



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΑΛΙΕΡΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ  
ΦΩΤΙΑΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΘΕΜΑ: ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ,  
21<sup>ο</sup> ΑΙΩΝΑΣ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΡΑΝΑΚΑΣ ΣΠ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΣΗΤΕΙΑ, 2017**



**UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES CRETE**  
**(TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE)**  
**SCHOOL OF AGRICULTURE AND FOOD TECHNOLOGY**  
**DEPARTMENT OF NUTRITION AND DIETETICS**

**GRADUATION THESIS**

**PALIERAKIS MICHAIL**  
**FOTIADIS KONSTANTINOS**

**TITLE: ERGOGENIC AIDS AND ATHLETIC PERFORMANCE,**  
**21<sup>st</sup> CENTURY**



**SUPERVISOR: TRANAKAS SP. VASILEIOS**

**SITIA, 2017**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έντονη εμπορευματοποίηση του αθλητισμού, τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με την πρόοδο, κυρίως στις βιολογικές επιστήμες, έχουν αλλάξει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο οι αθλητές/τριες επιτυγχάνουν τους αγωνιστικούς τους στόχους. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των αθλητών έχει αυξηθεί σε βαθμό που το προπονητικό πρόγραμμα και η ψυχολογική προετοιμασία, πολλές φορές δεν αρκούν για να οδηγήσουν στον επιθυμητό στόχο, που δεν είναι άλλος από την νίκη και τη διάκριση. Η διατροφή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη των παραπάνω στόχων και μεγάλος αριθμός αθλητών/τριών, καταφεύγουν στη χρήση εργογόνων διατροφικών βοηθημάτων για τη μεγιστοποίηση της απόδοσής τους, και την απόκτηση αγωνιστικού πλεονεκτήματος έναντι των συναθλητών/τριών τους. Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν η μελέτη, η αξιολόγηση και η παρουσίαση, των γνωστότερων εργογόνων διατροφικών βοηθημάτων που χρησιμοποιούνται στον σύγχρονο αθλητισμό, αναφορικά με τη δράση, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια τους. Τα πλέον δημοφιλή και νόμιμα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα, είναι οι υδατάνθρακες, η κρεατίνη, η β-αλανίνη, η καφεΐνη, το διττανθρακικό νάτριο και το νιτρικό οξείδιο (NO) και για αυτά έχουν διεξαχθεί οι περισσότερες μελέτες. Επαγγελματικοί, ψυχολογικοί αλλά και κοινωνικοί παράγοντες όπως ο προπονητής, οι συμπαίκτες, οι φίλοι και η οικογένεια, ωθούν κατά κύριο λόγο, τους αθλητές στη χρήση εργογόνων βοηθημάτων. Διεθνείς αλλά και Εθνικοί οργανισμοί ελέγχου, έχουν συσταθεί με σκοπό, τη διασφάλιση της υγείας, της δικαιοσύνης και της ισότητας μεταξύ των αθλητών/τριών, παρόλα αυτά, καταγράφεται μεγάλος αριθμός περιστατικών λανθασμένης και υπέρμετρης χρήσης τέτοιων σκευασμάτων, νόμιμων ή μη, που έχουν ως αποτέλεσμα αρνητικές συνέπειες για την υγεία και την απόδοση των αθλητών. Η ενημέρωση και καθοδήγηση από ειδικούς, σε θέματα διατροφής, εξασφαλίζει την επιθυμητή απόδοση για τους αθλητές και τις αθλήτριες, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τους κινδύνους από τη χρήση εργογόνων βοηθημάτων.

*Λέξεις κλειδιά: εργογόνο, βοήθημα, απόδοση, διατροφή, αθλητής, ουσία, υγεία*

## ABSTRACT

Major commercialization that was established during the last decades, coupled with the advancement of biology, has changed significantly the way that both professional and amateur athletes attain their athletic ambitions. Competitiveness among athletes has increased in a level where their training pattern and also their psychological preparation, are most of the times, regarded as inadequate in order to accomplish the desired goals, which are undoubtedly, victory and excellence. Nutrition is the decisive factor that predominantly contributes to the achievement of the aforementioned goals and this is the general reason behind the use of ergogenic nutritional aids by athletes, in order to maximize their athletic performance and gain a significant advantage over their fellow athletes. The aim of this study was the research, evaluation and presentation of the most known ergogenic aids that are being used in modern sport, regarding their action, safety and effectiveness. The most comprehensively researched, popular and legal nutritional ergogenic aids are carbohydrates, creatine, b-alanine, caffeine, bicarbonate soda and nitric oxide (NO). Professional, psychological and also social reasons such as coaches, teammates, friends and family, exhort athletes to use ergogenic aids. Global and national organizations have been established in order to ensure the safety, fairness and equality among athletes, however, many incidents of misuse, both from legal and illegal aids, have been reported and documented, resulting in negative outcomes, considering the health and performance of the athletes. Professional orientation and guidance from nutrition experts, ensure that the athlete will achieve his/her intended and desired performance, while minimizing the accompanied risk of their usage.

**Key words:** *ergogenic, aid, performance, nutrition, athlete, substance, health*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΟΡΙΣΜΟΣ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ.....	1
1.1 Ορισμός.....	1
1.2 Κατηγοριοποίηση και είδη εργογόνων βοηθημάτων.....	1
1.3 Ισχυρισμοί, οφέλη, ενδείξεις και αντενδείξεις των εργογόνων βοηθημάτων.....	4
1.4 Ψυχολογία αθλητών - Κίνητρα και χρήση εργογόνων βοηθημάτων.....	7
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ.....	10
2.1 Εργογόνα βοηθήματα που ενισχύουν την αντοχή.....	10
2.1.1 Υδατάνθρακες.....	10
2.1.2 L-Καρνιτίνη.....	24
2.1.3 Αλκαλοποιητικά.....	27
2.1.4 Καφεΐνη.....	29
2.2 Εργογόνα βοηθήματα που ενισχύουν την αθλητική απόδοση.....	35
2.2.1 Κρεατίνη.....	35
2.2.2 β-Αλανίνη.....	39
2.2.3 Αργινίνη.....	41
2.2.4 Άλφα γλυκερυφωσφωλοχολίνη.....	42
2.3 Ουσίες που βελτιώνουν την σύσταση σώματος και βοηθούν στην αποκατάσταση.....	44
2.3.1 Συζευγμένο Λινολειακό Οξύ (CLA).....	44
2.3.2 HMB.....	46
2.3.3 Πρωτεΐνες-Αμινοξέα.....	49
2.4 Ουσίες που ενισχύουν την ευρωστία του αθλητή.....	50
2.4.1 Αντιοξειδωτικές ουσίες.....	50
2.4.2 Panax Ginseng.....	52
2.4.3 Γλουταμίνη.....	54
2.4.4 Συνένζυμο Q10.....	55
2.4.5 Ροδιόλα Ροσέα.....	58
2.4.6 Βιταμίνες και Μέταλλα.....	60
2.5 Λοιπά εργογόνα βοηθήματα.....	62
2.5.1 Νιτρικό οξύ.....	62
2.5.2 Εφεδρίνη.....	63
2.5.3 Beta Vulgaris.....	65
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	67

