγειακή υγεία, όμως η χορήγηση συμπληρώματος έχει κατηγορηθεί από ορισμένους ως επικίνδυνη. Σε μία συστηματική ανασκόπηση σε 20 παγκόσμιες, τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές, εκτιμήθηκε η επίδραση των από στόματος συμπληρωμάτων καλίου στα επίπεδα καλίου στον ορό ή στο πλάσμα και στη νεφρική λειτουργία, με μέτρηση κρεατινίνης πλάσματος και ορού. Τα αποτελέσματα ήταν ότι η διάρκεια των συμπληρωμάτων κυμαινόταν από 2 έως 24 εβδομάδες και η ποσότητα του καλίου που δόθηκε από 22 έως 140 mmol/ημέρα. Στην ομαδοποιημένη ανάλυση, το συμπλήρωμα καλίου προκάλεσε μια μικρή αλλά σημαντική αύξηση στα επίπεδα κυκλοφορούντος καλίου (σταθμισμένη μέση διαφορά (WMD) 0,14 mmol/L) που δεν σχετίζεται με τη δόση ή τη διάρκεια της θεραπείας. Η μέση αύξηση της έκκρισης καλίου στα ούρα ήταν 45,75 mmol/24 ώρες. Τέλος, το συμπλήρωμα καλίου δεν προκάλεσε καμία αλλαγή στα επίπεδα κυκλοφορίας κρεατινίνης (WMD 0,30 μmol/L). Συνεπώς, σε βραχυπρόθεσμες μελέτες σχετικά υγιών ατόμων, ένα μέτριο συμπλήρωμα καλίου από το στόμα φάνηκε πως είχε ως αποτέλεσμα μια μικρή αύξηση των κυκλοφορούντων επιπέδων καλίου και καμία αλλαγή στη νεφρική λειτουργία. (Cappuccio et al., 2016)

3.11. Βιοδείκτες για τη διατροφική αξιολόγηση καλίου

- Καλές διαιτητικές πηγές: Η πλειοψηφία των φρούτων και λαχανικών.
- Συνήθης μέτρηση: Το κάλιο στα ούρα 24 ωρών που αντικατοπτρίζει τη διατροφική πρόσληψη. Το κάλιο στα δεύτερα κενά ούρα το πρωί σχετίζεται επίσης με την κατανάλωση καλίου.
- Εύρος αναφοράς: 25-125 mmol/d.
- Φυσικές εκδηλώσεις έλλειψης καλίου: Πιθανά αυξημένος κίνδυνος υπέρτασης, καρδιακών αρρυθμιών, μυϊκής αδυναμίας, αναπνευστικής ανεπάρκειας, ειλεού.
- Φυσικές εκδηλώσεις περίσσειας καλίου: Καρδιακές αρρυθμίες.

(Larson-Meyer et al., 2018)

Στους αθλητές επίσης, δεδομένης της αυξημένης εφίδρωσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ'όψη η απώλεια καλίου στον ιδρώτα. Μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν για τον υπολογισμό συγκέντρωσης καλίου στον ιδρώτα ($[K^+]$) είναι η συλλογή ιδρώτα ολόκληρου του σώματος (WBW) ή τα έμπλαστρα συλλογής ιδρώτα 1 ή 5 σημείων στην περιφερειακή επιφάνεια δέρματος (REG). (Baker et al., 2009)

Αλληλεπιδράσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν ανησυχία:

Το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το κάλιο σε συνδυασμό με νάτριο και διουρητικά απαιτεί προσοχή. Διάφορες κατηγορίες διουρητικών επηρεάζουν τη νεφρική απορρόφηση αυτών των μετάλλων και μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένες απώλειες ασβεστίου, μαγνησίου ή καλίου. Η σύσταση για τον αθλητή είναι αύξηση της διατροφικής πρόσληψης ή ενδεχόμενη χορήγηση MVI, δηλαδή έγχυση πολυβιταμίνης. (Larson-Meyer et al., 2018)

3.12. Επιλογή πηγής καλίου.

Ένα θέμα που απαιτεί συζήτηση είναι εάν το χλωρίδιο του καλίου έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη επίδραση στην αρτηριακή πίεση από άλλα άλατα καλίου. Το κάλιο σε φρούτα και λαχανικά υπάρχει περισσότερο με φωσφορικά, θειικά, κιτρικά και με πολλά οργανικά ανιόντα συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών, παρά ως χλωριούχο κάλιο. Ωστόσο, κατά την ανασκόπηση κάποιων κλινικών δοκιμών σχετικά με το κάλιο, φαίνεται ότι η πτώση της αρτηριακής πίεσης που προκαλείται με την αύξηση της πρόσληψης φρούτων και λαχανικών είναι παρόμοια με αυτή που προκαλεί η αύξηση του χλωριούχου καλίου. Επίσης, όπως αναφέρεται στο ίδιο άρθρο, ο καλύτερος τρόπος για να την αύξηση της πρόσληψης καλίου είναι η κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών. (He & MacGregor, 2001)

Λαμβάνοντας υπ'όψη τα επιστημονικά δεδομένα κατά την επιλογή του συμπληρώματος σε περίπτωση απόφασης χορήγησης, φαίνεται ότι, σχετικά με συμπληρώματα αλάτων καλίου, το χλωριούχο κάλιο (KCl) και το κιτρικό κάλιο (K-cit) έχουν παρόμοια αντιυπερτασικά αποτελέσματα σε νορμοτασικούς νέους. Το πρωτόκολλο που αποδείχθηκε αποτελεσματικό στη συγκεκριμένη μελέτη ήταν ημερήσιες δόσεις 30 mmol (K-cit)/d και 30 mmol KCl/d, οι οποίες προκάλεσαν κατά μέσο όρο μεταβολές στην αρτηριακή πίεση - 5,22 mmHg και -4,70 mmHg αντίστοιχα. (Braschi & Naismith, 2007) Η βιοδιαθεσιμότητα του καλίου είναι επίσης ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον

καθορισμό των αναγκών, αλλά από τα γνωστα δεδομένα, η βιοδιαθεσιμότητα από μεμονωμένα τρόφιμα δεν έχει προσδιοριστεί.

Σε μία τυφλή, crossover, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη δοκιμή με υγιή, νορμοβαρή και νορμοτασικά άτομα (n=35) μελετήθηκε η βιοδιαθεσιμότητα και η απόκριση δόσης καλίου από μη τηγανισμένες λευκές πατάτες με δέρμα [στόχος 20, 40 και 60 mEq καλίου] και από πατάτες τηγανιτές (40 mEq καλίου) σε σύγκριση με συμπλήρωμα γλυκονικού καλίου στις ίδιες δόσεις όταν προστέθηκαν σε μια βασική διατροφή που περιείχε ~60 mEq καλίου. Η βιοδιαθεσιμότητα του καλίου προσδιορίστηκε από την περιοχή κάτω από την καμπύλη (AUC) των σειριακών αιμοληψιών και της απέκκρισης των ούρων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 24 ωρών και από μια κινητική ανάλυση. Προσδιορίστηκαν οι επιδράσεις της πηγής και της δόσης του καλίου στην αλλαγή της αρτηριακής πίεσης και του δείκτη αύξησης (AIx). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στην αλλαγή της αρτηριακής πίεσης ή του AIx με την πηγή ή τη δόση της θεραπείας. Συμπερασματικά, η βιοδιαθεσιμότητα του καλίου είναι τόσο υψηλή από τις πατάτες όσο και από τα συμπληρώματα γλυκονικού καλίου. Μελλοντικές μελέτες που μετρούν την επίδραση του διαιτητικού καλίου στην αρτηριακή πίεση θα πρέπει να αξιολογήσουν την επίδραση διαφόρων πηγών στη διατήρηση καλίου και τόσο στους φυσιολογικούς όσο και στους υπερτασικούς πληθυσμούς. (Macdonald-Clarke et al., 2016)

Στη μελέτη των (He et al., 2010) που αναφέρθηκε παραπάνω, τα συμπληρώματα αλάτων καλίου τόσο σε μορφή χλωριούχου καλίου όσο και σε μορφή όξινου ανθρακικού καλίου είχαν παρόμοια, ευεργετικά αποτελέσματα στην λειτουργία του ενδοθηλίου και γενικότερα στις καρδιαγγειακές παραμέτρους. Ωστόσο, το όξινο ανθρακικό κάλιο υπερτερούσε στα οφέλη σχετικά με την υγεία των οστών, ενώ το χλωριούχο κάλιο δεν εμφάνισε συσχέτιση.

Η υπόθεση ότι η επίδραση στην αρτηριακή πίεση δεν επηρεάζεται από το είδος του συνοδευτικού ανιόντος του άλατος καλίου επαληθεύεται και από την έρευνα των Braschi & Naismith. Ακόμα το εύρημά τους ότι η μεγαλύτερη σε διάρκεια χορήγηση συμπληρώματος είναι ανάλογη με μεγαλύτερη μείωση της αρτηριακής πίεσης θα μπορούσε να είναι χρήσιμη πληροφορία κατά το σχεδιασμό του χρονικού πρωτοκόλλου χορήγησης για έναν αθλητή (Braschi & Naismith, 2007).

3.13. Πρωτόκολλα χορήγησης.

Τα μοντέλα δοσολογίας που παρουσιάστηκαν σε μελέτες όπου αποδείχθηκε ότι είχαν ευεργετικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα παρακάτω.

Πίνακας 3-2: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων καλίου.

Συμπλήρωμα	Είδος μελέτης	Ημερήσια Δόση	Χρονικό Διάστημα	Αποτελέσματα	Βιβλιογραφία
Χλωριούχο Κάλιο	Τυχαίοποιημ ένη, crossover, διπλή-τυφλή, με εικονικό φάρμακο.	10 κάψουλες,ό που 6,4 mmol K/ κάψουλα	4 εβδομάδες	Βελτίωση λειτουργίας ενδοθηλίου. Ευεργετικό στην αρτηριακή πίεση. Μείωση αναλογίας αλβουμίνης:κρεατινίνης ούρων. Αύξηση καλίου ούρων.	(He et al., 2010)
Διττανθρακικό Κάλιο	Τυχαίοποιημ ένη, crossover, διπλή-τυφλή, με εικονικό φάρμακο.	10 κάψουλες, όπου 6,4 mmol K/ κάψουλα	4 εβδομάδες	Βελτίωση λειτουργίας ενδοθηλίου. Αύξηση καλίου ούρων. Μείωση αναλογίας ασβεστίου και κρεατινίνης ούρων και C-πεπτιδίου κολλαγόνου, δηλαδή θετική επίδραση στα οστά.	(He et al., 2010)
Χλωριούχο Κάλιο	Τυχαίοποιημ ένη, διπλή-τυφλή, με εικονικό φάρμακο.	30 mmol	6 εβδομάδες	Μείωση αρτηριακής πίεσης (-4,70 mmHg). Αύξηση της χρονικής διάρκειας χορήγησης ανάλογη με τη μείωση της ΑΠ.	(Braschi & Naismith, 2007)
Κιτρικό Κάλιο	Τυχαίοποιημ ένη, διπλή-τυφλή, με εικονικό φάρμακο.	30 mmol	6 εβδομάδες	Μείωση αρτηριακής πίεσης (-5,22 mmHg). Αύξηση της χρονικής διάρκειας χορήγησης ανάλογη με τη μείωση της ΑΠ.	(Braschi & Naismith, 2007)
Διάλυμα με: 56 gr CHO 70 mmol Na 3 mmol K 51 mmol Cl	Κλινική δοκιμή.	3 mmol	Προ της άσκησης και κάθε 10 λεπτά: 200-250 ml διαλύματος	Καθυστέρηση εκδήλωσης EAMC κατά διπλάσιο χρόνο σε έντονη άσκηση θερμού περιβάλλοντος.	(Jung et al., 2005)
Από του στόματος κάλιο	Συστηματικ ή ανασκόπηση τυχαίοποιημ ένων κλινικών	22 έως 140 mmol	2-24 εβδομάδες	Έλεγχος ασφάλειας: Καμία αλλαγή στη νεφρική λειτουργία. Μικρή αύξηση επιπέδων κυκλοφορούντος καλίου	(Cappuccio et al., 2016)

	δοκιμών.			(+0,14 mmol/L).	
Γλυκονικό κάλιο	Τυφλή, crossover, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη δοκιμή.	20, 40, 60 mEq K (2,3 mEq/ χάπι)	5 ημέρες	Έλεγχος παρενεργειών: Πολύ ήπια ή καθόλου γαστρεντερική ενόχληση. Ανεπαρκές χρονικό διάστημα για μεταβολή της αρτηριακής πίεσης.	(Macdonald-Clarke et al., 2016)
Χλωριούχο κάλιο	Διπλή-τυφλή, τυχαιοποιημένη, crossover, με εικονικό φάρμακο.	40 mEq KCl σκόνη διαλυμένη σε 250 ml νερό.	4 εβδομάδες (Μισή δόση*2 φορές την ημέρα)	Σημαντική μείωση συστολικής αρτηριακής πίεσης τη νύχτα. Αύξηση K ορού και K ούρων.	(Vongpatanasin et al., 2016)
Κιτρικό κάλιο	Διπλή-τυφλή, τυχαιοποιημένη, crossover, με εικονικό φάρμακο.	40 mEq K ₃ Cit σκόνη διαλυμένη σε 250 ml νερό.	4 εβδομάδες (Μισή δόση*2 φορές την ημέρα)	Αύξηση 1,25(OH) ₂ D ορού. Όχι αποτελέσματα σε ΑΠ και οξειδωτικό στρες. Αύξηση K ορού και K ούρων.	(Vongpatanasin et al., 2016)
Κιτρικό KMg	Διπλή-τυφλή, τυχαιοποιημένη, crossover, με εικονικό φάρμακο.	40 mEq K +20 mEq Mg +74 mEq κιτρικό άλας, σε σκόνη διαλυμένη σε 250 mL νερό.	4 εβδομάδες (Μισή δόση*2 φορές την ημέρα)	Σημαντική μείωση 8-ισοπροστανίνου ούρων, δηλαδή αντιοξειδωτική δράση. Αύξηση K ορού και K ούρων.	(Vongpatanasin et al., 2016)

3.14. Απόφαση για τη χορήγηση συμπληρώματος καλίου.

Επί του παρόντος, όπως αναφέρεται στο review των Heffernal et al., δεν υπάρχουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία που να υποδηλώνουν συγκεκριμένες οδηγίες για τη διατύπωση ειδικών διατροφικών συστάσεων για τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, εκτός από την αξιολόγηση για βασική ανεπάρκεια μετάλλων και τη διασφάλιση της τήρησης των RDAs / AIs (ενώ δεν υπάρχουν επί του παρόντος συγκεκριμένες οδηγίες για αθλητές). Σε γενικές γραμμές, τα επιστημονικά στοιχεία που υποστηρίζουν τη χρήση συμπληρωμάτων μετάλλων για αθλητικές επιδόσεις υπολείπονται όγκου και ποιότητας. Ωστόσο, υπάρχουν μερικές αξιοσημείωτες εξαιρέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλύτερα σε συγκεκριμένες φυσιολογικές καταστάσεις (ελλείψεις, θερμορυθμιστικό στρες κλπ.) και όχι ως γενικά εργαγόντα βοηθήματα. Τα συμπληρώματα σιδήρου και μαγνησίου παραμένουν τα μέταλλα με την περισσότερη και υψηλότερης ποιότητας έρευνα, αν και απαιτούνται τυχαιοποιημένες δοκιμές ελέγχου σε μεγαλύτερες περιόδους. Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη για αναπαραγωγή ορισμένων βασικών, ποιοτικών μελετών προς διερεύνηση της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων μετάλλων για την αθλητική απόδοση. (Heffernan et al., 2019).

Φυσικά για την απόφαση αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε αθλητή και να πραγματοποιείται λεπτομερής διατροφική αξιολόγηση από τους υπεύθυνους επιστήμονες υγείας. Κατηγορίες αθλητών που χρειάζονται εντατική παρακολούθηση της κατάστασης καλίου και που ενδεχομένως να επωφεληθούν από τη λήψη συμπληρώματος:

- Αθλητές με υπέρταση ή με οικογενειακό ιστορικό υπέρτασης και καρδιαγγειακών νοσημάτων.
- Αθλητές που πραγματοποιούν μεγάλης διάρκειας και έντασης προπόνηση, με υψηλό ρυθμό εφίδρωσης.
- Αθλητές που δεν μπορούν να επιτύχουν τη συνιστώμενη πρόσληψη καλίου με την κατανάλωση τροφής.
- Αθλητές που πληρούν παράγοντες κινδύνου για υποκαλιαιμία.
- Αθλητές που εμφανίζουν διαταραγμένες τιμές καλίου σε βιοχημικούς δείκτες όπως μειωμένο κάλιο στον ορό αίματος, μειωμένο κάλιο στα ούρα, αυξημένη συγκέντρωση καλίου στον ιδρώτα.