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση εργογόνων βοηθημάτων είναι πολύ διαδεδομένη σε επαγγελματίες αλλά και σε ερασιτέχνες αθλητές που έχουν σαν στόχο κυρίως, την αύξηση της αθλητικής απόδοσης και την επίτευξη της ιδανικής για το άθλημα/αγώνισμα σύστασης σώματος. Επιπλέον ένας μεγάλος αριθμός αθλητών χρησιμοποιεί συμπληρώματα διατροφής για την ενίσχυση του ανοσοποιητικού, θεωρώντας σημαντική τη συνεισφορά τους για την αποφυγή των αρνητικών επιδράσεων στην απόδοση που προκαλούνται από ιώσεις και λοιμώξεις (Juhn, 2003; Maughan 1999).

Ο όρος διατροφικά εργογόνα βοηθήματα, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ουσιών, από γενικά διατροφικά συστατικά όπως οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες, ως και ουσίες που δεν συνηθίζεται να καταναλώνονται συχνά, ως μέρος του καθημερινού διαιτολογίου όπως το διττανθρακικό νάτριο. Συνήθως, τα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα, χρειάζεται να προσλαμβάνονται σε μεγάλες ποσότητες, πράγμα το οποίο στις περισσότερες των περιπτώσεων, είναι ανέφικτο να γίνει μέσω της διατροφής, και για τον λόγο αυτόν, η συμπληρωματική λήψη σε διάφορες μορφές (σκόνη, ταμπλέτες, υγρή μορφή κ.α), είναι απαραίτητη για να επιτευχθούν οι υποστηριζόμενες θετικές επιδράσεις (Applegate, 1999) .

Τα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- α) προϊόντα που αποτελούν πηγές ενέργειας (π.χ. υδατάνθρακες) ,
- β) προϊόντα που εντείνουν τον αναβολισμό, με αποτέλεσμα να μεταβάλλουν τη σύσταση του σώματος, (π.χ. πρωτεΐνες-αμινοξέα),
- γ) προϊόντα που λειτουργούν ως κυτταρικά συστατικά , έχοντας ρόλο στις λειτουργίες του οργανισμού κατά τη διάρκεια της άσκησης (π.χ. διττανθρακικό νάτριο),
- δ) ουσίες που βοηθούν συνολικά ή εν μέρει, στην ενεργή αποκατάσταση του οργανισμού μετά το τέλος της άσκησης (π.χ. αντιοξειδωτικές ουσίες) (Applegate, 1999).

Συχνά οι αθλητές/τριες προμηθεύονται βοηθήματα αύξησης της απόδοσης, ύστερα από προτροπή του γυμναστή-προπονητή ή επηρεαζόμενοι από τη διαφήμιση των προϊόντων και όχι συμβουλευόμενοι κάποιον ειδικό. Ορισμένα προϊόντα είναι αρκετά δημοφιλή και προβάλλονται ως εργογόνα, χωρίς να υπάρχουν, επιστημονικές αποδείξεις που επιβεβαιώνουν τη δράση τους (Juhn, 2003).

Κατά την αξιολόγηση των διατροφικών εργογόνων βοηθημάτων ανακύπτουν διάφορες προκλήσεις, όπως η έλλειψη ρυθμίσεων σχετικά με τους ισχυρισμούς για τις επιδράσεις των προϊόντων στην απόδοση και την υγεία. Πολλοί αθλητές παραπλανώνται από τις διαφημίσεις και τις δηλώσεις επιτυχημένων αθλητών που “αποδίδουν” την επιτυχία τους σε συγκεκριμένα προϊόντα. Οι επαγγελματίες που συμβουλεύουν τους αθλητές, είναι απαραίτητο να γνωρίζουν τις επιδράσεις των προϊόντων βασιζόμενοι σε επιστημονικές μελέτες. Για την εκτίμηση των ισχυρισμών που αφορούν στα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα αναφέρονται τρία βήματα. Το πρώτο είναι η διερεύνηση των ισχυρισμών με βάση βιοχημικούς και φυσιολογικούς παράγοντες. Εάν δηλαδή ο ισχυρισμός ευσταθεί, βάσει των γνώσεων σε πεδία όπως η διατροφή, η φυσιολογία της άσκησης και η βιοχημεία. Το δεύτερο βήμα είναι η μελέτη στοιχείων για το συγκεκριμένο προϊόν που προέρχονται από επιστημονικές δημοσιεύσεις. Τέλος, το τρίτο βήμα είναι ο προσδιορισμός των συνεπειών της κατανάλωσης του εργογόνου βοηθήματος που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια, την ηθική και την νομοθεσία (Applegate, 1999).

# **1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΟΡΙΣΜΟΣ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ**

## **1.1 Ορισμός**

Ως εργογόνο βοήθημα (ergogenic aid) ονομάζεται οποιαδήποτε ουσία ή χειρισμός, μπορεί να βελτιώσει, άμεσα φυσιολογικές παραμέτρους που σχετίζονται με την αθλητική απόδοση (Robergs, 2010).

## **1.2 Κατηγοριοποίηση και είδη εργογόνων βοηθημάτων**

Τα εργογόνα βοηθήματα διακρίνονται στις ακόλουθες πέντε κατηγορίες: μηχανικά (π.χ. αθλητικός εξοπλισμός - υποδήματα), ψυχολογικά (π.χ. ύπνωση), φυσιολογικά (π.χ. προθέρμανση), φαρμακευτικά (π.χ. ανδρογόνα στεροειδή), και τέλος διατροφικά βοηθήματα (π.χ. υδατάνθρακες) (Silver, 2001).

Τα μηχανικά εργογόνα βοηθήματα αποτελούν μια ευρεία κατηγορία βοηθημάτων, που ενισχύουν την απόδοση του αθλητή με νόμιμο τρόπο. Στα μηχανικά εργογόνα βοηθήματα, συμπεριλαμβάνονται τα εξειδικευμένα είδη ένδυσης και υπόδησης για συγκεκριμένα αθλήματα όπως κολύμβηση, ο στίβος, το μπάσκετ, κ.α.

Ο ειδικός τους σχεδιασμός και η χρήση τους αποσκοπεί στη βελτίωση της απόδοσης των αθλητών με στόχο την επίτευξη ενός αγωνιστικού πλεονεκτήματος έναντι των ανταγωνιστών τους, αν και η χρήση τους δεν εγγυάται απαραίτητα πως αυτό θα επιτευχθεί.

Μερικά παραδείγματα μηχανικών εργογόνων βοηθημάτων είναι η προπόνηση με επιπρόσθετα βάρη (όπως για παράδειγμα γίνεται στην καλαθοσφαίριση), η προπόνηση με λάστιχα, η προπόνηση με αντίστροφη μέτρηση, ο αθλητικός εξοπλισμός για την ελαχιστοποίηση της αντίστασης λόγω της αεροδυναμικής (π.χ. ειδικά κράνη στη ποδηλασία), ρούχα που μεταφέρουν τον ιδρώτα γρήγορα από το δέρμα στο ρούχο και εντείνουν την εξάτμισή του και τέλος τα ηλεκτρονικά μέσα όπως υπολογιστές και κάμερες για την καταγραφή και ανάλυση της επίδοσης του αθλητή.

Τα ψυχολογικά εργογόνα βοηθήματα, μπορούν να οριστούν ως τα ψυχολογικά βοηθήματα που δίνουν κίνητρο στον αθλητή και τον βοηθούν κατά τη διάρκεια των προ-αγωνιστικών αλλά και κατά τη διάρκεια των αγωνιστικών διαστημάτων, να φέρει εις πέρας το έργο του και να αποκτήσει πλεονέκτημα έναντι των αντιπάλων του, το οποίο οφείλεται σε τεχνικές που αφορούν στη ψυχολογία.



Πολλοί ψυχολογικοί παράγοντες δρουν θετικά ή αρνητικά στην απόδοση του αθλητή, και η προσπάθεια του αθλητή και του περιβάλλοντός του είναι να εντείνει την δράση των θετικών ψυχολογικών ερεθισμάτων, καθώς και να μειώσει τη δράση των αρνητικών ψυχολογικών ερεθισμάτων, όπως για παράδειγμα το άγχος.

Αρκετοί παράγοντες είναι σημαντικοί για την ανάπτυξη και τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, μεταξύ αυτών είναι η οικογενειακή υποστήριξη (οικονομική, συναισθηματική) και η σχέση αθλητή και προπονητή. Η αυτοπεποίθηση και το κίνητρο του αθλητή παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην επίτευξη υψηλής απόδοσης από τον αθλητή, όπως και η δυνατότητα λήψεως πρωτοβουλιών. Η συγκέντρωση στον επιθυμητό αθλητικό στόχο, οι προσωπικές τερήσεις, η σταδιακή επίτευξη μικρών και συχνών στόχων, η προπόνηση σε υψηλό αγωνιστικό επίπεδο, έχουν αποδειχθεί πως αποτελούν σημαντικά βοηθήματα στην επίτευξη των αγωνιστικών στόχων του αθλητή από ψυχολογική σκοπιά. Η ψυχολογική και μάλιστα προσωπική προετοιμασία (self-talk), θεωρείται επίσης πολύ σημαντική στην επίτευξη της μέγιστης αθλητικής απόδοσης, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με την προσπάθεια ελαχιστοποίησης του άγχους και της τεράστιας πίεσης που αισθάνονται οι αθλητές, ιδιαίτερα σε υψηλό αγωνιστικό επίπεδο (Durand-Bush N & Salmela JH, 2002; Mahoney MJ & Avenier M, 1997; Gould D & Dieffenbach K, 2002).

Η μουσική έχει επίσης την ικανότητα να έχει εργογόνο δράση, λόγω της επίδρασής της στην ψυχολογία του αθλητή. Η αύξηση της απόδοσης οφείλεται κυρίως στη δράση της μουσικής στη γενικότερη ψυχολογία του αθλητή με παράλληλη αύξηση της δράσης του αυτόνομου συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Η δράση της μουσικής διαφέρει προ αγωνιστικά, κατά τη διάρκεια του αγώνα, αλλά και μεταγωνιστικά, καθώς επίσης διαφέρει από αθλητή σε αθλητή (Karageorghis & Terry, 2009; Karageorghis et al, 2012).

Τέλος, η μέθοδος της ύπνωσης θεωρείται πως έχει εργογόνο δράση σε άτομα που δεν έχουν φτάσει ακόμη τη μέγιστη δυνατή επίδοσή τους κατά το παρελθόν, και ίσως λειτουργεί λόγω της αρχικής πεποίθησης του αθλητή που υπόκειται σε ύπνωση, ότι θα υπάρξει βελτίωση (Dishman RD, 1980).

Τα φυσιολογικά εργογόνα βοηθήματα, είναι ουσίες ή τεχνικές οι οποίες μεταβάλλουν θετικά φυσιολογικές παραμέτρους και δράσεις του οργανισμού, όπως η αύξηση του αριθμού των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Αν και η χρήση τους στηρίζεται πάνω σε φυσιολογικές μεταβολές του οργανισμού, δεν είναι όλα τα φυσιολογικά εργογόνα βοηθήματα νόμιμα, και μάλιστα μερικά από αυτά προκαλούν σοβαρές παρενέργειες (π.χ. Αιματολογικό Ντόπινγκ, χορήγηση ερυθροποιητίνης) .