Αντίστοιχα, η ανησυχία για τα ασφαλή όρια πρόσληψης καλίου, ιδιαίτερα σε αθλητές με παθολογικά ευρήματα ή νοσήματα των νεφρών, είναι βάσιμη. Η δόση συμπληρώματος των 140 mmol/ημέρα (5460 mg/ημέρα) είναι ένα όριο που έχει αποδειχθεί ασφαλές για τη νεφρική λειτουργία, σε χορήγηση μέχρι 24 εβδομάδες. Τα επιστημονικά δεδομένα δείχνουν, επίσης, ότι η βραχυπρόθεσμη χορήγηση συμπληρωμάτων καλίου πχ με πρωτόκολλο 30 mmol/ημέρα ή 60 mmol/ημέρα, όπως παρατηρείται σε αρκετές έρευνες και παράλληλα με μια ισορροπημένη σε κάλιο διατροφή, δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τα επίπεδα καλίου στον οργανισμό και κατ' επέκταση ο κίνδυνος πρόκλησης υποκαλιαιμίας είναι πολύ χαμηλός.

3.15. Συμπεράσματα

Κατά τη μελέτη του καλίου και των αντίστοιχων συμπληρωμάτων εξετάστηκαν 26 έρευνες του εύρους 2001 έως 2019. Κατ' αρχάς, η υπόθεση πως η λήψη συμπληρωμάτων καλίου σχετίζεται σημαντικά με τη μείωση της αρτηριακής πίεσης επιβεβαιώνεται από πληθώρα ερευνών και άρα, θα μπορούσε να συνεισφέρει στη διαφύλαξη της καρδιαγγειακής υγείας ενός αθλητή. Αρκετά είναι και τα δεδομένα που υποδεικνύουν τη θετική εμπλοκή των εν λόγω συμπληρωμάτων στην οστική υγεία, ωστόσο τα αποτελέσματα δεν είναι εξίσου σταθερά σε όλες τις μελέτες. Ακόμη, γίνεται κατανοητό από τα επιδημιολογικά δεδομένα ότι η διαιτητική πρόσληψη καλίου είναι ανεπαρκής για ένα σημαντικό πληθυσμιακό ποσοστό και άρα η χορήγηση συμπληρώματος θα μπορούσε να προλάβει μια ενδεχόμενη ανεπάρκεια. Πρωτίστως, βέβαια, κρίνεται απαραίτητη η εξατομικευμένη αξιολόγηση του αθλητή, τόσο αναφορικά στη διαιτητική πρόσληψη καλίου όσο και στους ανάλογους βιοχημικούς δείκτες. Μετρήσεις όπως η συγκέντρωση καλίου στα ούρα, στον ορό και στον ιδρώτα είναι ιδιαίτερης σημασίας. Η χορήγηση συμπληρώματος καλίου θα μπορούσε να είναι επωφελής σε περιπτώσεις αθλητών με προδιαθεσικούς παράγοντες υποκαλιαιμίας, όπως αυξημένες απώλειες ή / και διαταραχές ηλεκτρολυτών λόγω χρόνιας διάρροιας, λήψη των προαναφερθέντων, συσχετιζόμενων με το κάλιο φαρμάκων (πχ διουρητικά) ή χορήγηση ινσουλίνης, αλλά και σε περιπτώσεις προϋπερτασικών αθλητών, ως μέτρο πρόληψης. Αντιθέτως, άτομα με παθολογική κατάσταση νεφρών είναι άτομα υψηλού κινδύνου για εμφάνιση υπερκαλιαιμίας, οπότε η συμπληρωματική χορήγηση πιθανόν να αντενδείκνυται.

Σχετικά με τη μορφή του συμπληρώματος καλίου, τα επικρατέστερα και με περισσότερο ερευνητικό υπόβαθρο πρωτόκολλα αναφέρουν το χλωριούχο κάλιο και το κιτρικό κάλιο, καθώς και οι δύο αυτές μορφές έχουν παρουσιάσει επανειλημμένα σημαντική συσχέτιση με τη μείωση της αρτηριακής πίεση. Πέραν αυτού, κάποιες μελέτες ισχυρίζονται πως το κιτρικό κάλιο δρα αντιοξειδωτικά, ενώ άλλα ερευνητικά δεδομένα δείχνουν πως το χλωριούχο κάλιο διαφυλάσσει την οστική πυκνότητα. Αυτά τα δύο δεδομένα, βέβαια, δεν έχουν επαληθευτεί επαρκώς από ακόλουθες έρευνες.

Το προτεινόμενο χρονικό διάστημα χορήγησης είτε κιτρικού είτε χλωριούχου καλίου, ώστε να υπάρξει αξιοσημείωτη θετική επίδραση στην αρτηριακή πίεση αλλά και να έχει κριθεί ασφαλές, συστήνεται από την πλειοψηφία των ερευνών σε 4-6 εβδομάδες. Η δοσολογία που έχει προταθεί είναι 30-64 mmol ή mEq / ημέρα, είτε σε μορφή καψουλών είτε σε μορφή σκόνης διαλυμένης σε νερό. Συστήνεται επίσης συνήθως η χορήγηση μισής δόσης, δύο φορές την ημέρα.

Εν κατακλείδι, η συμπληρωματική λήψη καλίου πιθανόν να είναι επωφελής για έναν αθλητή, ως προληπτικό μέσο ενίσχυσης της καρδιαγγειακής του λειτουργίας. Σε κάθε περίπτωση, τονίζεται η ανάγκη διατροφικής αξιολόγησης του αθλητή πριν από την απόφαση της λήψης του συμπληρώματος, καθώς και η συστηματική παρακολούθηση των κλινικών και βιοχημικών δεικτών κατά το διάστημα χορήγησης. Περαιτέρω μελλοντική μελέτη σχετικά με τη συμπληρωματική λήψη καλίου από αθλητές θα ήταν χρήσιμη για τη διαμόρφωση ενός σταθερού πρωτοκόλλου και για τη διερεύνηση των ενδεχόμενων ωφέλιμων επιδράσεων σε διάφορους ιστούς του σώματος.

Κεφάλαιο 4: Μαγνήσιο

4.1. Εισαγωγή

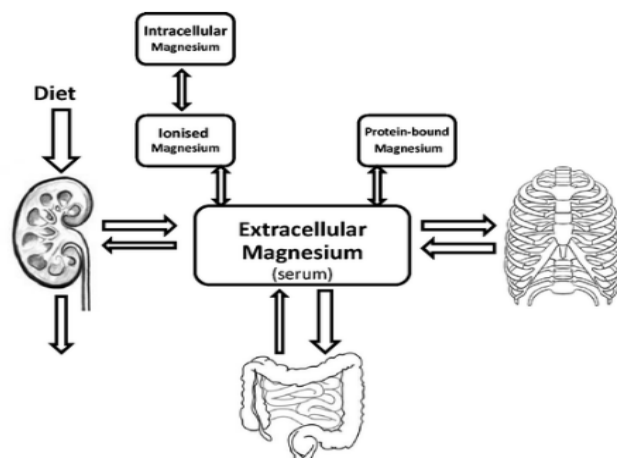
Το μαγνήσιο (Mg^{2+}) έχει πολλές λειτουργίες στο ανθρώπινο σώμα. Λειτουργεί ως συμπράγοντας για περισσότερα από 300 ένζυμα, ρυθμίζοντας μια σειρά από θεμελιώδεις λειτουργίες όπως η μυϊκή συστολή, η νευρομυϊκή αγωγή, ο γλυκαιμικός έλεγχος, η συστολή του μυοκαρδίου και η αρτηριακή πίεση. Επιπλέον, το μαγνήσιο παίζει ζωτικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας, στη ενεργή διαμεμβρανική μεταφορά άλλων ιόντων και στην ανάπτυξη οστών (Grober et al., 2015; Musso, 2019; Fawcett, 1999). Η ανεπάρκεια μαγνησίου έχει συσχετιστεί με ένα ευρύ φάσμα ασθενειών, όπως νόσος του Alzheimer, αντίσταση στην ινσουλίνη, σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, υπέρταση, καρδιαγγειακές παθήσεις (π.χ. εγκεφαλικό επεισόδιο), ημικρανία και διαταραχή ελλειμματικής προσοχής (ADHD) (Grober et al., 2015). Λόγω του ρόλου του μαγνησίου στην παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας, στη φυσιολογική λειτουργία των μυών και στη διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, έχει μελετηθεί ως εργογενές βοήθημα για τους αθλητές (Volpe, 2015). Πολλές μελέτες υποστήριξαν το ρόλο του μαγνησίου στην αθλητική απόδοση και έδειξαν ότι το μαγνήσιο αύξησε τη φυσική αντοχή και βελτίωσε τους δείκτες δύναμης και το μεταβολισμό των μυών σε αθλητές που είχαν πλούσια διατροφή σε μαγνήσιο ή έλαβαν συμπληρώματα μαγνησίου (Nica et al., 2015).

4.2. Ομοίσταση Μαγνησίου

Η συγκέντρωση μαγνησίου στον ορό ρυθμίζεται από την ισορροπία μεταξύ εντερικής απορρόφησης και νεφρικής απέκκρισης. Η απορρόφηση του μαγνησίου συμβαίνει κυρίως στο λεπτό έντερο, μέσω μιας κορεσμένης διακυτταρικής ενεργού οδού και μιας μη κορεσμένης παρακυτταρικής παθητικής οδού. Μικρότερες ποσότητες απορροφώνται στο παχύ έντερο. Στα νεφρά, περίπου το 80% του ολικού μαγνησίου στον ορό διηθείται στα σπειράματα, με >95% να απορροφάται ξανά κατά μήκος του νεφρονίου. Υπό κανονικές συνθήκες, μόνο το 3–5% του διηθημένου μαγνησίου απεκκρίνεται στα ούρα. Περίπου το 10-15% του φιλτραρισμένου μαγνησίου απορροφάται εκ νέου στους εγγύς συνεστραμμένους σωληνίσκους, ενώ το 60-70% απορροφάται παθητικά στον παχύ ανερχόμενο βρόχο του Henle. (Ayuk & Gittoes, 2014)

Τα ερεθίσματα που αυξάνουν την απέκκριση μαγνησίου στα ούρα περιλαμβάνουν την υψηλή νατριουρίαση, τη μεταβολική οξέωση και την εξάντληση των φωσφορικών, ενώ η μεταβολική αλκάλωση, η PTH, η γλυκαγόνη, η αντιδιουρητική ορμόνη και αλδοστερόνη μειώνουν την απέκκριση μαγνησίου στα ούρα. (Ayuk & Gittoes, 2014)

Σχήμα 4-1: Ομοιόσταση μαγνησίου.



(Ayuk & Gittoes, 2014)

4.3. Συστάσεις για πρόσληψη μαγνησίου

Πίνακας 4-1: Τιμές DRI Μαγνησίου.

Ομάδα Πληθυσμού	RDA Μαγνησίου (mg/d)	UL Μαγνησίου* (mg/d)
Άνδρες 14-18 ετών	410	350
Άνδρες 19-30 ετών	400	350
Άνδρες 30-70 ετών	420	350
Άνδρες >70 ετών	420	350
Γυναίκες 14-18 ετών	360	350
Γυναίκες 19-30 ετών	310	350
Γυναίκες 30-70 ετών	320	350
Γυναίκες >70 ετών	320	350
Εγκυμονούσες 14-18 ετών	400	350
Εγκυμονούσες 19-30 ετών	350	350
Εγκυμονούσες 30-50 ετών	360	350
Θηλάζουσες 14-18 ετών	360	350
Θηλάζουσες 19-30 ετών	310	350
Θηλάζουσες 30-50 ετών	320	350

(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2006)

*Το UL του μαγνησίου αφορά μόνο την ποσότητα από φαρμακολογικές πηγές και όχι το μαγνήσιο στα τρόφιμα.

Προηγούμενες έρευνες υπογραμμίζουν τις διατροφικές ανεπάρκειες μαγνησίου σε πληθυσμιακό επίπεδο (Ford & Mokdad, 2003). Η χαμηλή διατροφική πρόσληψη μαγνησίου και η χαμηλή κατάσταση μαγνησίου έχουν συσχετισθεί με χρόνιες καταστάσεις φλεγμονώδους στρες. Περίπου το 60% των ενηλίκων στις Ηνωμένες Πολιτείες δεν καταναλώνουν το RDA για μαγνήσιο. Φαίνεται ότι η ανεπαρκής πρόσληψη μαγνησίου είναι ως επί το πλείστον οριακή έως μέτρια (περίπου 50% με 90% των RDA), η οποία όμως είναι ικανή να επιδεινώσει το χρόνιο φλεγμονώδες στρες και να συμβάλλει στην εμφάνιση ορισμένων νοσημάτων (Nielsen, 2010; Karppanen et al., 2005). Υπάρχουν κατηγορίες πληθυσμού που έχουν ακόμη μεγαλύτερη προδιάθεση για υπομαγνησισαίμια. Οι κορυφαίοι αθλητές αντιπροσωπεύουν μια κατηγορία πληθυσμού που έχει προδιάθεση για ανεπάρκεια μαγνησίου λόγω αυξημένων απωλειών ούρων και ιδρώτα, και σε περιπτώσεις πειθαρχίας σε κλάδους βαρέων βαρών, λόγω μειωμένης διατροφικής πρόσληψης (Nica et al., 2015).

Σε μια τυπική δίαιτα, μόνο το 24-76% του μαγνησίου που καταναλώνεται θα απορροφηθεί (Grober et al., 2015; Jahnhen-Dechent & Ketteler, 2012). Πολλοί επαγγελματίες υγείας πιστεύουν ότι η ιδανική πρόσληψη μαγνησίου πρέπει να βασίζεται στο σωματικό βάρος (π.χ. 4-6 mg ανά kg / ημέρα) (Grober et al., 2015).

Όπως αναφέρθηκε κατά την τεκμηρίωση των DRIs, η ανεπάρκεια μαγνησίου μπορεί να οδηγήσει σε υποκαλιαιμία, μυϊκές κράμπες και επιληπτικές κρίσεις, καθώς και να επηρεάσει τον μεταβολισμό της βιταμίνης D. Δεν έχουν αποδειχθεί δυσμενείς επιπτώσεις της υψηλής πρόσληψης μαγνησίου από πηγές τροφίμων. Η οξεία υπερβολική πρόσληψη μαγνησίου από πηγές εκτός τροφής, όπως φαρμακολογικές δόσεις αλάτων μαγνησίου, μπορεί να προκαλέσει μεταβολική αλκάλωση, υποκαλιαιμία, και παραλυτικό ειλέο, γι' αυτό και οι τιμές UL αφορούν κυρίως τις φαρμακολογικές πηγές (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2006).

4.4. Αλληλεπιδράσεις μαγνησίου με άλλα θρεπτικά συστατικά

- **Ασβέστιο:** Το ασβέστιο και το μαγνήσιο είναι αλληλένδετα μικροθρεπτικά συστατικά. Η αυξημένη πρόσληψη ασβεστίου (>2600 mg/d) ενδέχεται να μειώνει την απορρόφηση μαγνησίου, καθώς και η ανεπάρκεια μαγνησίου πιθανόν να προκαλέσει υποασβαιστιαμία. Συνολικά, προσλήψεις μαγνησίου και ασβεστίου εντός των προτεινόμενων επιπέδων DRIs θεωρούνται ασφαλείς.

- Φυτικό οξύ και διαιτητικές ίνες: Η αυξημένη πρόσληψη τους μειώνει την απορρόφηση μαγνησίου.
- Φώσφορος: Πιθανόν να μειώνει την απορρόφηση μαγνησίου.
- Πρωτεΐνη: Η μειωμένη πρόσληψη της (<30 gr/d) ίσως μειώνει την απορρόφηση μαγνησίου.
- Βιταμίνη D: Η ανεπάρκεια μαγνησίου και η υποασβεστιαμία επηρεάζουν την ανταπόκριση του σώματος προκαλώντας αντίσταση στην φαρμακολογική βιταμίνη D.