Μια νόμιμη φυσιολογική εργογόνος τεχνική, είναι η προπόνηση σε υψηλό υψόμετρο. Υγιείς αθλητές οι οποίοι προπονούνται σε υψηλό υψόμετρο, παρουσιάζουν μια αύξηση της συγκέντρωσης της αιμογλοβίνης της τάξης 1% ανά εβδομάδα. Η διαφορά στις συγκεντρώσεις της αιμογλοβίνης μεταξύ αθλητών που προπονούνται και ζουν σε υψηλό υψόμετρο σε σύγκριση με αθλητές που ζουν και προπονούνται σε χαμηλό υψόμετρο (επίπεδο θάλασσας), είναι περίπου 12% (Berglund B, 1992).

Μια δημοφιλής τακτική πολλών αθλητικών ομαδικών συλλόγων αλλά και μεμονωμένων αθλητών, είναι να προπονούνται σε υψηλό υψόμετρο για περίπου 3 μήνες, έτσι ώστε να προκαλέσουν φυσιολογικές μεταβολές στον οργανισμό τους στοχεύοντας ειδικότερα στην αύξηση της συγκέντρωσης της αιμογλοβίνης του οργανισμού, της πρωτεΐνης που προσδένει και μεταφέρει οξυγόνο στα τριχοειδή αγγεία και τους μυς του σώματος (AND, DC, and ACSM, 2016 ; Berglund B, 1992).

Μεγαλύτερη συγκέντρωση αιμογλοβίνης στον οργανισμό, οδηγεί σε μεγαλύτερη ικανότητα δέσμευσης οξυγόνου και συνεπώς μεγαλύτερη απόδοση οξυγόνου στους εργαζόμενους μυς ανά μονάδα χρόνου.

Τα φαρμακολογικά εργογόνα βοηθήματα είναι φαρμακολογικές ουσίες που λαμβάνονται από τους αθλητές, είτε για την αύξηση της αθλητικής απόδοσης μέσω επίδρασης στο νευρικό σύστημα, είτε για την αύξηση συγκεκριμένων σωματικών παραμέτρων όπως η μυϊκή μάζα και δύναμη, καθώς και η μείωση της λιπώδους μάζας. Η κατηγορία των φαρμακολογικών εργογόνων ουσιών είναι αρκετά ευρεία και συμπεριλαμβάνει τα αναβολικά στεροειδή, τις αμφεταμίνες, τους Β-αδρενεργικούς αγωνιστές, τα γλυκοκορτικοειδή, τη ψευδοεφεδρίνη, τους Β-αδρενεργικούς αποκλειστές και τέλος τις ψυχοδιεγερτικές ουσίες (ναρκωτικές ουσίες) (Bhandarkar et al., 2015 ; Ellender L & Linder MM, 2005). Η χρήση των περισσότερων φαρμακολογικών εργογόνων βοηθημάτων δεν είναι νόμιμη.

Τα διατροφικά βοηθήματα, θεωρούνται πως βοηθούν στην αύξηση της αθλητικής απόδοσης με διάφορους τρόπους, κυρίως μέσω της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης. Η κατηγορία των διατροφικών εργογόνων βοηθημάτων συμπεριλαμβάνει πληθώρα φυσικών καθώς και τεχνητών ουσιών ή/και τροφίμων, που αυξάνουν την αθλητική απόδοση από μακροθρεπτικά όπως πρωτεΐνες-αμινοξέα, λιπαρά οξέα και υδατάνθρακες, μικροθρεπτικά όπως οι βιταμίνες και χημικά στοιχεία, μέχρι και συγκεκριμένα τρόφιμα και ουσίες όπως για παράδειγμα ο χυμός από παντζάρι, η καφεΐνη και το Panax Ginseng (Bhandarkar P et al., 2015).

### 1.3 Ισχυρισμοί, οφέλη, ενδείξεις και αντενδείξεις των εργογόνων βοηθημάτων

Οι κύριοι ισχυρισμοί όσον αφορά στη δράση των εργογόνων βοηθημάτων και τους λόγους που οδηγούν τους αθλητές, επαγγελματίες και μη, στη χρήση τους, μπορούν να συνοψισθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

α) συμπληρώματα-βοηθήματα που ίσως επηρεάζουν τον ενεργειακό μεταβολισμό (π.χ. κρεατίνη, καρνιτίνη, διττανθρακική σόδα, καφεΐνη),

β) συμπληρώματα-βοηθήματα που ίσως βελτιώνουν την γενική υγεία του αθλητή (π.χ. γλουταμίνη, αντιοξειδωτικές ουσίες,

γ) συμπληρώματα-βοηθήματα που ίσως αυξάνουν την μυϊκή μάζα (π.χ. πρωτεΐνες-αμινοξέα, HMB) (Maughan RJ, 1999).

Ειδικότερα, οι ισχυρισμοί, τα οφέλη, οι μηχανισμοί δράσης, οι αντενδείξεις καθώς και οι παρενέργειες των δημοφιλέστερων διατροφικών εργογόνων βοηθημάτων αλλά και συμπληρωμάτων είναι οι εξής:

**Καφεΐνη:** Δρα ως διεγερτική ουσία στο ΚΝΣ, αυξάνοντας την εγρήγορση του αθλητή αλλά επίσης μειώνοντας το αίσθημα κοπώσεως.

Στα οφέλη της χρήσης της καφεΐνης συγκαταλέγονται η διέγερση του ΚΝΣ, η αύξηση της αερόβιας αντοχής και η αύξηση του μεταβολισμού του λιπών (Ahrendt DM, 2001). Στις αντενδείξεις και παρενέργειες, σημαντικό ρόλο παίζει η δοσολογία αλλά και η απόκριση του κάθε αθλητή στη λήψη. Στις ήπιες παρενέργειες συμπεριλαμβάνονται η αυπνία, το άγχος, η ευερεθιστικότητα, αλλά και οι γαστροοισοφαγικές ενοχλήσεις, ενώ στις σοβαρές παρενέργειες, συγκαταλέγονται οι αρρυθμίες, οι ψευδαισθήσεις, το κόμα ακόμη και ο θάνατος (Bernstein A, Safirstein J, Rosen JE, 2003-2004 ; Silver MD , 2001).

**Κρεατίνη:** Οι ισχυρισμοί όσον αφορά στη χρήση της κρεατίνης, κάνουν λόγο για αύξηση της δύναμης (Silver MD , 2001). Η χορήγηση κρεατίνης, μπορεί να αυξήσει την απόδοση σε δραστηριότητες μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης, μέσω της ανασύνθεσης της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) από τη φωσφοκρεατίνη (CP) (Maughan RJ, 1999). Έχει αναβολική δράση (αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης στους μυς), σε συνδυασμό με προπόνηση αντιστάσεων.

Πιθανώς προλαμβάνει τραυματισμούς κι έχει ευεργετική δράση στη λειτουργία του ανοσοποιητικού (Deminice R et al., 2013). Οι παρενέργειες που μπορεί να παρατηρηθούν είναι η αύξηση βάρους (0.5-1 κιλό σε βραχυχρόνια χρήση αλλά και έως 3 κιλά σε μακροχρόνια χρήση), που κυρίως αιτιολογείται από την κατακράτηση υγρών. Άλλες

παρενέργειες συμπεριλαμβάνουν, μυϊκές κράμπες, γαστροοισοφαγικές ενοχλήσεις και αυξημένη αφυδάτωση (Ellender M & Linder MM, 2005) .

Αντιοξειδωτικές ουσίες: Ο βασικός ισχυρισμός για τον οποίο οι αθλητές καταναλώνουν αντιοξειδωτικές ουσίες (π.χ. Βιταμίνη A,C, E, Συνένζυμο Q10 ), είναι για να μειώσουν τον μυϊκό καταβολισμό που συνοδεύει τις αθλητικές δραστηριότητες, όσον αφορά τον τραυματισμό του μυϊκού ιστού που προκαλείται από την άσκηση, λόγω της αυξημένης παραγωγής και δράσης των ελευθέρων ριζών (Maughan RJ , 1999 ; Silver MD 2001). Οι παρενέργειες που μπορεί να συμβούν λόγω τοξικότητας από υπερβολικά μεγάλες δόσεις αντιοξειδωτικών ουσιών είναι απίθανες, αλλά υπάρχουν ανησυχίες για τις πιθανές επιπτώσεις μακροχρόνιων υπερβολικών δόσεων συγκεκριμένων αντιοξειδωτικών ουσιών (Maughan RJ, 1999 ; Bernstein A, Safirstein J, Rosen JE, 2003-2004) .

Καρνιτίνη: Η καρνιτίνη θεωρείται πως εντείνει τον μεταβολισμό των λιπών και αυξάνει την χρησιμοποίηση των λιπιδίων για την παραγωγή ενέργειας, λόγω του ρόλου της στη μεταφορά των λιπαρών οξέων εντός των μιτοχονδρίων (Maughan RJ, 1999) με παράλληλη εξοικονόμηση του μυϊκού γλυκογόνου καθώς και μείωση της έκκρισης του γαλακτικού οξέως που ενισχύει τους αθλητές αντοχής ( Silver MD, 2001). Επίσης, η χρήση L-καρνιτίνης έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την αερόβια απόδοση σε διαβητικούς, μειώνει τον μυϊκό πόνο και τις κράμπες και αυξάνει την απόδοση διότι δρα ως αντιοξειδωτικό απέναντι στις ελεύθερες ρίζες που παράγονται κατά τη διάρκεια της άσκησης και ιδιαίτερα μέσω της επιτάχυνσης των ενδογενών αντιοξειδωτικών μηχανισμών του οργανισμού (Sung DJ et al., 2016). Η χρήση καρνιτίνης δεν παρουσιάζει παρενέργειες (Ahrendt DM, 2001), αλλά τα αποτελέσματα της σε σχέση με τους ισχυρισμούς στερούνται επιστημονικών αποδείξεων ( Maughan RJ, 1999) .

HMB: Θεωρείται πως εμποδίζει τον μυϊκό καταβολισμό κατά τη διάρκεια επίπονης άσκησης. Έρευνες έχουν αποδείξει πως μειώνει σε σημαντικό βαθμό τα επίπεδα της γαλακτικής αφυδρογονάσης (LDH) και τα επίπεδα της φωσφοκινάσης της κρεατίνης (CPK), τα οποία είναι υψηλά κατά τη διάρκεια καθώς και μετά το πέρας έντονης άσκησης, και αποτελούν επίσης καλούς δείκτες μυϊκής βλάβης. Επίσης, έχει αποδειχθεί πως η βραχυχρόνια χρήση HMB επηρεάζει θετικά την αύξηση της δύναμης σε προπόνηση με αντιστάσεις (Bernstein A, Safirstein J, Rosen JE, 2003-2004). Τέλος, έχει βρεθεί πως η χρήση HMB αυξάνει την αερόβια ικανότητα σε αθλητές αντοχής, μειώνει την λιπώδη μάζα, αλλά και αυξάνει την μέγιστη αναερόβια ικανότητα (Michalski KD & Jeszka J, 2015). Δεν υπάρχουν παρενέργειες της χορήγησης HMB (Ahrendt DM, 2001) .

Διττανθρακικό νάτριο: Οι ισχυρισμοί που κάνουν διαδεδομένη τη χρήση του διττανθρακικού νατρίου (σόδας) ως εργογόνο βοήθημα, είναι πως η πρόσληψή της πριν την έναρξη της άσκησης, μπορεί να αυξήσει την απόδοση καθυστερώντας την εμφάνιση κόπωσης στους εργαζόμενους μυς, σε αγωνίσματα που η παραγωγή γαλακτικού οξέος είναι υψηλή, και οι ισχυρισμοί έχουν επιβεβαιωθεί από πλήθος ερευνών (Mueller et al, 2013 ; Ellender M & Linder MM, 2005 ; AND, DC, and ACSM, 2016 ; Maughan RJ, 1999). Όσον αφορά τις παρενέργειες κατανάλωσης διττανθρακικής σόδας είναι η διάρροια, οι γαστρεντερικές ενοχλήσεις και το αίσθημα «φουσκώματος» (Ellender M & Linder MM, 2005 ; AND, DC, and ACSM, 2016).

Νιτρικό οξείδιο (NO): Θεωρείται πως αυξάνει την απόδοση μέσω της μείωσης του οξυγονικού κόστους της άσκησης και έτσι να επιμηκύνει το χρόνο που εμφανίζεται κόπωση. Επίσης θεωρείται πως μειώνει την συχνότητα εμφάνισης κόπωσης σε ασκήσεις με συνεχείς μυϊκές συστολές και για αυτό έχει θετική επίδραση σε αθλήματα που διαρκούν 1 έως 10 λεπτά, αλλά και σε αθλήματα που συνδυάζουν αερόβιο και αναερόβιο μεταβολισμό. Έρευνες έχουν αποδείξει πως αυξάνει την αναερόβια ικανότητα (τρέξιμο) (Wylie LJ et al., 2013), την αναερόβια απόδοση σε αγωνίσματα αντοχής (τρέξιμο) (Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E , 2012) και αυτό αποδείχθηκε πως ισχύει λιγότερο σε κορυφαίους αθλητές (Jones AM, 2014) και τέλος, μειώνει το οξυγονικό κόστος της άσκησης (Kelly J et al., 2013). Δεν υπάρχουν προς το παρόν γνωστές παρενέργειες.