(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2006)

4.5. Προσδιορισμός κατάστασης μαγνησίου

Στην κλινική πρακτική, η συγκέντρωση μαγνησίου στον ορό είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη δοκιμή για την αξιολόγηση της κατάστασης του μαγνησίου και το φυσιολογικό εύρος αναφοράς είναι συνήθως 0,7-1 mmol/L ή 0,75-0,95 mmol/L, ισοδύναμο δηλαδή με 1,7-2,4 mg/dL ή 1,8-2,3 mg/dL αντίστοιχα, ανάλογα με τη βιβλιογραφία (Topf & Murray, 2003; Snyder, 2019). Ωστόσο, οι κανονικές τιμές ποικίλλουν από εργαστήριο σε εργαστήριο, και διαφορετικές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει ελαφρώς διαφορετικά εύρη.

Το φυσιολογικό μαγνήσιο στον ορό δεν σημαίνει απαραίτητα επαρκή περιεκτικότητα σε ολικό μαγνήσιο σώματος, αφού στον ορό βρίσκεται λιγότερο από 0,3% του συνολικού μαγνησίου σώματος (Jahnen-Dechent & Ketteler, 2012). Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει άλλα πιο ακριβή αλλά λιγότερο χρησιμοποιούμενα μέτρα για την αξιολόγηση της κατάστασης του μαγνησίου (Grober et al., 2015).

Πίνακας 4-2: Μέθοδοι αξιολόγησης κατάστασης μαγνησίου.

Τεστ	Σχόλια
Μαγνήσιο Ορού	Κάποιες φορές ανεπαρκές καθώς αποτελεί μόνο το 0,3% του συνολικού μαγνησίου στο σώμα. Ωστόσο, είναι εύκολη και φθηνή μέθοδος.
24ωρη απέκκριση στα ούρα ή κλασματική απέκκριση μαγνησίου	Βοηθάει στη διαφοροποίηση της νεφρικής σπατάλης του μαγνησίου και της ανεπαρκούς από την ανεπαρκή απορρόφηση ως αίτια της υπομαγνησαιμίας.
Δοκιμή φόρτωσης μαγνησίου	Αναγνωρίζει ασθενείς με φυσιομαγνητική ανεπάρκεια

	μαγνησίου. Αξιολογεί την εντερική απορρόφηση μαγνησίου. Αξιολογεί έμμεσα την οστική κατάσταση μαγνησίου.
Συγκέντρωση μαγνησίου στα ερυθρά αιμοσφαίρια	Πρώιμη ένδειξη για ανεπάρκεια μαγνησίου. Πιθανόν όχι τόσο αξιόπιστη.
Ισοτοπική ανάλυση μαγνησίου	Αξιολογεί την απορρόφηση μαγνησίου από τον γαστρεντερικό σωλήνα σε ερευνητικό περιβάλλον.
Ιονισμένο μαγνήσιο	Πολύ ακριβής, ιδιαίτερα σε ασθενείς σε κρίσιμη κατάσταση με ραγδαίες αλλαγές στην αιμοδυναμική. Δεν επηρεάζεται από χαμηλή αλβουμίνη.

(Grober et al., 2015)

Θα ήταν χρήσιμο να διαπιστωθεί η κατάσταση του μαγνησίου των αθλητών, μέσω μετρήσεων στον ορό, εκτίμησης της συνηθισμένης πρόσληψης μαγνησίου ή/και άλλων βιοχημικών δεικτών, πριν και μετά τη χορήγηση συμπληρώματος. (Lukaski et al., 1995) Περισσότεροι ερευνητές θα πρέπει να εξετάσουν τη χρήση μαγνησίου πλάσματος ή ορού και ιονισμένου μαγνησίου για να εκτιμήσουν πιο συγκεκριμένα την κατάσταση μαγνησίου (Volpe, 2015).

4.6. Υπομαγνησαιμία

Στη βιβλιογραφία, ως υπομαγνησαιμικοί θεωρήθηκαν οι ασθενείς με συγκεντρώσεις μαγνησίου στον ορό $\leq 0,61$ mmol / L (1,5 mg/dL) ή/και $\leq 0,75$ mmol/L, (Jahnen-Dechent & Ketteler, 2012) Σε νεότερη βιβλιογραφία, ως υπομαγνησαιμία έχει οριστεί τιμή μαγνησίου ορού $< 0,70$ mmol/L. (Cheungpasitporn et al., 2015). Η αξιολόγηση της συγκέντρωσης μαγνησίου στον ορό και η συλλογή δείγματος ούρων 24 ωρών για απέκκριση μαγνησίου είναι προς το παρόν οι πιο σημαντικές εργαστηριακές εξετάσεις για τη διάγνωση της υπομαγνησαιμίας. (Jahnen-Dechent & Ketteler, 2012) Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως όταν τα επίπεδα μαγνησίου στον ορό πέφτουν κάτω από 0,5 mmol/L (1,2 mg / dL) (Pham et al., 2014). Η σοβαρότητα των συμπτωμάτων εξαρτάται από το ρυθμό εξάντλησης του μαγνησίου. Οι κλινικές εκδηλώσεις της υπομαγνησαιμίας μπορεί να επηρεάσουν κάθε σύστημα συμπεριλαμβανομένων του νευρομυϊκού, καρδιαγγειακού, νεφρικού και γαστρεντερικού συστήματος.

Φαρμακευτικές αγωγές που έχουν συσχετιστεί με την υπομαγνησαιμία είναι τα αντιβιοτικά αμινογλυκοσίδης, η αμφοτερικίνη β, ο υποδοχέας αντιεπιδερμικού αυξητικού παράγοντα (EGF) (π.χ. cetuximab), οι αναστολείς καλσινευρίνης (π.χ. κυκλοσπορίνη), τα παράγωγα

πλατίνης (π.χ. σισπλατίνη και καρβοπλατίνη), τα θειαζιδικά διουρητικά, η πενταμιδίνη και οι αναστολείς αντλίας πρωτονίων (PPI). (Jahnen-Dechent & Ketteler, 2012 ; Swaminathan, 2003 ; Topf & Murray, 2003). Επίσης, παθολογικές καταστάσεις που πιθανόν να ευθύνονται για εμφάνιση υπομαγνησισαιμίας είναι ο σακχαρώδης διαβήτης I και II, οι διάρροιες, η στεατόρροια, το σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου και οι έμετοι. (Palmer & Clegg, 2015 ; Topf & Murray, 2003) Τέλος, η υπομαγνησισαιμία είναι πιθανόν να εμφανιστεί σε παρατεταμένες περιόδους νηστείας (Seo & Park, 2008), μια πρακτική δηλαδή που ενδέχεται να εφαρμόζεται από ορισμένους αθλητές προς απώλεια βάρους.

Γίνεται σαφές, λοιπόν, ότι η υπομαγνησισαιμία μπορεί να αποβεί επικίνδυνη για την υγεία του αθλητή. Αθλητές που πληρούν έναν ή περισσότερους από τους πιθανούς παράγοντες πρόκλησης υπομαγνησισαιμίας που αναφέρθηκαν θα πρέπει να αξιολογούνται στενά ως προς κατάσταση μαγνησίου τους.

Τα συμπληρώματα μαγνησίου διατίθενται ως οξείδιο του μαγνησίου, χλωριούχο μαγνήσιο, κιτρικό μαγνήσιο, καθώς και άλλα χημικά αμινοξέα. Στη θεραπεία της υπομαγνησισαιμίας συνιστώνται, λόγω της υψηλής βιοδιαθεσιμότητάς τους, τα οργανικά δεσμευμένα άλατα μαγνησίου, όπως κιτρικό , γλυκονικό ή ασπαρτικό μαγνήσιο. (Grober et al., 2015) Στη συμπτωματική υπομαγνησισαιμία, το πιο κοινό σκεύασμα είναι το θειικό μαγνήσιο διαλυμένο σε νερό σε αναλογία 1:7 (Topf & Murray, 2003).

4.7. Υπερμαγνησισαιμία

Η υπερμαγνησισαιμία προκύπτει συνήθως λόγω υπερβολικής χορήγησης αλάτων μαγνησίου ή φαρμάκων που περιέχουν μαγνήσιο, ειδικά σε ασθενείς με μειωμένη νεφρική λειτουργία. Μπορεί ακόμα, σπάνια, να οφείλεται στην ανακατανομή από τα κύτταρα. Η υπερμαγνησισαιμία εμφανίζεται συνήθως σε ασθενείς που λαμβάνουν καθαρτικά και αντιόξινα που περιέχουν μαγνήσιο για θεραπευτικούς σκοπούς, ακόμη και παρουσία φυσιολογικής νεφρικής λειτουργίας. Σε 75% από αυτές τις περιπτώσεις η υπερμαγνησισαιμία είναι κλινικά ανυποψίαστη. Ήπια υπερμαγνησισαιμία είναι πιθανόν προκληθεί από θεραπεία με λίθιο, υποθυρεοειδισμό, νόσο του Addison και σύνδρομο γάλακτος-αλκάλεως (Swaminathan, 2003).

Πιθανά αίτια υπερμαγνησισαιμίας:

- Βλάβες στην εντερική επένδυση, που μπορούν να αυξήσουν την απορρόφηση μαγνησίου από αντιόξινα που περιέχουν ανθρακικό άλας μαγνησίου ή υδροξείδιο του μαγνησίου, από καθαρτικά με κιτρικό μαγνήσιο ή υδροξείδιο του μαγνησίου, από κλύσματα κιτρικού μαγνησίου και από Epsom άλατα.
- Νεφρική ανεπάρκεια, η οποία αποτελεί το συχνότερο αίτιο.
- Τοξικότητα της θεοφυλλίνης

(Topf & Murray, 2003)

Το ασβέστιο ανταγωνίζεται τις τοξικές επιδράσεις του μαγνησίου και συνεπώς στους ασθενείς με σοβαρή δηλητηρίαση από μαγνήσιο θα πρέπει να χορηγείται 1 gr ενδοφλέβιου γλυκονικού ασβεστίου. Αυτό πρέπει να ακολουθείται από την έγχυση 150-100 mg ασβεστίου για 5-10 λεπτά, κάτι που συνήθως προκαλεί δραματική βελτίωση στην κλινική κατάσταση του ασθενούς. Η χορήγηση γλυκόζης και ινσουλίνης μπορεί επίσης να βοηθήσει στην πρόωση της εισόδου μαγνησίου στα κύτταρα. (Swaminathan, 2003)

Πρέπει να αναφερθεί ότι η υπερμαγνησιαιμία λόγω αυξημένης πρόσληψης από του στόματος μαγνησίου είναι ασυνήθιστη ελλείψει νεφρικής ανεπάρκειας. (Topf & Murray, 2003). Συνεπώς, αθλητές με φυσιολογική νεφρική λειτουργία, που δεν εντάσσονται σε κάποιες από τις παθολογικές κατηγορίες που αναφέρθηκαν, δε διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο υπερμαγνησιαιμίας.

4.8. Κάλυψη συστάσεων μέσω διατροφής

Η συνήθης καθημερινή πρόσληψη μαγνησίου σε μια δυτικού τύπου δίαιτα είναι αρκετή για να αποφευχθεί η ανεπάρκεια, αλλά φαίνεται να μην είναι αρκετά υψηλή για να καθορίσει υψηλές φυσιολογικές συγκεντρώσεις μαγνησίου στον ορό που είναι προστατευτικές από διάφορες ασθένειες. Η τρέχουσα συνήθης πρόσληψη μαγνησίου, παρόλο που επαρκεί για να αποφευχθεί η εμφανής ανεπάρκεια μαγνησίου στο μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, ενδέχεται να μην είναι αρκετά υψηλή για να μας παρέχει την πιθανή μείωση κινδύνου ορισμένων ασθενειών. Ο μεταβολισμός πιθανόν να λειτουργεί αποτελεσματικότερα σε υψηλή πρόσληψη μαγνησίου. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει, βάση της ομοιόστασης του οργανισμού, ότι για να διαπιστωθούν σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις μαγνησίου στον ορό, πρέπει να χορηγηθούν τουλάχιστον 300 mg μαγνησίου σε μορφή συμπληρώματος (Vormann, 2003).

4.9. Επιδράσεις των συμπληρωμάτων μαγνησίου

Η πρόσληψη και η κατάσταση μαγνησίου είναι δύο σημαντικοί παράμετροι για τη συνολική υγεία και την αθλητική απόδοση. Ωστόσο, μπορούν τα συμπληρώματα μαγνησίου να βελτιώσουν την αθλητική απόδοση;

Οι Setaro et al. εξέτασαν εάν το συμπλήρωμα μαγνησίου δρα ως εργογόνο βοήθημα στην αθλητική απόδοση των παικτών βόλεϊ. Μελέτησαν 25 επαγγελματίες άνδρες παίκτες βόλεϊ, στους οποίους ανατέθηκε τυχαία είτε να πάρουν 350 mg/d μαγνησίου είτε 500 mg μαλτοδεξτρίνης (ομάδα ελέγχου) για 4 εβδομάδες. Αξιολογήθηκαν τα ακόλουθα κατά την έναρξη και μετά από 4 εβδομάδες συμπληρώματος: επίπεδα ερυθροκυττάρων, μαγνήσιο πλάσματος και ούρων, δραστηριότητα κρεατινικής κινάσης πλάσματος, παραγωγή γαλακτικού, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO₂max) και πλυομετρική απόδοση (άλμα με κάθισμα, άλμα αντίθετης κίνησης, κίνηση άλματος με ταλάντευση βραχίονα) και ισοκινητική απόδοση (μέγιστη ροπή, ισχύ και συνολική εργασία). Οι Setaro et al. ανέφεραν ότι οι συγκεντρώσεις ερυθροκυττάρων και μαγνησίου στα ούρα, καθώς και η δραστηριότητα της κρεατινικής κινάσης και το VO₂max παρέμειναν εντός μέσων ορίων τόσο στις ομάδες χορήγησης συμπληρώματος όσο και στις ομάδες ελέγχου. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις στο μαγνήσιο πλάσματος μειώθηκαν σημαντικά εντός της ομάδας που έλαβε συμπλήρωμα, κάτι που δεν είναι αναμενόμενη απόκριση. Ανέφεραν επίσης σημαντικές μειώσεις στην παραγωγή γαλακτικού οξέος και σημαντικές αυξήσεις (έως 3 cm) στο άλμα αντίθετης κίνησης και άλμα αντίθετης κίνησης με ταλάντευση βραχίονα στην ομάδα που έλαβε συμπλήρωμα, ενώ δεν αναφέρθηκαν αλλαγές στην ομάδα ελέγχου (Setaro et al., 2014). Φαίνεται, λοιπόν, ότι ο ισχυρισμός πως το συμπλήρωμα μαγνησίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην αθλητική απόδοση, πιθανόν να έχει βάση.

Αν και έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ότι το Mg έχει θετικό αποτέλεσμα σχετικά με τη λειτουργία των μυών, κάποιες μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των συμπληρωμάτων Mg σε νέους οι αθλητές έχουν δημιουργήσει αντίθετα αποτελέσματα. Ο σκοπός, λοιπόν, της μελέτης των Córdova-Martínez et al. ήταν να εξετάσει την επίδραση της συμπλήρωσης Mg στους δείκτες μυϊκής βλάβης και τη συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων Mg στον ορό με τους μυϊκούς δείκτες. Δώδεκα ελίτ άνδρες παίκτες μπάσκετ (PB) από μια ομάδα της Spanish Professional Basketball League και μια ομάδα ελέγχου (CG) με δώδεκα φοιτητές πανεπιστημίου που ασκούσε τακτικά ερασιτεχνικό μπάσκετ και συμμετείχε σε μικρά πανεπιστήμια πρωταθλήματα συμμετείχε σε αυτή τη μελέτη. Οι

αθλητές PB έλαβαν συμπλήρωμα μαγνησίου 400 mg/ημέρα Mg, με τη μορφή γαλακτικού Mg. Τα δείγματα αίματος ελήφθησαν τέσσερις φορές κατά τη διάρκεια της σεζόν, εκ των οποίων το καθένα αποτελούνταν από οκτώ εβδομάδες: T1: Οκτώβριος, T2: Δεκέμβριος, T3: Μάρτιος και T4: Απρίλιος. Οι συγκεντρώσεις ορού Mg έδειξαν σημαντική μείωση στο T3 ($1,56 \pm 0,03$ mg / dL), σε σχέση με το T1 ($1,69 \pm 0,04$ mg / dL) και T2 ($1,69 \pm 0,04$ mg / L). Στο τέλος της μελέτης, η συγκέντρωση Mg στον ορό ήταν σημαντικά υψηλότερη (T4: $1,79 \pm 0,06$ mg / dL) από ό, τι στο T3. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η χορήγηση συμπληρώματος Mg σε ελίτ αθλητές, κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής σεζόν, θα μπορούσε να ασκήσει προστατευτική επίδραση στους μύες. Αυτό συνέβη χωρίς σημαντικές αλλαγές στα επίπεδα κορτιζόλης και αναβολικών ορμονών (Córdoba-Martínez et al., 2017).