β-Αλανίνη: Ορισμένοι αθλητές κάνουν χρήση της β-Αλανίνης με σκοπό την καθυστέρηση της εμφάνισης του αισθήματος της κοπώσεως και έτσι να βελτιώσουν την απόδοσή τους. Η β-Αλανίνη, η οποία είναι πρόδρομη ουσία της καρνοσίνης, έχει αποδειχθεί πως μειώνει την οξειδωση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης άσκησης. Έχει αποδειχθεί πως αυξάνει την συνολική διάρκεια άσκησης καθώς και την δύναμη κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθυστερεί την εμφάνιση της κόπωσης σε αγωνίσματα διάρκειας 60-240 δευτερόλεπτα, και επίσης η χρόνια λήψη της μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα ενδοκυτταρικής καρνοσίνης.

Όσον αφορά στις παρενέργειες, κάποια προϊόντα που παρουσιάζουν άμεση απορρόφηση, ίσως προκαλέσουν αίσθημα κνησμού και μούδιασματος (Quesnele et al., 2014).

Υδατάνθρακες: Οι υδατάνθρακες θεωρούνται ένα από τα καλύτερα εργογόνα βοηθήματα και ο λόγος είναι διότι έχουν άμεση σχέση με το γλυκογόνο που είναι αποθηκευμένο στο σώμα και διασπάται κατά τη διάρκεια της άσκησης για παραγωγή

ενέργειας. Υπάρχουν σαφή στοιχεία που υποστηρίζουν την εργογόνο δράση των υδατανθράκων (AND, DC, and ACSM, 2016; Ahrendt DM, 2001). Οι πιθανές παρενέργειες από τη χρήση των υδατανθράκων, αφορούν στην πιθανή μείωση της γλυκόζης αίματος μετά από την κατανάλωσή τους (κυρίως σε υδατάνθρακες υψηλού γλυκαιμικού δείκτη), αλλά δεν συμβαίνει σε όλους τους αθλητές. Τέλος, η φρουκτόζη μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες γαστρεντερικές ενοχλήσεις (Ahrendt DM, 2001).

**Πρωτεΐνες-Αμινοξέα:** Η κατανάλωση πρωτεϊνών, κυρίως μετά το τέλος της άσκησης, στηρίζεται στον ισχυρισμό επιτάχυνσης της επιδιόρθωσης - αναδόμησης των μυών, της μείωσης του καταβολισμού και ενίσχυσης της μυϊκής ανάπτυξης ιδιαίτερα κατά την άμεση μετα-γωνιστική περίοδο, όπου οι μύς ανταποκρίνονται ταχύτερα στην προσφορά αμινοξέων (AND, DC, and ACSM, 2016).

#### **1.4 Ψυχολογία αθλητών - Κίνητρα και χρήση εργογόνων βοηθημάτων.**

Η μακροχρόνια αφοσίωση και η αυτοπειθαρχία, είναι απαραίτητα στοιχεία για την ανέλιξη και τη διατήρηση του αθλητή σε υψηλό επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της επαγγελματικής σταδιοδρομίας τους, οι αθλητές θέτουν σε κίνδυνο την υγεία τους, λόγω της ιδιαίτερα σκληρής προπόνησης και των πιθανών τραυματισμών. Οι αθλητές συνεχώς θέτουν στόχους και κάνουν επιλογές σχετικά με τον τρόπο που μπορούν να τους επιτύχουν και συνεπώς είναι αναμενόμενο πως θα αναζητήσουν κάθε δυνατό τρόπο ώστε να βελτιώσουν την απόδοσή τους, συμπεριλαμβάνοντας μεταξύ άλλων και τη χρήση εργογόνων ουσιών. Γι' αυτό το λόγο, η μεγαλύτερη ανησυχία των διοικητικών φορέων του αθλητισμού, είναι η αποτροπή της αύξησης της αθλητικής απόδοσης μέσω χημικών μεταβολών που προκαλούνται από τις προσλαμβανόμενες ουσίες. Επομένως, το ενδιαφέρον στρέφεται, στην ανεύρεση των λόγων για τους οποίους οι αθλητές θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και τη φήμη τους με στόχο τη μεγιστοποίηση της απόδοσης τους, καθώς και στην ανεύρεση των παραγόντων που καθιστούν τους αθλητές ευάλωτους στη χρήση ουσιών.

Όσον αφορά την προσωπικότητα του αθλητή, η χαμηλή αυτοπεποίθηση και το αυξημένο άγχος, βρέθηκαν ότι είναι παράγοντες που συμβάλλουν στη χρήση εργογόνων ουσιών στην προεφηβική ηλικία. Σε έφηβους αθλητές παρατηρήθηκε το αντίθετο, δηλαδή οι χρήστες εμφάνιζαν λιγότερο άγχος και περισσότερη αυτοπεποίθηση από τους μη χρήστες.

Η εμπλοκή σε βλαβερές, για την υγεία και την ευρωστία του αθλητή, εξωγωνιστικές δραστηριότητες (κάπνισμα, υπέρμετρη κατανάλωση αλκοόλ κ.α.) και η χρήση συμπληρωμάτων διατροφής, βρέθηκε ότι αυξάνουν την πιθανότητα χρήσης ουσιών,

ενώ η συμπεριφορά και οι πεποιθήσεις συνήθως είναι προγνωστικοί παράγοντες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο σημαντικότερος προγνωστικός παράγοντας για τη χρήση εργογόνων ουσιών βρέθηκε ότι είναι η πρόθεση του αθλητή να υποπέσει στη συγκεκριμένη συμπεριφορά. Οι ηθικές πεποιθήσεις και οι ανησυχίες για την υγεία δρουν σαν παράγοντες πρόληψης, ενώ ο έλεγχος ντόπινγκ και η επιβολή κυρώσεων έχουν ελάχιστα αποτρεπτικά αποτελέσματα.