Ωστόσο, με βάση τα ερευνητικά δεδομένα, φαίνεται ότι οι περισσότεροι αθλητές δεν καταναλώνουν επαρκείς ποσότητες μαγνησίου στη διατροφή τους. Επιπλέον, οι υπολογιστικές αναλύσεις διατροφής μπορεί να υπερεκτιμούν την πραγματική διατροφική πρόσληψη. Παρόλο που υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι τα συμπληρώματα μαγνησίου μπορούν να ενισχύσουν την αθλητική απόδοση σε άτομα όλων των ηλικιών, απαιτείται περισσότερη έρευνα για μεγαλύτερες περιόδους για να καταστεί σαφές ότι το μαγνήσιο μπορεί να λειτουργήσει ως πραγματικό εργογενές βοήθημα (Volpe et al., 2015).

Οι κατασκευαστές συμπληρωμάτων που περιέχουν διϋδρικό γαλακτικό μαγνήσιο και μονοϋδρικό γαλακτικό ασβέστιο ισχυρίζονται ότι βελτιώνουν την αθλητική απόδοση. Ο σκοπός της μελέτης των Reveler & Palmer ήταν να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του γαλακτικού ως ουσία που βελτιώνει την απόδοση. Εννέα ποδηλάτες ολοκλήρωσαν 3 προσομοιωμένες δοκιμές χρόνου 20 km που πραγματοποιήθηκαν σε ένα velotron. Η πρώτη δοκιμή χρησιμοποιήθηκε ως δοκιμή εξοικείωσης και οι δύο τελευταίες δοκιμές ήταν αντισταθμιζόμενες δοκιμές εργογόνου βοήθειας / εικονικού φαρμάκου. Τα εξαρτώμενα μέτρα (χρόνος, μέση ισχύς, καρδιακός ρυθμός και βαθμολογίες της αντιληπτής άσκησης) για τις 3 δοκιμές συγκρίθηκαν χρησιμοποιώντας επαναλαμβανόμενη ανάλυση διακύμανσης μετρήσεων. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του εικονικού φαρμάκου και του εργογονικού βοηθήματος σε μετρήσεις χρόνου, μέσης ισχύος και καρδιακού ρυθμού. Εν τέλει, η χορήγηση συμπληρωμάτων διϋδρικού γαλακτικού μαγνησίου και μονοϋδρικού γαλακτικού ασβεστίου δεν φαίνεται να βελτιώνει σημαντικά τους χρόνους κατά τη διάρκεια μιας προσομοιωμένης δοκιμαστικής περιόδου 20

χιλιομέτρων και επομένως δε συνιστάται για χρήση ως εργογONO βοήθημα. (Peveler & Palmer, 2012)

Η έρευνα των Kass et al. είχε διπλό σκοπό. Πρώτον, να μελετηθούν οι επιδράσεις των συμπληρωμάτων μαγνησίου στη συστολική αρτηριακή πίεση σε κατάσταση ηρεμίας και κατά την ανάκαμψη από αερόβιες ασκήσεις και ασκήσεις αντίστασης, καθώς και να μελετηθούν οι επιδράσεις του μαγνησίου στην απόδοση της άσκησης. Δεύτερον, εξετάστηκε εάν μια συνήθης χαμηλή ή υψηλή διατροφική πρόσληψη μαγνησίου επηρεάζει τα αποτελέσματα. Μελετήθηκαν 16 σωματικά ενεργοί άνδρες, ηλικίας περίπου 21 ετών, στους οποίους είτε χορηγήθηκαν τυχαία 300 mg/d συμπληρώματος οξειδίου του μαγνησίου ή είτε ήταν ομάδα ελέγχου, για 14 ημέρες. Κατά την έναρξη και μετά από 14 ημέρες, η αρτηριακή πίεση ηρεμίας και ο καρδιακός ρυθμός εκτιμήθηκαν πριν από μια δοκιμή μέγιστου κύκλου 30 λεπτών, η οποία ακολουθήθηκε από ισομετρική πάγκο 3-επί-5 δευτερολέπτων. Ζητήθηκε επίσης από τους συμμετέχοντες να διατηρήσουν ένα τριήμερο ημερολόγιο καταγραφής φαγητού (Kass et al., 2013).

Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση της συστολικής αρτηριακής πίεσης ηρεμίας (μείωση 8,9 mm Hg) και μετά την άσκηση (μείωση 13 mm Hg) στην ομάδα που έλαβε συμπλήρωμα μαγνησίου. Επιπλέον, η αρτηριακή πίεση ανάκτησης ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα που έλαβε συμπλήρωμα μαγνησίου σε σύγκριση με εκείνη στην ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, δεν υπήρχαν διαφορές στην απόδοση κατά την άσκηση μεταξύ των ομάδων. Επιπλέον, η ομάδα που κατανάλωσε περισσότερο μαγνήσιο στη διατροφή τους είχε θετικά αποτελέσματα στην αρτηριακή πίεση σε σύγκριση με εκείνη με χαμηλότερη πρόσληψη μαγνησίου. Αν και δεν υπήρξαν άμεσες επιδράσεις στην απόδοση της άσκησης, αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τόσο η λήψη συμπληρώματος μαγνησίου όσο και η υψηλή πρόσληψη μαγνησίου στη διατροφή μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την αρτηριακή πίεση μετά την άσκηση (Kass et al., 2013).

Σε ακόλουθη μελέτη των Kass και Roëira, εκτιμήθηκε η επίδραση του από του στόματος συμπληρώματος μαγνησίου στην άσκηση αντίστασης και την αγγειακή απόκριση μετά από έντονη άσκηση, για οξεία (1 εβδομάδα) και χρόνια (4 εβδομάδες) στρατηγική φόρτωσης μαγνησίου. Αυτοί οι αθλητές κατανάλωναν ήδη περίπου 370 mg/ημέρα διαιτητικού μαγνησίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επίδραση του συμπληρώματος πιθανόν εξαρτάται από τη διάρκεια της χορήγησης. Πραγματοποιήθηκε δοκιμή χρόνου ποδηλασίας για την πρόκληση φυσιολογικού στρες, όπου εκτιμήθηκε η αρτηριακή πίεση και 1 μέγιστη

επανάληψη (1RM) πάγκου (μετά τη χρονική δοκιμή). Στην οξεία χορήγηση, η 1RM αυξήθηκε κατά 17% σε σύγκριση με την αρχική τιμή (πριν από την έναρξη της συμπλήρωσης), ενώ στη χρόνια χορήγηση, δεν υπήρξε αλλαγή στον πάγκο 1RM. Επιπλέον, κατά την οξεία χορήγηση, δεν εμφανίστηκε καμία μείωση της ισχύος κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων στην κόπωση την επόμενη ημέρα, μετά τη δοκιμαστική περίοδο, ενώ στην ομάδα χρόνιας χορήγησης υπήρξε μείωση της απόδοσης κατά 32%. Η αρτηριακή πίεση έδειξε επίσης μεγαλύτερη και πιο συνεπής μείωση στην ομάδα οξείας χορήγησης έναντι της χρόνιας. Συμπερασματικά, μπορεί να δηλωθεί ότι οι βελτιώσεις που παρατηρούνται με τη στρατηγική οξείας φόρτωσης δεν μπορούν να παρατηρηθούν στον ίδιο βαθμό με τη χρόνια φόρτωση, υποδηλώνοντας έτσι ένα δυνητικά ρυθμιστικό αποτέλεσμα στο σώμα που επηρεάζεται από τη διάρκεια της πρόσληψης συμπληρωμάτων μαγνησίου (Kass & Poeira, 2015).

Σε μια μετα-ανάλυση των Jee et al. σε 20 τυχαιοποιημένες δοκιμές εξετάστηκαν οι επιδράσεις των συμπληρωμάτων μαγνησίου στην αρτηριακή πίεση. Οι 14 μελέτες περιλάμβαναν υπερτασικούς και οι 6 νορμοτασικούς συμμετέχοντες, συνολικού αριθμού 1220. Οι δόσεις μαγνησίου κυμαίνονταν από 10 έως 40 mmol/ημέρα (μ.ο. 15,4 mmol / ημέρα). Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική δοσοεξαρτώμενη επίδραση του μαγνησίου, με μειώσεις της συστολικής κατά 4,3 mmHg και της διαστολικής κατά 2,3 mmHg για κάθε αύξηση 10 mmol/ημέρα της δόσης μαγνησίου. Υπάρχει βέβαια ακόμη σημαντική αβεβαιότητα σχετικά με την κλινική χρησιμότητα των συμπληρωμάτων μαγνησίου, που απαιτεί μελλοντική μελέτη. (Jee et al., 2002).

Σε μελέτη σε καλά προπονημένους αθλητές αντοχής σε περίοδο υποκινησίας, δηλαδή σε ένα διάστημα 12 μηνών κατά τους που δεν μπορούσαν να τρέξουν (μετάβαση από 13,9 km/d σε 4,7 km/d), εισηγήθηκε αρνητικό ισοζύγιο Mg (πρόσληψη Mg χαμηλότερη από την απώλεια στα κόπρανα και στα ούρα), σε σύγκριση με θετικό ισοζύγιο σε αθλητές των οποίων η άσκηση δεν είχε περιοριστεί. Αυτό το αρνητικό ισοζύγιο είχε ως αποτέλεσμα αυξημένο Mg ορού, ανεξάρτητα από το συμπλήρωμα χαμηλής δόσης Mg (0,5 mg/kg/d). Θετικό γεγονός είναι ότι η ημερήσια φόρτωση Mg, που επαναλήφθηκε 4 φορές, δεν προκάλεσε κάποιο σύμπτωμα δυσφορίας στους συμμετέχοντες. Αξίζει να αναφερθεί ότι το αρνητικό ισοζύγιο ήταν μεγαλύτερο όταν μειώθηκε η φυσική δραστηριότητα σε συνδυασμό με τη χορήγηση συμπληρώματος Mg, ενώ το θετικό ισοζύγιο ήταν εμφανές στους αθλητές που συνδύαζαν τα συμπληρώματα Mg με τη συνηθισμένη τους προπόνηση.

Αυτά τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι όταν το μαγνήσιο χορηγείται κατά τη διάρκεια του περιορισμού της άσκησης, σημαντικά ποσά απεκκρίνονται, πιθανώς επειδή χρησιμοποιούνται λιγότερες ποσότητες Mg. Το γεγονός αυτό τονίζει τον ρόλο του μυός στο μεταβολισμό Mg (Zorbas et al., 1998).

Πέραν της αρτηριακής πίεσης, σχετικά με την επίδραση του μαγνησίου στην καρδιαγγειακή λειτουργία, έχει μελετηθεί και η επίδραση των συμπληρωμάτων μαγνησίου στη μέτρηση της μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού (HRV). Ένα χαμηλό HRV δείχνει μια ανισορροπία του συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού συστήματος και ως εκ τούτου είναι ένας δείκτης άγχους. Οι Wienecke & Nolden πραγματοποίησαν μια τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη με 100 συμμετέχοντες και περίοδο 90 ημερών. Κύριο αντικείμενο της έρευνας ήταν σε ποιο βαθμό το μαγνήσιο, το οποίο είναι ένας υψηλής ποιότητας φυσικός ανταγωνιστής του ασβεστίου στην καρδιολογία, μπορεί να επηρεάσει τη συμπαθητική ισορροπία, όταν χορηγείται σε συνδυασμό με προπόνηση ενδυνάμωσης. Η επίδραση στη συγκέντρωση ενδοκυτταρικού μαγνησίου διερευνήθηκε ως επιπρόσθετη παράμετρος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην ομάδα με ημερήσια χορήγηση συμπληρώματος 400 mg μαγνησίου, η παράμετρος HRV αυξήθηκαν σημαντικά, ενώ στην ομάδα ελέγχου δεν παρουσιάστηκαν θετικές αλλαγές. Η δραστηριότητα του κόλπου του μυοκαρδίου και, συνεπώς, η προσαρμοστική και αναγεννητική ικανότητα του σώματος, αυξήθηκε με τα συμπληρώματα μαγνησίου. Καμία επίδραση στην ενδοκυτταρική συγκέντρωση μαγνησίου δεν μπορούσε να αποδειχθεί στη μελέτη. Συνεπώς, επισημαίνεται ότι τα άτομα με ψυχική και σωματική πίεση μπορούν να επωφεληθούν από την καθημερινή πρόσληψη μαγνησίου. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε βελτιωμένη φυσιολογική ρύθμιση των συμπαθητικών και παρασυμπαθητικών εκροών και, επιπλέον, να αποτρέψει ανεπάρκεια μαγνησίου και ασθένειες όπως, για παράδειγμα, ανησυχία, ευερεθιστότητα, έλλειψη συγκέντρωσης, διαταραχή ύπνου ή κατάθλιψη (Wienecke & Nolden, 2016).

Τέλος, μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική της από στόματος χορήγησης μαγνησίου είναι η τοπική ή διαδερμική χορήγηση μαγνησίου. Η διαδικασία περιλαμβάνει την διαδερμική, τοπική εφαρμογή, με λοσιόν μαγνησίου ή άλατα μπάνιου μαγνησίου. Λαμβάνοντας υπ' όψη τις πολλές παρεμβολές στην απορρόφηση από του στόματος συμπληρωμάτων μαγνησίου, η διαδερμική προσέγγιση θα μπορούσε να είναι επωφελής. Η βιβλιογραφία προτείνει ένα πρωτόκολλο 2-3 λουτρών την εβδομάδα, σε διάλυμα 1% MgSO₄ (δηλαδή

600mg σε 60 l νερό), για μέγιστο όφελος στο γενικό πληθυσμό. Μία μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το θειικό μαγνήσιο (Epsom salt) σε μορφή αλάτων είναι μια εύκολη μέθοδος για την αύξηση των επιπέδων μαγνησίου στο σώμα. (Nica et al., 2015) Μια πιλοτική μελέτη που δημοσιεύθηκε από τους Watkins και Josling έδειξε πως το μαγνήσιο μπορεί να διασχίσει αποτελεσματικά το δέρμα, καθώς και ότι η διαδερμική εφαρμογή μίας σύνθεσης 31% χλωριούχου μαγνησίου θα μπορούσε να αλλοιώσει τα επίπεδα μαγνησίου στον ορό και την αναλογία ασβεστίου/μαγνησίου σε όλο το σώμα. Μετά από θεραπεία 12 εβδομάδων, το 89% των ατόμων αύξησαν τα επίπεδα κυτταρικού μαγνησίου κατά 59,7%, κατά μέσο όρο (Watkins & Josling, 2010; Nica et al., 2015).

4.10. Πρωτόκολλα χορήγησης

Πίνακας 4-3: Πρωτόκολλα χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου.

Συμπλήρωμα	Είδος Μελέτης	Ημερήσια Δόση	Χρονικό Διάστημα	Αποτελέσματα	Βιβλιογραφία
Γαλακτικό Mg	Τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	400 mg/d Mg	8 εβδομάδες	Προστατευτική επίδραση στους μύες. Μείωση κρεατινίνης. Χωρίς αλλαγές σε κορτιζόλη και αναβολικές ορμόνες.	(Cordova-Martinez et al., 2017)
Γαλακτικό Mg & Γαλακτικό Ca	Διπλή-τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	487,3 mg γαλακτικού/ 22,68 kg BW/ d	1 ώρα πριν την άσκηση	Δεν βελτιώθηκαν οι χρόνοι, δε διαπιστώθηκε εργογόνος δράση.	(Peveler & Palmer, 2012)
Οξείδιο Mg	Πιλοτική, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	300 mg/d Mg	2 εβδομάδες	Σημαντική μείωση συστολικής ΑΠ ηρεμίας και συστολικής ΑΠ κατόπιν άσκησης. Αύξηση πρόσληψης διαιτητικού Mg συσχετίστηκε με μείωση ΑΠ. Δε διαπιστώθηκε εργογόνος δράση.	(Kass et al., 2013)
Κιτρικό Mg	Τυχαιοποιημένη, διπλή-τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	300 mg/d Mg	Οξεία: 1 εβδομάδα Χρόνια: 4 εβδομάδες	Οξεία: Αύξηση 1RM +17% αύξηση μυϊκής ισχύος, μείωση αρτηριακής πίεσης. Χρόνια: Δε διαπιστώθηκαν σημαντικές βελτιώσεις.	(Kass & Poeira, 2015)
Οξείδιο Mg	Τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	350 mg/d Mg	4 εβδομάδες	Σημαντική μείωση παραγωγής γαλακτικού οξέος & σημαντική αύξηση άλματος (+3cm). Μείωση συγκέντρωσης Mg πλάσματος.	(Setaro et al., 2014)
Διαδερμικό έλαιο 31% MgCl₂	Πιλοτική.	Καθημερινή εφαρμογή με σπρέι + 20 λεπτά	12 εβδομάδες	Αύξηση επιπέδων Mg ορού κατά 59,7% μέσο όρο.	(Watkins & Josling, 2010)

		μούλιασμα ποδιών 2 φορές/εβδ.			
Οξείδιο Mg	Τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	400 mg/d Mg	90 ημέρες	Αύξηση HRV (βελτίωση ρύθμισης ισορροπίας παρασυμπαθητικού και συμπαθητικού συστήματος. Αύξηση δραστηριότητας κόλπου μυοκαρδίου.	(Wienecke & Nolden, 2016)
Από του στόματος Mg	Τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο.	5 mg/kg BW/d Mg	12 μήνες	Η υποκινησία/μείωση φυσικής δραστηριότητας προκαλεί αύξηση του αρνητικού ισοζυγίου Mg. Συμπλήρωμα Mg χωρίς φυσική δραστηριότητα προκαλεί έκκριση μεγάλων ποσοτήτων Mg.	(Zorbas et al., 1998)
Από του στόματος Mg (χλωριούχο, ασπαρτικό, κιτρικό, οξείδιο, υδροξείδιο, διγλυκινικό)	Μετα-ανάλυση 20 τυχαιοποιημένων δοκιμών,	10 έως 40 mmol/d Mg (μ.ο. 15,4) δηλαδή μ.ο. 374 mg/d	3-24 εβδομάδες (μ.ο. 12,8)	Σημαντικά δοσοεξαρτώμενη η επίδραση του μαγνησίου στην ΑΠ. Για κάθε αύξηση δόσης 10 mmol/d αναλογεί μείωση -4,3 mmHg συστολικής ΑΠ και -2,3 mmHg διαστολικής ΑΠ.	(Jee et al., 2002)

4.11. Συμπέρασμα

Κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα συμπληρώματα μαγνησίου μελετήθηκαν 29 έρευνες, από τη χρονολογία 1998 έως και το 2019. Η πρόσληψη μαγνησίου και η κατάσταση μαγνησίου στον οργανισμό φαίνεται να είναι παράγοντες ισχυρά αλληλένδετοι με τη λειτουργία των μυών, γεγονός που το καθιστά ένα μικροθρεπτικό με ιδιαίτερη σημασία για τον αθλητή. Κατ'αρχάς, η επίδραση των συμπληρωμάτων μαγνησίου στην αρτηριακή πίεση, τόσο στην ηρεμία όσο και μεταπροπονητικά, φαίνεται ιδιαίτερα ευεργετική, αποδεικνύεται δοσοεξαρτώμενη και επαληθεύεται από αρκετές πρότυπες τυχαιοποιημένες δοκιμές. Ακόμη, αξιοσημείωτη είναι η επίδραση των συμπληρωμάτων στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος, στη μείωση της παραγωγής γαλακτικού οξέος και στην αύξηση της και μέγιστης επανάληψης στον πάγκο. Η εργογόνος αυτή δράση, παρόλο που υποστηρίζεται από ικανοποιητικό υπόβαθρο ερευνών, δεν επαληθεύτηκε σε όλες τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν και άρα, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Οι πιο συνήθεις μορφές που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές είναι το οξείδιο του μαγνησίου, το γαλακτικό και το κιτρικό μαγνήσιο. Οι τρεις αυτές μορφές έχουν δείξει σημαντική μείωση της αρτηριακής πίεσης κατά τη χορήγηση τους σε κλινικές

δοκιμές, καθώς και θετική επίδραση στη λειτουργία των μυών. Τα άτομα που συμπεριλήφθηκαν στις εν λόγω μελέτες αθλούσαν συστηματικά κατά τη διάρκεια τους, ενώ η μελέτη των Zorbas et al., απέδειξε ότι η υποκινησία αυξάνει το αρνητικό ισοζύγιο μαγνησίου. Συνεπώς, η χορήγηση συμπληρωμάτων μαγνησίου ενδείκνυται κυρίως για αθλούμενους, οι οποίοι είναι και ο πληθυσμός στόχος της παρούσας εργασίας.

Οι ημερήσιες δόσεις κυμαίνονται, ως επί το πλείστον, σε 300-400 mg/d και το χρονικό διάστημα σε 1-24 εβδομάδες, ώστε να έχει αποτελέσματα. Οφείλει να αναφερθεί ότι το UL για το μαγνήσιο ορίζεται στα 350 mg/d για φαρμακολογικές πηγές και συμπληρώματα, οπότε θα ήταν συνετό να μη χορηγείται μεγαλύτερη δόση από αυτήν. Μία μελέτη έδειξε καλύτερα αποτελέσματα στη μυϊκή ισχύ σε οξεία χορήγηση συμπληρώματος, δηλαδή 1 εβδομάδα, συγκριτικά με τη χρόνια χορήγηση, δηλαδή 4 εβδομάδες. Ωστόσο, οι υπόλοιπες έρευνες δείχνουν σημαντικά αποτελέσματα σε διαστήματα κατά μέσο όρο 7,6 εβδομάδων. Η μεμονωμένη χορήγηση 1 ώρα πριν την άσκηση δεν επέφερε κάποιο αποτέλεσμα.

Αθλητές που πιθανόν να επωφελούνταν από την λήψη συμπληρώματος μαγνησίου, στο πλαίσιο της πρόληψης ανεπάρκειας του, είναι αυτοί που πληρούν έναν ή περισσότερους από τους προδιαθεσικούς παράγοντες για υπομαγνησαιμία, όπως παρατεταμένη νηστεία, λήψη συσχετιζόμενων φαρμάκων, σακχαρώδη διαβήτη, διάρροιες, στεατόρροιες, σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου ή / και έμετους. Ακόμη, η υψηλή πρόσληψη ασβεστίου, ενδεχομένως λόγω λήψης συμπληρώματος του, πιθανόν να μειώνει τα επίπεδα μαγνησίου. Στον αντίποδα, με προδιαθεσικούς παράγοντες για υπερμαγνησαιμία και άρα πιθανή αντένδειξη για λήψη συμπληρώματος, βρίσκονται αθλητές μειωμένη νεφρική λειτουργία, θεραπεία με λίθιο, υποθυρεοειδισμό, νόσο Addison ή / και σύνδρομο γάλακτος-αλκάλειας.

Σε κάθε περίπτωση, η διατροφική και ιατρική αξιολόγηση θα πρέπει να προηγείται της απόφασης για χορήγηση συμπληρώματος μαγνησίου σε έναν αθλητή, καθώς και να πραγματοποιείται τακτικά κατά τη διάρκεια αυτής. Βιοχημικοί δείκτες κλινικής σημασίας για την κατάσταση μαγνησίου του οργανισμού είναι το μαγνήσιο ορού, που βέβαια δεν είναι τόσο αξιόπιστο, το ιονισμένο μαγνήσιο και η 24ωρη απέκκριση μαγνησίου στα ούρα. Σε γενικές γραμμές, η χορήγηση συμπληρώματος μαγνησίου στα πλαίσια του πρωτοκόλλου που αναφέρθηκε πιθανόν να είναι ωφέλιμη για την καρδιαγγειακή και οστική υγεία ενός αθλούμενου.

Κεφάλαιο 5: Νομοθεσία συμπληρώματα

Ως συμπληρώματα διατροφής ορίζονται τα διατροφικά προϊόντα αρμοδιότητας ΕΟΦ με σκοπό τη συμπλήρωση της συνήθους δίαιτας, τα οποία αποτελούν συμπυκνωμένες πηγές θρεπτικών συστατικών ή άλλων ουσιών με θρεπτικές ή φυσιολογικές επιδράσεις, μεμονωμένων ή σε συνδυασμό, και τα οποία διατίθενται στο εμπόριο σε δοσιμετρικές μορφές, ήτοι μορφές παρουσίασης όπως κάψουλες, παστίλιες, δισκία, χάπια και άλλες παρόμοιες μορφές υγρών και κόνεων που προορίζονται να ληφθούν σε προμετρημένες μικρές μοναδιαίες ποσότητες.

Για να θεωρηθεί ένα συμπλήρωμα νόμιμο, πρέπει να ανταποκρίνεται στους εξής θεσπισμένους κανόνες:

1. ΦΕΚ 395B'/2004 (βασική ΚΥΑ)
2. ΦΕΚ 1984B'/2011 (τροποποίηση)
3. ΦΕΚ 2855B'/2013 (τροποποίηση)
4. Κανονισμός 1170/2009/EK της Ε.Ε.
5. Κανονισμός 432/2012.
6. Τροποποίηση του παραπάνω Κανονισμού : 536/2013.

5.1. Χώροι διάθεσης συμπληρωμάτων διατροφής

Βασικός χώρος διάθεσης των συμπληρωμάτων διατροφής είναι τα φαρμακεία. Άλλοι τρόποι με τους οποίους μπορούν επίσης να διατίθενται είναι σε καταστήματα τα οποία, κατά την κείμενη νομοθεσία, επιτρέπεται να πωλούν τυποποιημένα τρόφιμα. Η τοποθέτηση των προϊόντων θα πρέπει να γίνεται σε ιδιαίτερο χώρο, με ευκρινή σήμανση "Συμπληρώματα διατροφής". Επιτρέπεται επίσης η εξ αποστάσεως πώληση, μόνο από τους παραπάνω πηγές και μόνο εφόσον πληρούνται οι ειδικοί όροι της νομοθεσίας για πωλήσεις εξ αποστάσεως (ΦΕΚ 1984B'/2011).

Συνεπώς, εάν ένας αθλητής ή/και ο υπεύθυνος επαγγελματίας υγείας του αποφασίσουν να προβούν σε χορήγηση συμπληρώματος, θα πρέπει να το προμηθεύονται από τους φορείς που αναφέρθηκαν, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία και η ασφάλεια του.

5.2. Μορφές συμπληρωμάτων

Βιταμινούχες και ανόργανες ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται για την παρασκευή συμπληρωμάτων διατροφής (ΦΕΚ 395B'/2004, σελ. 5293-5295):

Σίδηρος:

- Ανθρακικός σίδηρος II
- Κιτρικός σίδηρος II
- Εναμμώνιος κιτρικός σίδηρος III
- Γλυκονικός σίδηρος II
- Φουμαρικός σίδηρος II
- Γαλκτικός σίδηρος II
- Θεικός σίδηρος II
- Πυροφωσφορικός σίδηρος
- Σακχαρικός σίδηρος
- Στοιχειακός σίδηρος (από ηλεκτρική συνυδροαγωγή)

Ασβέστιο:

- Ανθρακικό ασβέστιο
- Χλωριούχο ασβέστιο
- Κιτρικά άλατα του ασβεστίου
- Γλυκονικό ασβέστιο
- Γλυκεροφωσφορικό ασβέστιο
- Γαλακτικό ασβέστιο
- Ορθοφωσφορικά άλατα του ασβεστίου
- Υδροξείδιο του ασβεστίου
- Οξείδιο του ασβεστίου

- D-παντοθενικό ασβέστιο

Μαγνήσιο:

- Οξικό μαγνήσιο
- Ανθρακικό μαγνήσιο
- Χλωριούχο μαγνήσιο
- Κιτρικά άλατα του μαγνησίου
- Γαλακτικό μαγνήσιο
- Υδροξείδιο του μαγνησίου
- Οξείδιο του μαγνησίου
- Θεϊκό μαγνήσιο

Κάλιο:

- Όξινο ανθρακικό κάλιο
- Ανθρακικό κάλιο
- Χλωριούχο κάλιο
- Κιτρικό κάλιο
- Γλυκονικό κάλιο
- Γλυκεροφωσφορικό κάλιο
- Γαλακτικό κάλιο
- Υδροξείδιο καλίου
- Μετά καλίου άλατα ορθοφωσφορικού οξέος
- Φθοριούχο κάλιο

5.3. Ελάχιστη και μέγιστη δόση

Το ΦΕΚ 395B'/2004, σελ. 5296 ορίζει τα ποσοστά ελάχιστης και μέγιστης δόσης ανόργανων στοιχείων που μπορούν να χρησιμοποιούνται στις παρασκευή συμπληρωμάτων

διατροφής βάση της Συνιστώμενης Ημερήσιας Πρόσληψης (ΣΗΠ). Η ελάχιστη δόση ορίζεται στο 15% της ΣΗΠ, ενώ η μέγιστη στο 100% της ΣΗΠ.

Πίνακας 5-1: Ελάχιστη και μέγιστη δοσολογία βάσει ΦΕΚ.

Ανόργανα στοιχεία	ΣΗΠ	Ελάχιστο Όριο	Μέγιστο Όριο
Σίδηρος	14 mg	2,1 mg	14 mg
Ασβέστιο	700 mg	105 mg	700 mg
Μαγνήσιο	300 mg	45 mg	300 mg
Κάλιο	-	-	-

Όσον αφορά το μέγιστο όριο, μπορεί να ληφθεί υπ'όψη και η δημοσίευση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια Τροφίμων (EFSA) σχετικά με το ανώτερο ανεκτό επίπεδο πρόσληψης (UL).

Πίνακας 5-2: UL μετάλλων βάσει EFSA.

Θρεπτικό συστατικό	UL ενήλικες (mg/d)	UL Κύηση (mg/d)	UL Θηλασμός (mg/d)
Σίδηρος	Δεν έχει καθοριστεί.	Δεν έχει καθοριστεί.	Δεν έχει καθοριστεί.
Ασβέστιο	2500	2500	2500
Μαγνήσιο*	250	250	250
Κάλιο	Δεν έχει καθοριστεί.	Δεν έχει καθοριστεί.	Δεν έχει καθοριστεί.

*Αφορά μόνο διαλυτά άλατα Mg, όπως χλωριούχο, θεικό, ασπαρτικό, γαλακτικό, και ενώσεις όπως MgO σε συμπληρώματα διατροφής, νερό ή πρόσθετα σε τρόφιμα. Δεν περιλαμβάνει Mg που προσλαμβάνεται φυσικά σε τρόφιμα και ποτά (Scientific Committee on Food & Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, 2006).

5.4. Κανονισμοί κατά της φαρμακοδιέγερσης (anti-doping).

Η νομοθεσία σχετικά με το ντόπινγκ περιγράφεται αναλυτικά στο άρθρο: ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 2371/1996, ΦΕΚ 2/Α/9-1-1996, Κύρωση Ευρωπαϊκής Σύμβασης κατά του ντόπινγκ και άλλες διατάξεις. Βάση του παραρτήματος του εν λόγω άρθρου, αναφέρεται ο ενδεικτικός κατάλογος φαρμακολογικών τάξεων των ουσιών και των μεθόδων ντόπινγκ.

I. Κατηγορίες ντόπινγκ:

A. Διεγερτικά.

B. Ναρκωτικά.

Γ. Αναβολικά Στεροειδή.

Δ. Βήτα Αναστολείς.

Ε. Διουρητικά.

Στ. Πεπτικές ορμόνες και ανάλογα.

Π. Μέθοδοι Ντόπινγκ:

Α. Αιματολογικό ντόπινγκ.

Β. Φαρμακολογική, χημική και φυσική αγωγή.

ΙΙΙ. Κατηγορίες φαρμάκων που υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς:

Α. Οινόπνευμα.

Β. Μαριχουάνα.

Γ. Τοπικά αναισθητικά.

Δ. Κορτικοστεροειδή.