Αθλητές που ερωτήθηκαν για τους προσωπικούς λόγους που έκαναν χρήση εργογόνων ουσιών, ανέφεραν τους εξής: την επίτευξη καλύτερης απόδοσης, την εσωτερική επιθυμία να κερδίσουν, την βελτίωση της εμφάνισής τους, την πίεση που ένιωθαν ότι δέχονται από τον περίγυρό τους, και τέλος τον φόβο ότι οι αντίπαλοί τους είχαν πλεονέκτημα απέναντι σε εκείνους λόγω ιατρικής ή χημικής ενίσχυσης.

Επίσης, οι αθλητές μπορεί να κάνουν χρήση εργογόνων ουσιών για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες φυσικές απαιτήσεις της προπόνησης και των αγώνων. Παρόλο που οι περισσότεροι ανέφεραν ότι προτιμούν να αγωνίζονται χωρίς να λαμβάνουν εργογόνες ουσίες, οι αθλητές που εμπλέκονται σε αγώνες υψηλού επιπέδου παραδέχονται ότι πρόκειται για ‘‘αναγκαία προσθήκη’’ στον ανταγωνιστικό αθλητισμό. Πολλοί αθλητές κάνουν χρήση εργογόνων υπό την προϋπόθεση ότι οι ουσίες που λαμβάνουν είναι μη ανιχνεύσιμες, ενώ άλλοι δεν θεωρούν το ντόπινγκ «πρόβλημα», και για αυτούς αποτελεί μέρος της αγωνιστικής προετοιμασίας.

Η έλλειψη πληροφόρησης και εμπιστοσύνης προς τους άλλους αθλητές αποτελεί έναν ακόμη λόγο χρήσης απαγορευμένων εργογόνων ουσιών. Οι υποψίες και οι εικασίες σχετικά με τις πιθανές δράσεις των συναθλητών τους, όσον αφορά τη λήψη ουσιών για μεγιστοποίηση της απόδοσής τους και την απόκτηση αγωνιστικού πλεονεκτήματος έναντί τους, μπορούν να οδηγήσουν τους αθλητές στο ντόπινγκ (Petroczi A & Aidman E , 2008).

Η επιρροή των συνομηλίκων, των γονέων, η διαθεσιμότητα των ουσιών, οι πολιτιστικοί κανόνες και ο φόβος της αποτυχίας έχουν αναφερθεί για να εξηγήσουν τα κίνητρα των αθλητών που τους οδηγούν στην συγκεκριμένη συμπεριφορά. Υποστηρίζεται ότι ο προπονητής είναι ένας από τους πρωταρχικούς ανθρώπους που διαμορφώνουν τις αποφάσεις ενός αθλητή να λάβει εργογόνες ουσίες (Pappa, 2012).

Οι προσωπικές βλέψεις των αθλητών, η πεποίθηση της πιθανούς βελτίωσης της απόδοσης, καθώς και η αντίληψη (πραγματική ή φανταστική) χρήσης εργογόνων ουσιών από άλλους αθλητές, αποδείχθηκε πως συσχετίζονται με την πρόθεση της χρήσης εργογόνων βοηθημάτων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι νυν καθώς και οι πρώην αθλητές

που χρησιμοποιούν εργογόνα βοηθήματα, έχουν γενικότερα τις ίδιες απόψεις σχετικά με τις ουσίες που βελτιώνουν την απόδοση, όσον αφορά τα πρότυπα – αθλητές.

Επίσης είναι περισσότερο απελευθερωμένοι, από ηθική κυρίως σκοπιά, σχετικά με τη χρήση των ουσιών που περιγράφηκαν προηγουμένως και αυτό γιατί αναμένουν θετικότερες επιδράσεις στην απόδοσή τους από τους μη χρήστες. Επιπρόσθετα, έχουν την πεποίθηση πως το σώμα τους θα γίνει ισχυρότερο, πιο μυώδες και καλύτερα διαμορφωμένο αλλά και πως η λήψη εργογόνων ουσιών θα μειώσει το χρόνο επίτευξης των επιθυμητών αποτελεσμάτων (Wiefferink CH et al, 2008).



## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

### 2.1 Εργογόνα βοηθήματα που ενισχύουν την αντοχή

#### 2.1.1 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες είναι τα μακροθρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν σε μεγαλύτερη αφθονία στη φύση. Είναι από τα πιο σημαντικά θρεπτικά συστατικά, τόσο σε κατάσταση ηρεμίας, όσο και κατά τη διάρκεια της άσκησης, μιας και συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας (Devlin & Williams, 1991).

Οι υδατάνθρακες, αποτελούν μια ομάδα οργανικών ουσιών, που ως προς το χημικό τύπο τους, είναι ενυδατωμένος άνθρακας και αποτελούνται από άτομα άνθρακα, οξυγόνου και υδρογόνου. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες υδατανθράκων βιολογικού ενδιαφέροντος (πίνακας 2.1, Carbohydrates in human nutrition - Chapter 1 - The role of carbohydrates in nutrition, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO):

- Οι μονοσακχαρίτες, όπως η γλυκόζη και η φρουκτόζη, είναι τα μονομερή για τη σύνθεση πολυπλοκότερων δομών.
- Οι δισακχαρίτες αποτελούνται από δυο μονοσακχαρίτες.
- Οι ολιγοσακχαρίτες αποτελούνται 2-10 μονοσακχαρίτες.
- Οι πολυσακχαρίτες, όπως το άμυλο, το γλυκογόνο και η κυτταρίνη, που αποτελούνται από εκατοντάδες χιλιάδες υπομονάδες γλυκόζης.