(ΦΕΚ 2/Α/9-1-1996)

Καθιστάται σαφές, λοιπόν, ότι τα συμπληρώματα μετάλλων και συγκεκριμένα σιδήρου, ασβεστίου, μαγνησίου και καλίου που μελετώνται στην παρούσα εργασία δεν εντάσσονται σε καμία εκ των κατηγοριών των απαγορευμένων ουσιών και άρα η λήψη τους από τους αθλητές κρίνεται νόμιμη.

Κεφάλαιο 6: Διατροφική αξιολόγηση.

6.1. Εισαγωγή

Η διατροφική αξιολόγηση είναι ακρογωνιαίος λίθος για την παροχή συμβουλών στους αθλητές σχετικά με τις διατροφικές στρατηγικές που περιλαμβάνουν τη χορήγηση συμπληρωμάτων διατροφής και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τέτοιων προσεγγίσεων. Το πλαίσιο μιας πλήρους αξιολόγησης περιλαμβάνει την παρακολούθηση των ανθρωπομετρικών, βιοχημικών, κλινικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Η συλλογή δεδομένων διατροφικής πρόσληψης μπορεί να παρουσιάσει σημαντικό σφάλμα εγκυρότητας και αξιοπιστίας σε όλα τα στάδια, συμπεριλαμβανομένης της ανάκλησης διατροφής και της καταγραφής τροφίμων από αθλητές, της κωδικοποίησης δεδομένων από διαιτολόγους, της εκτίμησης της σύνθεσης θρεπτικών συστατικών χρησιμοποιώντας πίνακες θρεπτικών συστατικών και προγράμματα λογισμικού διατροφής και την έκφραση των δεδομένων σε σχέση με πρότυπα αναφοράς (π.χ. συστάσεις διατροφής και DRIs). Ωστόσο, υπάρχουν επίσης περιορισμοί στις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση της ανθρωπομετρικής αξιολόγησης και της βιοχημικής ανάλυσης, καθώς δεν έχουν όλα τα θρεπτικά συστατικά πρακτικούς και αξιόπιστους δείκτες διατροφικής κατάστασης και λίγα έχουν πρότυπα αναφοράς για τον καλά εκπαιδευμένο αθλητή. Συνολικά, η διαδικασία αξιολόγησης μπορεί να βοηθήσει τον αθλητή να καταλάβει ότι η πρόσληψη συμπληρωμάτων δεν μπορεί να αντιστρέψει τις κακές επιλογές τροφής και την ανεπαρκή διατροφή, ενώ μια καλά επιλεγμένη δίαιτα μπορεί να εξασφαλίσει το μέγιστο όφελος από τη χορήγηση συμπληρωμάτων. (Larson-Meyer et al., 2018; Mahan & Raymond, 2016)

6.2. Διαδικασία αξιολόγησης αθλητή.

Η πλήρης αξιολόγηση θα πρέπει ιδανικά να περιλαμβάνει διατροφική αξιολόγηση, ανάλυση ανθρωπομετρίας και σύστασης σώματος, βιοχημικές εξετάσεις, κλινική εξέταση εστιασμένη στη διατροφή και ιστορικό του ασθενούς. Στο πλαίσιο του αθλητισμού, η αξιολόγηση της διατροφής σε σχέση με τη χρήση συμπληρωμάτων διατροφής θα πρέπει να διασφαλίζει ότι ο αθλητής:

1. Καταναλώνει ένα καλά επιλεγμένο πρόγραμμα αθλητικής διατροφής που είναι επαρκές σε ενέργεια, μακροθρεπτικά συστατικά και μικροθρεπτικά συστατικά.

2. Δεν διατρέχει κίνδυνο για προβλήματα υγείας, συμπεριλαμβανομένων αλληλεπιδράσεων με συνταγογραφούμενα ή μη συνταγογραφούμενα φάρμακα.
3. Θα επωφεληθεί από τα συμπληρώματα διατροφής και γνωρίζει το κατάλληλο πρωτόκολλο χορήγησης συμπληρώματος. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορεί να τεθεί σε κίνδυνο η αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου και θα μπορούσε να οδηγήσει σε υπερβολική πρόσληψη βιταμινών και ανόργανων συστατικών ή/και αλληλεπιδράσεις με τρόφιμα-φάρμακα. (Larson-Meyer et al., 2018)

Η δομή της διατροφικής αξιολόγησης πραγματοποιείται με τον τυπικό τρόπο A-E, δηλαδή:

Πίνακας 6-1: Στάδια Διατροφικής Αξιολόγησης

Στάδια Διατροφικής Αξιολόγησης
A. Ανθρωπομετρικοί Δείκτες
B. Βιοχημικοί Δείκτες
C. Κλινική Αξιολόγηση
D. Διατροφική Αξιολόγηση
E. Περιβαλλοντικοί Παράγοντες

(Larson-Meyer et al., 2018; Mahan & Raymond, 2016)

6.3. Εκτίμηση διαιτητικής πρόσληψης

Στόχος του επαγγελματία υγείας είναι να εκτιμήσει τη μέση ημερήσια πρόσληψη θρεπτικών συστατικών του αθλητή και, εν προκειμένω, των μετάλλων, ώστε να αξιολογηθεί εάν κρίνεται επαρκής ή όχι. Οι βασικές μέθοδοι αξιολόγησης της διαιτητικής πρόσληψης είναι οι εξής:

- Ανάκληση διατροφής (ανάκληση 24ωρου): Ο ερευνητής βοηθά τον αθλητή να ανακαλέσει την κατανάλωση τροφίμων, ποτών και καρυκευμάτων την προηγούμενη ημέρα ή 24 ώρες (ή περισσότερο) και βοηθά τους αθλητές να καθορίσουν τα μεγέθη μερίδων για τα είδη που καταναλώνονται. Ο ερευνητής συνήθως ξεκινά είτε με το πρώτο πράγμα που καταναλώνεται κατά το ξύπνημα της προηγούμενης ημέρας είτε στο σημείο ακριβώς 24 ώρες πριν και δουλεύοντας

μπροστά. Η ερώτηση σχετικά με τις δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της ημέρας βοηθά στην ανάκληση της πρόσληψης.

- Υπενθύμιση 24 ωρών πολλαπλών σημείων: Συνεντεύξεις ερωτηθέντων για την προηγούμενη ημέρα αρκετές φορές (δηλαδή, περάσματα). Στο NHANES-versiona, συντάσσεται μια γρήγορη λίστα με τα τρόφιμα στο πρώτο πέραςμα, ακολουθούμενη από πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο και τις περιστάσεις που καταναλώθηκαν τα τρόφιμα και ερωτήματα σχετικά με τα συχνά ξεχασμένα τρόφιμα (δεύτερο και τρίτο πέραςμα). Η λεπτομερής περιγραφή/ποσοτικοποίηση των τροφίμων στη γρήγορη λίστα είναι αυτή που λαμβάνεται (τέταρτο πέραςμα) ακολουθούμενη από μια ανασκόπηση των δεδομένων που συλλέγονται, με τον ερευνητή να διερευνά επιπλέον τρόφιμα (πέμπτο πέραςμα).
- Πολλαπλές ανακλήσεις 24 ωρών: Επαναλαμβανόμενες πολλαπλές ανακλήσεις 24 ωρών που συλλέγονται χρησιμοποιώντας διάφορα πρωτόκολλα. Το NHANES λαμβάνει την πρώτη πολλαπλή ανάκληση αυτοπροσώπως και μια δεύτερη τηλεφωνικά 3-10 ημέρες αργότερα.
- Ερωτηματολόγιο συχνότητας τροφίμων: Η διαδικασία ζητά από τους αθλητές να προσδιορίσουν πόσο συχνά τρώνε μια συγκεκριμένη λίστα μεμονωμένων τροφίμων/ποτών (ή κατηγοριών τροφίμων) με συχνότητα που καταγράφεται συνήθως σε ώρες ανά ημέρα, εβδομάδα, μήνα ή έτος. Τα ποιοτικά FFQ ζητούν από τους ερωτηθέντες να περιγράψουν το μέγεθος των συνηθισμένων μερίδων σε σχέση με τις τυπικές μερίδες. Τα FFQs μπορούν να εφαρμοστούν από έναν εκπαιδευμένο ερευνητή ή αυτοδιαχειριζόμενο από τον αθλητή, χρησιμοποιώντας χαρτί ή ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο.
- Ιστορικό δίαιτας: Ο εκπαιδευμένος ερευνητής ζητά από τον αθλητή λεπτομέρειες της τυπικής διατροφής, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών σχετικά με τα γεύματα που καταναλώνονται, την όρεξη, τις αντιπάθειες, την παρουσία γαστρεντερικών προβλημάτων, τη διατροφική χρήση συμπληρωμάτων, τις συνήθειες τρόπου ζωής, τον ύπνο, την εργασία και την άσκηση.
- Ημερολόγια καταγραφής τροφίμων: Ο αθλητής καταγράφει όλα τα τρόφιμα και τα ποτά που καταναλώθηκαν για την επιθυμητή περίοδο με λεπτομέρειες που αφορούν συγκεκριμένες μάρκες, μεθόδους μαγειρέματος, παροχή πληροφοριών από μια ετικέτα τροφίμων κλπ.

(Larson-Meyer et al., 2018; Mahan & Raymond, 2016))

6.4. Διάγραμμα απόφασης λήψης ή μη ενός συμπληρώματος

Ένα συμπλήρωμα θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο μετά από προσεκτική ανάλυση κόστους-οφέλους. Από τη μία πλευρά του διαγράμματος αποφάσεων είναι τα οφέλη, τα πιο προφανή από τα οποία είναι η διόρθωση των ελλείψεων σε θρεπτικά συστατικά, η επίτευξη των διατροφικών στόχων ή η ενίσχυση μιας φυσιολογικής/βιοχημικής λειτουργίας για την άμεση ή έμμεση βελτίωση της απόδοσης. Από την άλλη πλευρά βρίσκεται το κόστος, η πιθανότητα χρήσης ενός αναποτελεσματικού συμπληρώματος, οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία και το ενδεχόμενο ADRV (Anti-Doping Rule Violations). Μια ροή ερωτήσεων, που θα μπορούσαν να τεθούν κατά τη λήψη τεκμηριωμένης απόφασης, παρουσιάζεται στο σχήμα παρακάτω. (Maughan et al., 2018).

Πίνακας 6-2: Διάγραμμα απόφασης λήψης συμπληρώματος.

Υποψία Έλλειψης Θρεπτικών Συστατικών (DEF) ή Ανεπάρκεια (INSF)				
Κλινική διάγνωση από ιατρό και/ή εκτίμηση από Διαιτολόγο-Διατροφολόγο? Πιστοποιημένη ανεπάρκεια από εργαστηριακό τεστ?	➔	Διαγνωσμένη DEF ή INSF	➔ Όχι/ Άγνωστο	Πλήρης εκτίμηση για τη διαπίστωση DEF ή INSF.
		Ναι ↓		
Ανησυχίες για αλλεργία ή δυσανεξία? Είναι πρακτική η λήψη του θρεπτικού συστατικού από διαιτητικές πηγές?	➔	Θα μπορούσε να καλυφθεί με τη διαίτα?	➔ Ναι	Τροποποίηση διαίτας.
		Όχι ↓		
Ακολουθήστε σειρά ερωτήσεων για να σταθμίσετε τις αποδείξεις, υπό την προϋπόθεση της αυστηρής ευθύνης του αθλητή.	➔	Πρέπει να χορηγηθεί συμπλήρωμα?	➔ Δε σκέφτεστε τη χρήση.	Μη χρησιμοποιήσετε το συμπλήρωμα.
		Ναι, σκέφτεστε τη χρήση. ↓		
Επίπεδο αποδεικτικών στοιχείων? “Συμβατική γνώση” από μεμονωμένες ή λίγες πηγές? Επιστημονικά άρθρα? Μετα-ανάλυση και καθιερωμένο επιστημονικό ιστορικό?	➔	Είναι το συμπλήρωμα αποτελεσματικό για DEF ή INSF?	➔ Όχι/ Άγνωστο	Μη χρησιμοποιήσετε το συμπλήρωμα.
		Ναι ↓		

Υπαρξη ανεπιθύμητων ενεργειών? Αλληλεπίδραση με φαρμακευτικές αγωγές?	➔	Είναι ασφαλές για το συγκεκριμένο άτομο?	➔ Όχι/ Άγνωστό	Μη χρησιμοποιήσετε το συμπλήρωμα.
		Ναι ↓		
Απουσία απαγορευμένων ουσιών από την ετικέτα. Γνωστός κατασκευαστής με καλό ιστορικό και πρακτική? Δοκιμάστηκε από καθιερωμένο πρόγραμμα διασφάλισης ποιότητας?	➔	Αξιόπιστη πηγή?	➔ Όχι/ Άγνωστό	Μη χρησιμοποιήσετε το συμπλήρωμα.
		Ναι ↓		
Ανακούφιση συμπτωμάτων (εάν υπάρχουν) ή βελτιωμένη απόδοση;	➔	Δοκιμαστική Χρήση. Διόρθωση DEF ή INSF?	➔ Όχι	Συνεχίστε (προσεκτική) χρήση.
		Ναι ↓		
		Συμβουλευ- τείτε τον υπεύθυνο επαγγελματία υγείας για ενδεχόμενη διακοπή χρήσης.		

(Maughan et al., 2018)

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Ο ρόλος των μετάλλων στη μυϊκή και οστική λειτουργία και γενικότερα στην υγεία είναι σημαντικός. Παρ' όλα αυτά, η συμπληρωματική χορήγηση του σιδήρου, του ασβεστίου, του καλίου και του μαγνησίου σε αθλητές δεν είναι μονόδρομος. Φαίνεται, ότι υπάρχουν στοιχεία που υποστηρίζουν κάποια οφέλη της χορήγησης τους, όμως υπό προϋποθέσεις.

Συγκεκριμένα, η χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου σε αθλητές με τιμές φερριτινίνης ορού μικρότερες των 20 ng/L πιθανόν να συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης των εν λόγω ατόμων, μέχρις ότου να φτάσουν οι αποθήκες σιδήρου σε φυσιολογικά επίπεδα. Τα πρωτόκολλα χορήγησης που αναφέρονται στις περισσότερες μελέτες κυμαίνονται συνήθως στη χορήγηση από του στόματος 30 έως 200 mg/ημέρα σιδήρου, με συνηθέστερη μορφή το θευκό σίδηρο, για 4-12 εβδομάδες. Το UL του σιδήρου εντοπίζεται, βέβαια, στα 45 mg/ημέρα οπότε συστήνεται να μην υπερβένεται αυτό το όριο. Για άτομα με τιμές φερριτινίνης μεγαλύτερες των 20 ng/L η συμπληρωματική χορήγηση σιδήρου για προληπτικό σκοπό δεν ενδείκνυται, καθώς ελοχεύει κίνδυνος τοξικότητας και γαστρεντερικών παρενεργειών.

Σχετικά με το ασβέστιο, υπάρχει ο ισχυρισμός πως η συσχέτισή του στο μεταβολισμό με τη μείωση της παραθορμόνης θα μπορούσε να προκαλεί ενίσχυση της μυϊκής λειτουργίας και εργογόνο δράση, ο οποίος όμως δεν επαληθεύεται από τις μελέτες. Υφίστανται, όμως, δεδομένα που συνδέουν την συμπληρωματική πρόσληψη ασβεστίου με μείωση της απώλειας ασβεστίου στον ορό και καταστολή της μεταπροπονητικής οστεοκλαστικής δραστηριότητας. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε κυρίως σε αθλήτριες με μειωμένα επίπεδα ασβεστίου, στις οποίες το συμπλήρωμα πιθανόν να δρα προληπτικά στη διαφύλαξη της οστικής πυκνότητας. Σε αυτή την περίπτωση, η προτεινόμενη δοσολογία είναι 800-1352 mg προ της άσκησης από του στόματος ασβέστιο, με συνηθέστερη μορφή το ανθρακικό ασβέστιο. Τα χρονικά πρωτόκολλα που έχουν προταθεί έχουν μεγάλο εύρος, διότι κυμαίνονται από μεμονωμένες φορτώσεις πριν την προπόνηση έως και 25 εβδομάδες ή ακόμα και 1 χρόνο. Αντένδειξη για τη λήψη συμπληρώματος ασβεστίου πιθανόν να είναι η ύπαρξη υπερπαραθυρεοειδισμού.

Ομοίως για το κάλιο, εργογόνος δράση και βελτίωση αθλητικής απόδοσης δεν έχουν διαπιστωθεί. Ωστόσο, η επίδρασή του στη μείωση της αρτηριακής πίεσης είναι αξιοσημείωτη και τεκμηριώνεται από αρκετές μελέτες. Ενδείξεις υπάρχουν, επίσης, από ορισμένες μελέτες για την ευεργετική του δράση στη λειτουργία του ενδοθηλίου, στη μείωση του οξειδωτικού στρες και στα οστά. Ιδιαίτερα σε αθλητές με αυξημένες απώλειες ηλεκτρολυτών ή με προϋπέρταση, η χορήγηση συμπληρώματος καλίου πιθανόν να επιφέρει θετικά, προληπτικά αποτελέσματα. Η συστηνόμενη δοσολογία είναι 30-64 mmol/ημέρα για 4-6 εβδομάδες, με συνηθέστερες μορφές το χλωριούχο και το κιτρικό κάλιο. Αντενδείκνυται συνήθως η χορήγησή του σε άτομα με παθολογική νεφρική λειτουργία και γενικότερα με ύπαρξη παραγόντων κινδύνου για υπερκαλιαιμία.

Τέλος, το μαγνήσιο φαίνεται ότι παρουσιάζει το ισχυρότερο ερευνητικό υπόβαθρο συγκριτικά με τα άλλα τρία μέταλλα, σχετικά με τα οφέλη της λήψης του σε μορφή συμπληρώματος από αθλητές. Συγκεκριμένα, αρκετές μελέτες δείχνουν ισχυρή συσχέτιση με τη μείωση της αρτηριακής πίεσης, τόσο σε νορμοταστικά όσο και σε προϋπερτασικά και υπερτασικά άτομα, με δοσοεξαρτώμενη επίδραση. Ακόμη, αναφέρεται μείωση της παραγωγής γαλακτικού οξέος, παράγοντας που συντελεί στη μυϊκή κόπωση. Εκτός αυτού, έχει διαπιστωθεί εργογόνος δράση σε ορισμένες μελέτες, στις οποίες εντοπίστηκε αύξηση της μυϊκής ισχύος, της πλυομετρικής απόδοσης και της ισοκινητικής απόδοσης. Μολονότι αυτές οι ενδείξεις παρουσιάζουν ενδιαφέρον, δεν επαληθεύονται από όλες τις μελέτες και άρα χρειάζονται περαιτέρω έρευνα για την εξακρίβωση του ισχυρισμού της βελτίωσης αθλητικής απόδοσης λόγω λήψης συμπληρώματος μαγνησίου. Ακόμη και χωρίς αυτήν την παράμετρο, όμως, η βελτίωση της αρτηριακής πίεσης και της λειτουργίας του μυοκαρδίου, αλλά και η μειωτική επίδραση στην παραγωγή γαλακτικού οξέος θα μπορούσαν να αποτελέσουν λόγους ικανούς να δικαιολογήσουν τη λήψη αυτού του συμπληρώματος από έναν αθλητή. Σε αυτή την περίπτωση, το πρωτόκολλο που προτείνεται είναι 300-350 mg/ημέρα, σε χρονικό διάστημα 1-24 εβδομάδων. Όπως αναφέρεται και για το κάλιο, έτσι και στο μαγνήσιο η φυσιολογία της νεφρικής λειτουργίας του ατόμου είναι παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπ'όψη, όπως και όλοι οι προδιαθεσικοί παράγοντες για υπερμαγνησαιμία που έχουν αναφερθεί.

Σημεία προσοχής σχετικά με αυτά τα τέσσερα μέταλλα είναι η αλληλεπίδραση που έχουν στο μεταβολισμό. Συγκεκριμένα, η υψηλή πρόσληψη ασβεστίου πιθανόν να μειώσει τα επίπεδα μαγνησίου στον οργανισμό. Επιπροσθέτως, το ασβέστιο δρα ανασταλτικά στην απορρόφηση του σιδήρου. Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψη κατά το σχεδιασμό του πλάνου διατροφής και συμπληρωμάτων από τον υπεύθυνο υγείας ενός αθλητή.

Εν κατακλείδι, τα συμπληρώματα σιδήρου, ασβεστίου, καλίου και μαγνησίου είναι πιθανόν να κριθούν απαραίτητα για έναν αθλητή υπό ορισμένες προϋποθέσεις, όπως μία διατροφική ανεπάρκεια ενός συγκεκριμένου μετάλλου ή ως μέτρο ενίσχυσης της καρδιαγγειακής λειτουργίας. Σε κάθε περίπτωση, είναι αναγκαία η διατροφική αξιολόγηση και η σωστή εκτίμηση της κατάστασης θρέψης ενός αθλητή πριν την απόφαση χορήγησης ενός συμπληρώματος, ώστε να καθορίζονται τα οφέλη και η ασφάλεια μίας τέτοιας ενέργειας. Απαραίτητη είναι επίσης η τακτική παρακολούθηση και οι επανέλεγχοι κατά την περίοδο χορήγησης, μέσω εργαλείων όπως διαιτητικά ιστορικά, κλινικοί δείκτες και βιοχημικές εξετάσεις, για την επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας του συμπληρώματος και της ορθής τήρησης του πρωτοκόλλου.

Βιβλιογραφία

- Ahmadi, A., Enayatizadeh, N., Akbarzadeh, M., Asadi, S., Tabatabaee, S. H. (2010). Iron status in female athletes participating in team ball-sports. *Pakistan journal of biological sciences*, 13(2), 93-96.
- Antoniak, A. E., & Greig, C. A. (2017). The effect of combined resistance exercise training and vitamin D3 supplementation on musculoskeletal health and function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 7(7).
- Ayuk, J., & Gittoes, N. J. (2014). Contemporary view of the clinical relevance of magnesium homeostasis. *Annals of clinical biochemistry*, 51(2), 179-188.
- Baker, L., Stofan, J., Hamilton, A., & Horswill, C. (2009). Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. *Journal Of Applied Physiology*, 107(3), 887-895. Doi:10.1152/jappphysiol.00197.2009
- Barrack, M. T., Fredericson, M., Tenforde, A. S., & Nattiv, A. (2017). Evidence of a cumulative effect for risk factors predicting low bone mass among male adolescent athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 51(3), 200-205.
- Barry, D. W., Hansen, K. C., Van Pelt, R. E., Witten, M., Wolfe, P., & Kohrt, W. M. (2011). Acute calcium ingestion attenuates exercise-induced disruption of calcium homeostasis. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(4), 617.
- Beard, J., & Tobin, B. (2000). Iron status and exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), 594S-597S.
- Bergeron, M. (2008). Muscle Cramps during Exercise-Is It Fatigue or Electrolyte Deficit?. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), S50-S55. doi:10.1249/jsr.0b013e31817f476a
- Bergeron, M. F. (2003). Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1): 19-27. doi:10.1016/s1440-2440(03)80005-1
- Braschi, A., & Naismith, D. J. (2007). The effect of a dietary supplement of potassium chloride or potassium citrate on blood pressure in predominantly normotensive volunteers. *British Journal of Nutrition*, 99(06). doi:10.1017/s0007114507864853
- Burden, R. J., Morton, K., Richards, T., Whyte, G. P., & Pedlar, C. R. (2015). Is iron treatment beneficial in, iron-deficient but non-anaemic (IDNA) endurance athletes? A systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 49(21), 1389-1397.

- Burke, L. (2007). *Practical sports nutrition*. Human kinetics.
- Bytowski, J. R. (2018). Fueling for performance. *Sports health*, 10(1), 47-53.
- Cappelli, C., Cottarelli, C., Cumetti, D., Agosti, B., Gandossi, E., Rizzoni, D., & Agabiti, E. R. (2004). Bone density and mineral metabolism in calcitonin-deficiency patients. *Minerva endocrinologica*, 29(1), 1-10.
- Cappuccio, F. P., Buchanan, L. A., Ji, C., Siani, A., & Miller, M. A. (2016). Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials on the effects of potassium supplements on serum potassium and creatinine. *BMJ Open*, 6(8), e011716. doi: 10.1136/bmjopen-2016-011716.
- Carroll, M. F., & Schade, D. S. (2003). A practical approach to hypercalcemia. *American family physician*, 67(9), 1959-1966.
- Castell, L.M., Nieman, D. C., Bermon, S., & Peeling, P. (2019). Exercise-induced illness and inflammation: Can immunonutrition and iron help?. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 181-188.
- Centers for Disease Control and Prevention. (1998). Recommendations to prevent and control iron deficiency in the United States. *MMWR RR*, 47(3), 1-29.
- Cheungpasitporn, W., Thongprayoon, C., & Qian, Q. (2015). Dysmagnesemia in hospitalized patients: prevalence and prognostic importance. *Mayo Clinic Proceedings*, 90(8), 1001-1010.
- Cinar, V., Mogulkoc, R., & Baltaci, A. K. (2010). Calcium supplementation and 4-week exercise on blood parameters of athletes at rest and exhaustion. *Biological trace element research*, 134(2), 130-135.
- Cook, J. D., & Monsen, E. R. (1976). Food iron absorption in human subjects. III. Comparison of the effect of animal proteins on nonheme iron absorption. *The American journal of clinical nutrition*, 29(8), 859-867.
- Córdova-Martínez, A., Fernández-Lázaro, D., Mielgo-Ayuso, J., Seco Calvo, J., & Caballero García, A. (2017). Effect of magnesium supplementation on muscular damage markers in basketball players during a full season. *Magnesium Research*, 30(2), 61-70. Doi:10.1684/mrh.2017.0424
- Dellavalle, D. M., & Haas, J. D. (2014). Iron supplementation improves energetic efficiency in iron-depleted female rowers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(6), 1204-1215.
- DeMaeyer, E. M., Dallman, P., Gurney, J. M., Hallberg, L., Sood, S. K., Srikantia, S. G., & World Health Organization. (1989). Preventing and controlling iron deficiency anaemia

through primary health care: a guide for health administrators and programme managers. World Health Organization.

Ems, T., & Huecker, M. R. (2020). Biochemistry, iron absorption. *StatPearls*.

Escott-Stump, S., & Mahan, L. K. (Eds.). (2000). *Krause's food, nutrition, & diet therapy*. WB Saunders.

Farrokhyar, F., Sivakumar, G., Savage, K., Koziarz, A., Jamshidi, S., Ayeni, O. R., Peterson, D., & Bhandari, M. (2017). Effects of vitamin D supplementation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and physical performance in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 47(11), 2323-2339.

Fawcett, W. J., Haxby, E. J., & Male, D. (1999) Magnesium: physiology and pharmacology. *British Journal of Anaesthesia*, 83, 302–20.

Ford, E. S., Mokdad, A. H. (2003). Dietary magnesium intake in a national sample of U.S. adults. *Journal of Nutrition*, 133, 2879–2882.

Friedmann, B., Weller, E., Mairbaurl, H., & Bartsch, P. (2001). Effects of iron repletion on blood volume and performance capacity in young athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(5), 741-746.

Ganz, T. (2013). Systemic iron homeostasis. *Physiological reviews*, 93(4), 1721-1741.

Gardner, G. W., Edgerton, V. R., Barnard, R. J., & Bernauer, E. M. (1975). Cardiorespiratory, hematological and physical performance responses of anemic subjects to iron treatment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 28(9), 982-988.

Gijsbers, L., Mölenberg, F. J. M., Bakker, S. J. L., & Geleijnse, J. M. (2016). Potassium supplementation and heart rate: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(8), 674–682. doi:10.1016/j.numecd.2016.05.003

Grober, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*, 7(9):8199–8226. doi:10.3390/nu7095388

Guillemant, J., Accarie, C., Peres, G., & Guillemant, S. (2004). Acute effects of an oral calcium load on markers of bone metabolism during endurance cycling exercise in male athletes. *Calcified tissue international*, 74(5), 407-414.

Gumz, M. L., Rabinowitz, L., & Wingo, C. S. (2015). An Integrated View of Potassium Homeostasis. *New England Journal of Medicine*, 373(1), 60–72. doi:10.1056/nejmra1313341

Haakonssen, E. C., Ross, M. L., Knight, E. J., Cato, L. E., Nana, A., Wluka, A. E., Cicuttini, F. M., Wang, B. H., Jenkins, D. G., & Burke, L. M. (2015). The effects of a calcium-rich pre-exercise meal on biomarkers of calcium homeostasis in competitive female cyclists: a randomised crossover trial. *PloS one*, 10(5), e0123302.

Halliday, T. M., Peterson, N. J., Thomas, J. J., Kleppinger, K., Hollis, B. W., & Larson-Meyer, D. E. (2011). Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(2), 335-343.

He, F. J., & MacGregor, G. A. (2001). Fortnightly review: Beneficial effects of potassium. *BMJ*, 323(7311), 497-501. doi:10.1136/bmj.323.7311.497

He, F. J., Marciniak, M., Carney, C., Markandu, N. D., Anand, V., Fraser, W., Dalton, R. N., Kaski, J. C., & MacGregor, G. A. (2010). Effects of Potassium Chloride and Potassium Bicarbonate on Endothelial Function, Cardiovascular Risk Factors, and Bone Turnover in Mild Hypertensives. *Hypertension*, 55(3), 681-688. doi:10.1161/hypertensionaha.109.147488

Heffernan, S., Horner, K., De Vito, G., & Conway, G. (2019). The Role of Mineral and Trace Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(3), 696. Doi:10.3390/nu11030696

Hellerstein, M. K. (1999). De novo lipogenesis in humans: metabolic and regulatory aspects. *European journal of clinical nutrition*, 53(1), s53-s65.

Higgins, J. P. T., Altman, D. G. (2008). Assessing risk of bias in included studies. In: Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.0.0. *The Cochrane Collaboration*, 1-28.

Hinton, P. S. (2014). Iron and the endurance athlete. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1012-1018.

Hinton, P. S., & Sinclair, L. M. (2007). Iron supplementation maintains ventilatory threshold and improves energetic efficiency in iron-deficient nonanemic athletes. *European journal of clinical nutrition*, 61(1), 30-39.

Holick, M. F., Binkley, N. C., Bischoff-Ferrari, H. A., Gordon, C. M., Hanley, D. A., Heaney, R. P. H., Murad, M. H., & Weaver, C. M. (2011). Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(7), 1911-1930.

Holmes, N., Bates, G., Zhao, Y., Sherriff, J., & Miller, V. (2016). The Effect of Exercise Intensity on Sweat Rate and Sweat Sodium and Potassium Losses in Trained Endurance Athletes. *Annals of Sports Medicine and Research*, 3(2), 1063.

Hughes-Austin, J., Rifkin, D., Beben, T., Katz, R., Sarnak, M., Deo, R., Hoofnagle, A N., Homma, S., Siscovick, D. S., Sotoodehnia, N., Psaty, B. M., Boer, I. H., Kestenbaum, B., Shlipak, M. G., & Ix, J. H. (2017). The Relation of Serum Potassium Concentration with Cardiovascular Events and Mortality in Community-Living Individuals. *Clinical Journal Of The American Society Of Nephrology*, 12(2):245-252. doi:10.2215/cjn.06290616

Hunter, R. W., Bailey, M. A. (2019). Hyperkalemia: pathophysiology, risk factors and consequences. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 34(3), iii2-iii11.

Ifang, M., Mei-Lien, C., & Yuan-Ching, K. (2001). Electrolyte Loss in Sweat and Iodine Deficiency in a Hot Environment. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 56(3), 271-277.

Jahnen-Dechent, W., & Ketteler, M. (2012). Magnesium basics. *Clinical Kidney Journal*, 5(1), i3-i14.

Jee, S. H., Miller, E. R., Guallar, E., Singh, V. K., Appel, L. J., Klag, M. J. (2002). The effect of magnesium supplementation on blood pressure: a meta-analysis of randomized clinical trials, *American Journal of Hypertension*, 15(8):691-696. doi:10.1016/S0895-7061(02)02964-3

Jung, A. P., Bishop, P. A., Al-Nawwas, A., & Dale, R. B. (2005). Influence of Hydration and Electrolyte Supplementation on Incidence and Time to Onset of Exercise-Associated Muscle Cramps. *Journal of Athletic Training*, 40(2), 71-75.

Kardalas, E., Paschou, S., Anagnostis, P., Muscogiuri, G., Siasos, G., & Vryonidou, A. (2018). Hypokalemia: a clinical update. *Endocrine Connections*, 7(4), R135-R146. doi:10.1530/ec-18-0109

Karppanen, H., Karppanen, P., & Mervaala, E. (2005). Why and how to implement sodium, potassium, calcium, and magnesium changes in food items and diets?. *Journal of human hypertension*, 19(3), S10-S19.

Kass, L. S., & Poeira, F. (2015). The effect of acute vs chronic magnesium supplementation on exercise and recovery on resistance exercise, blood pressure and total peripheral resistance on normotensive adults. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(19).

Kass, L. S., Skinner, P., & Poeira, F. (2013). A pilot study on the effects of magnesium supplementation with high and low habitual dietary magnesium intake on resting and recovery from aerobic and resistance exercise and systolic blood pressure. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12. 144-50.

LaManca, J. J., & Haymes, E. M. (1993). Effects of iron repletion on VO₂max, endurance, and blood lactate in women. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(12), 1386-1392.

- Larsen, L. L., & Berry, J. A. (2003). The regulation of dietary supplements. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 15(9):410-414.
- Larson-Meyer, D. E., & Willis, K. S. (2010). Vitamin D and athletes. *Current sports medicine reports*, 9(4), 220-226..
- Larson-Meyer, D., Woolf, K., & Burke, L. (2018). Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. *International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism*, 28(2), 139-158. doi:10.1123/ijsnem.2017-0338
- Latham, N. K., Anderson, C. S., & Reid, I. R. (2003). Effects of vitamin D supplementation on strength, physical performance, and falls in older persons: a systematic review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(9), 1219-1226.
- Lehnhardt, A., & , M.J. (2011). Pathogenesis, diagnosis and management of hyperkalemia. *Pediatric Nephrology*, 26, 377–384 doi:10.1007/s00467-010-1699-3
- Lønnerdal, B. (2010). Calcium and iron absorption—Mechanisms and public health relevance. *International journal for vitamin and nutrition research*, 80(4), 293.
- Lukaski, H. C. (1995). Micronutrients (Magnesium, Zinc, and Copper): Are Mineral Supplements Needed for Athletes? *International Journal of Sport Nutrition*, 5(s1), S74–S83. doi:10.1123/ijsn.5.s1.s74
- Macdonald-Clarke C. J., Martin, B. R., McCabe, L. D., McCabe, G. P., Lachcik, P. J., Wastney, M., & Weaver, C. M. (2016). Bioavailability of potassium from potatoes and potassium gluconate: a randomized dose response trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 104(2), 346-53. doi: 10.3945/ajcn.115.127225
- Macdonald, H. M., Black, A. J., Aucott, L., Duthie, G. Duthie, S. Sandison, R. Hardcastle, A. C., Lanham New, S. A., Fraser, W. D., & Reid, D. M. (2008). Effect of potassium citrate supplementation or increased fruit and vegetable intake on bone metabolism in healthy postmenopausal women: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88(2), 465-474. doi:10.1093/ajcn/88.2.465
- Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2016). Krause's food & the nutrition care process-e-book. *Elsevier Health Sciences*, 157-162.
- Maier, J. D., & Levine, S. N. (2015). Hypercalcemia in the intensive care unit: a review of pathophysiology, diagnosis, and modern therapy. *Journal of intensive care medicine*, 30(5), 235-252.
- Martin, B. R., Davis, S., Campbell, W. W., & Weaver, C. M. (2007). Exercise and calcium supplementation: effects on calcium homeostasis in sportswomen. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 39(9), 1481-1486.

Maughan, R., Burke, L., Dvorak, J., Larson-Meyer, D., Peeling, P., Phillips, S. Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Van Loon, L., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., ALI, V. M., Budgett, R. G., Ljungqvist, A., Mountjoy, M., Pitsiladis, Y., Soligard, T., Erdener, U., & Engebretsen, L. (2018). IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism*, 28(2), 104-125. doi: 10.1123/ijsnem.2018-0020

McDonough, A. A., & Youn, J. H. (2017). Potassium Homeostasis: The Knowns, the Unknowns, and the Health Benefits. *Physiology*, 32(2), 100–111. doi:10.1152/physiol.00022.2016

McLean, E., Cogswell, M., Egli, I., Wojdyla, D., & De Benoist, B. (2009). Worldwide prevalence of anaemia, WHO vitamin and mineral nutrition information system, 1993–2005. *Public health nutrition*, 12(4), 444-454.

Meyers, L. D., Hellwig, J. P., & Otten, J. J. (2006). *Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements*. National Academies Press.

Mielgo-Ayuso, J., Zourdos, M. C., Calleja-González, J., Córdova, A., Fernandez-Lázaro, D., & Caballero-García, A. (2018). Eleven weeks of iron supplementation does not maintain iron status for an entire competitive season in elite female volleyball players: A follow-up study. *Nutrients*, 10(10), 1526.

Mougios, V. (2004). Effects of iron intake through food or supplement on iron status and performance of healthy adolescent swimmers during a training season. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 306-313.

Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R. & Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad—relative energy deficiency in sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 491-497.

Munns, C. F., Shaw, N., Kiely, M., Specker, B. L., Thacher, T. D., Ozono, K., ... & Högler, W. (2016). Global consensus recommendations on prevention and management of nutritional rickets. *Hormone research in paediatrics*, 85(2), 83-106.

Murray, D., Miller, K. C., Edwards, J. E. (2016). Does a Reduction in Serum Sodium Concentration or Serum Potassium Concentration Increase the Prevalence of Exercise-Associated Muscle Cramps? *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(3):301–304. doi:10.1123/jsr.2014-0293

Musso C, G. (2009). Magnesium metabolism in health and disease. *International Journal of Urology and Nephrology*, 41(2), 357-362.

- Naismith, D. J., & Braschi, A. (2003). The effect of low-dose potassium supplementation on blood pressure in apparently healthy volunteers. *British Journal of Nutrition*, 90, 53–60.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2006). Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington, DC: *The National Academies Press*, 340-349. doi: 10.17226/11537
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Dietary Reference Intakes for Sodium and Potassium. Washington, DC: *The National Academies Press*, 121-137. doi:10.17226/25353
- Nica, A. S., Caramoci, A., Vasilescu, M., Ionescu, A. M., Paduraru, D., & Mazilu, V. (2015). Magnesium supplementation in top athletes-effects and recommendations. *Sports Medicine Journal/Medicina Sportivá*, 11(1).
- Nielsen, F. H. (2010). Magnesium, inflammation, and obesity in chronic disease. *Nutrition Reviews*, 68, 333-340.
- Nikander, R., Sievänen, H., Heinonen, A., Daly, R. M., Uusi-Rasi, K., & Kannus, P. (2010). Targeted exercise against osteoporosis: a systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC medicine*, 8(1), 47.
- Palmer, B. F., Clegg, D. J. (2015). Electrolyte and Acid-Base Disturbances in Patients with Diabetes Mellitus. *The New England Journal of Medicine*, 373, 548–559.
- Palmer, B. F., Clegg, D. J. (2016). Physiology and pathophysiology of potassium homeostasis. *Advances in physiology education*. Doi:10.1152/advan.00121.2016
- Peacock, M. (2010). Calcium metabolism in health and disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 5(1), S23-S30.
- Peeling, P., Blee, T., Goodman, C., Dawson, B., Claydon, G., Beilby, J., & Prins, A. (2007). Effect of iron injections on aerobic-exercise performance of iron-depleted female athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(3), 221-231.
- Peveler, W. W., Palmer, T. G. (2012). Effect of magnesium lactate dihydrate and calcium lactate monohydrate on 20-km cycling time trial performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26:1149–1153.
- Pham, P. C., Pham, P. A., Pham, S. V., Pham, P. T., Pham, P. M., Pham, P. T. (2014). Hypomagnesemia: a clinical perspective. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*, 7:219-230.
- Ponorac, N., Popović, M., Karaba-Jakovljević, D., Bajić, Z., Scanlan, A., Stojanović, E., & Radovanović, D. (2020). Professional female athletes are at a heightened risk of iron-

deficient erythropoiesis compared with nonathletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 30(1), 1-6.

Pu, F., Chen, N., Xue, S. (2016). Calcium intake, calcium homeostasis and health. *Food Science and Human Wellness*, 5(1), 8-16.

Reinke, S., Taylor, W. R., Duda, G. N., VonHaehling, S., Reinke, P., Volk, H. D., Anker, S. D., & Doehner, W. (2012). Absolute and functional iron deficiency in professional athletes during training and recovery. *International Journal of Cardiology*, 156(2), 186-91.

Ross, A. C., Taylor, C. L., Yaktine, A. L., & Del Valle, H. B. (2011). Committee to review dietary reference intakes for vitamin D and calcium. *Food and Nutrition Board*.

Rowland, T. W., Deisroth, M. B., Green, G. M., & Kelleher, J. F. (1988). The effect of iron therapy on the exercise capacity of nonanemic iron-deficient adolescent runners. *American Journal of Diseases of Children*, 142(2), 165-169.

Rubeor, A., Goojha, C., Manning, J., & White, J. (2018). Does iron supplementation improve performance in iron-deficient nonanemic athletes?. *Sports health*, 10(5), 400-405.

Ruohola, J. P., Laaksi, I., Ylikomi, T., Haataja, R., Mattila, V. M., Sahi, T., Pentti, T., & Pihlajamäki, H. (2006). Association between serum 25 (OH) D concentrations and bone stress fractures in Finnish young men. *Journal of Bone and Mineral Research*, 21(9), 1483-1488.

Sale, C., & Elliott-Sale, K. J. (2019). Nutrition and athlete bone health. *Sports Medicine*, 1-13.

Scholl, T. O., Hediger, M. L., Fischer, R. L., & Shearer, J. W. (1992). Anemia vs iron deficiency: increased risk of preterm delivery in a prospective study. *The American journal of clinical nutrition*, 55(5), 985-988.

Schumann, K., Etle, T., Szegner, B., Elsenhans, B., & Solomons, N. W. (2007). On risks and benefits of iron supplementation recommendations for iron intake revisited. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 21(3), 147-168.

Scientific Committee on Food, Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. 2006. Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals. *European Food Safety Authority*, 107-409.

Seo, J. W., & Park, T. J. (2008). Magnesium metabolism. *Electrolyte Blood Pressure*, 6(2), 86-95.

Setaro, L., Santos-Silva, P. R., Nakano, E. Y., Sales, C., Nunes, N., Greve, J., & Colli, C. (2014). Magnesium status and the physical performance of volleyball players: effects of magnesium supplementation. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 438-445.

Silk, L. N., Greene, D. A., & Baker, M. K. (2015). The effect of calcium or calcium and vitamin D supplementation on bone mineral density in healthy males: a systematic review and meta-analysis. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 25(5), 510-524.

Sim, M., Garvican-Lewis, L. A., Cox, G. R., Govus, A., McKay, A.K., Stellingwerff, T., & Peeling, P. (2019). Iron considerations for the athlete: A narrative review. *European Journal of Applied Physiology*, 119(7), 1463-1478.

Sivakumar, G., Koziarz, A., & Farrokhyar, F. (2019). Vitamin D supplementation in military personnel: a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Health*, 11(5), 425-431.

Snyder, L. M. (2019). *Wallach's interpretation of diagnostic tests*. Lippincott Williams & Wilkins.

Stear, S. J., Prentice, A., Jones, S. C., & Cole, T. J. (2003). Effect of a calcium and exercise intervention on the bone mineral status of 16–18-y-old adolescent girls. *The American journal of clinical nutrition*, 77(4), 985-992.

Swaminathan, R. (2003). Magnesium metabolism and its disorders. *Clinical Biochemist Reviews*, 24, 47-66.

Telford, R. D., Sly, G. J., Hahn, A. G., Cunningham, R. B., Bryant, C., & Smith, J.A. (2003). Footstrike is the major cause of hemolysis during running. *Journal of Applied Physiology*, 94(1), 38-42.

Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501-528.

Topf, J. M., & Murray, P. T. (2003). Hypomagnesemia and Hypermagnesemia. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 4(2), 195–206. doi:10.1023/a:1022950321817

United States Department of Agriculture. (2018). Abridged List Ordered by Nutrient Content in Household Measure. Nutrients: Iron, Fe. *USDA National Nutrient Database for Standard Reference Legacy*.

Visser, M., Deeg, D.J., & Lips, P. (2003). Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): The Longitudinal Aging Study Amsterdam. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 88, 5766–5772.

Volpe, S. L. (2015). Magnesium and the Athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 14(4), 279-283. doi: 10.1249/jsr.0000000000000178

- Vongpatanasin, W., Peri-Okonny, P., Velasco, A., Arbique, D., Wang, Z., Ravikumar, P., Adams-Huet, B., Moe, O. W., & Pak, C. Y. C. (2016). Effects of Potassium Magnesium Citrate Supplementation on 24-Hour Ambulatory Blood Pressure and Oxidative Stress Marker in Prehypertensive and Hypertensive Subjects. *The American Journal of Cardiology*, 118(6), 849–853. doi:10.1016/j.amjcard.2016.06.041
- Vormann, J. (2003). Magnesium: nutrition and metabolism. *Molecular aspects of medicine*, 24(1-3), 27-37.
- Wallace, L. S., & Ballard, J. E. (2002). Lifetime physical activity and calcium intake related to bone density in young women. *Journal of women's health & gender-based medicine*, 11(4), 389-398.
- Watkins, K., & Josling, P. D. (2010). A Pilot Study to determine the impact of Transdermal Magnesium treatment on serum levels and whole body Ca/Mg Ratios. *Nutrition in Clinical Practice*, 14, 1-7.
- Weaver, C. M. (1990). Assessing calcium status and metabolism. *The Journal of nutrition*, 120(11), 1470-1473.
- Weaver, C. M. (2013). Potassium and Health, *Advances in Nutrition*, 4(3), 368S-377S. doi:10.3945/an.112.003533
- Weaver, C. M., & Heaney, R. P. (2006). Food sources, supplements, and bioavailability. *Calcium in human health*, 129-142. Humana Press.
- Wienecke, E., & Nolden, C. (2016). Long term HRV analysis shows stress reduction by magnesium intake. *MMW - Fortschritte Der Medizin*, 158(S6), 12-16. Doi:10.1007/s15006-016-9054-7
- Winters-Stone, K. M., & Snow, C. M. (2004). One year of oral calcium supplementation maintains cortical bone density in young adult female distance runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(1), 7-17.
- World Health Organization. (2001). Iron deficiency anemia. assessment, prevention, and control. A guide for programme managers, 47-62.
- World Health Organization. (2012). *Guideline: potassium intake for adults and children*. World Health Organization.
- Yannakouli, M., Keramopoulos, A., & Matalas, A. L. (2004). Bone mineral density in young active females: the case of dancers. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 14(3), 285-297.
- Yoshida, T., Udo, M., Chida, M., Ichioka, M., & Makiguchi, K. (1990). Dietary iron supplement during severe physical training in competitive female distance runners. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 1(4), 279-285.

Zhu, Y. I., & Haas, J. D. (1998). Response of serum transferrin receptor to iron supplementation in iron-depleted, nonanemic women. *The American journal of Clinical Nutrition*, 67(2), 271-275.

Zorbas, Y. G., Kakurin, A. G., Kuznetsov, N. K., Federov, M. A., & Yaroshenko, Y. Y. (1998). Magnesium loading effect on magnesium deficiency in endurance-trained subjects during prolonged restriction of muscular activity. *Biological Trace Element Research*, 63, 149-166. doi:10.1007/BF02778874

Zorbas, Y. G., Petrov, K. L., Kakurin, V. J., Kuznetsov, N. A., Charapakhin, K. P., Alexeyev, I. D., & Denogradov, S. D. (2000). Calcium supplementation effect on calcium balance in endurance-trained athletes during prolonged hypokinesia and ambulatory conditions. *Biological trace element research*, 73(3), 231-250.

Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Υγείας, Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων. 1996. Νόμος Υπ/ Αριθ. 2371/1996, ΦΕΚ 2/Α/9-1-1996. *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*, 1-30.

Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Υγείας, Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων. 2004. ΦΕΚ 395B'/2004 (βασική ΚΥΑ). *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*, 5291-5298.

Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Υγείας, Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων. 2011. ΦΕΚ 1984B'/2011. *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*.

Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Υγείας, Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων. 2013. ΦΕΚ 2855B'/2013. *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*, 41699-41702.

Μανιός, Γ. (2006). Διατροφική αξιολόγηση: Διαιτολογικό & Ιατρικό Ιστορικό, Σωματομετρικοί, Κλινικοί & Βιοχημικοί Δείκτες. *Ιατρικές Εκδόσεις ΠΧ Πασχαλίδη Αθήνα*, 274-293.

Παπαϊωάννου, Μ., & Γατσά, Ε. (2013). Σιδηροπενική αναιμία. *Haema*, 4(1), 1-12.