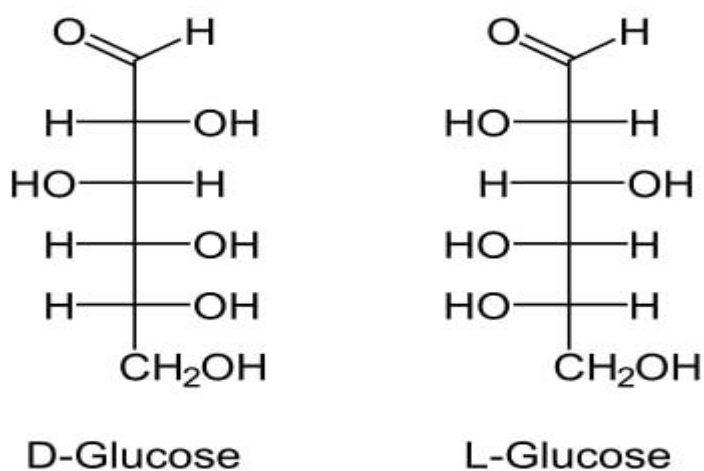
Συνεπώς όλοι οι σύνθετοι υδατάνθρακες είναι αθροίσματα μικρότερων μονάδων, οι οποίες δεν μπορούν να υδρολυθούν περαιτέρω. Κυριότεροι υδατάνθρακες από τους μονοσακχαρίτες είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη, από τους δισακχαρίτες η λακτόζη, η μαλτόζη και η σακχαρόζη και από τους πολυσακχαρίτες το άμυλο, το γλυκογόνο και η κυτταρίνη και τέλος οι μονοσακχαρίτες ριβόζη και δεοξυριβόζη.

*Μονοσακχαρίτες:* Οι μονοσακχαρίτες αποτελούν μονομερή μόρια και δεν μπορούν να διασπαστούν περαιτέρω σε μικρότερα μόρια μέσω υδρόλυσης. Κατηγοριοποιούνται (πίνακας 2.1) βάση τριών διαφορετικών χαρακτηριστικών: Τη θέση της καρβονυλικής ομάδας, τον αριθμό των ατόμων άνθρακα που περιέχει και την χειρομορφία τους. Εάν η καρβονυλική ομάδα είναι μια αλδεϋδη, ο μονοσακχαρίτης είναι μια αλδόζη, ενώ εάν η καρβονυλική ομάδα είναι μια κετόνη, ο μονοσακχαρίτης είναι κετόζη. Οι κετόζες διακρίνονται ανάλογα τον αριθμό των ανθράκων στην αλυσίδα τους, σε τριόζες, τετρούζες, πεντόζες, εξόζες κλπ. Αυτά τα δύο συστήματα όμως, συχνά συνδυάζονται.

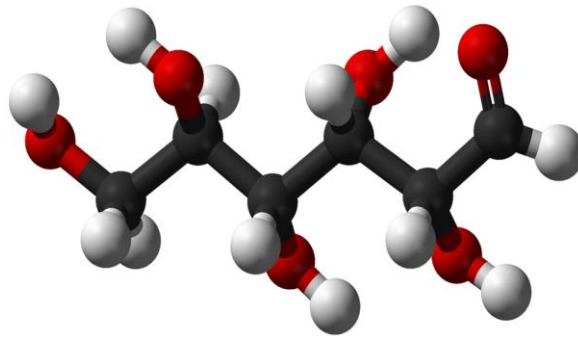
Για παράδειγμα, η γλυκόζη αποτελεί μια αλδοεξόζη (αλδεΐδη με έξι άνθρακες) (εικόνες 2.1, 2.2), ενώ η φρουκτόζη είναι κετοεξόζη (κετόνη με έξι άνθρακες) (Neil AC, Williamson B & Heyden RJ, 2006).

**Πίνακας 2.1** – Κατηγοριοποίηση Υδατανθράκων

<i>Τάξη</i>	<i>Υποομάδα</i>	<i>Συστατικά</i>
Σάκχαρα	Μονοσακχαρίτες	Γλυκόζη, γαλακτόζη, φρουκτόζη, ξυλόζη
	Δισακχαρίτες	Σουκρόζη, λακτόζη, μαλτόζη, τρεχαλόζη
	Πολυόλες	Σορβιτόλη, μανιτόλη
Ολιγοσακχαρίτες	Μαλτο-ολιγοσακχαρίτες	Μαλτοδεξτρίνες
	Άλλοι ολιγοσακχαρίτες	Ραφινόζη, σταχιόζη, φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες
Πολυσακχαρίτες	Άμυλο	Αμυλόζη, αμυλοπηκτίνη, τροποποιημένο άμυλο
	Μη-αμυλούχοι πολυσακχαρίτες	Σελλουλόζη, πηκτίνη



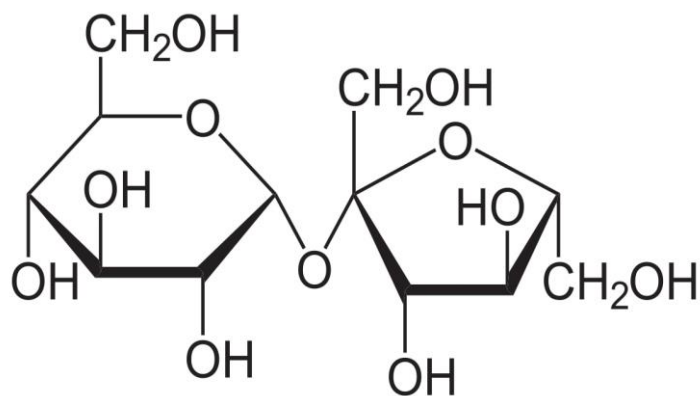
**Εικόνα 2.1** – D-γλυκόζη και L-γλυκόζη



**Εικόνα 2.2** – Μοριακή Δομή D-γλυκόζης

*Δισακχαρίτες:* Οι δισακχαρίτες αποτελούν ενώσεις δύο μονοσακχαριτών και είναι οι απλούστεροι πολυσακχαρίτες, με παραδείγματα την σουκρόζη και τη λακτόζη. Οι μονοσακχαρίτες προσδέονται με γλυκοσιδικό δεσμό.

Η σουκρόζη (ζάχαρη), είναι ο πιο άφθονος δισακχαρίτης και αποτελείται από ένα μόριο D-γλυκόζης και ένα μόριο D-φρουκτόζης (εικόνα 2.3).



**Εικόνα 2.3** – Μοριακή δομή σουκρόζης

Η λακτόζη αποτελείται από ένα μόριο D-γαλακτόζης και ένα μόριο D-γλυκόζης, και υπάρχει φυσικά στο γάλα των θηλαστικών. Άλλος ένας γνωστός και σημαντικός δισακχαρίτης είναι η μαλτόζη που αποτελείται από δύο μόρια D-γλυκόζης.

Στον τομέα της διατροφής, οι υδατάνθρακες χωρίζονται σε απλούς και σύνθετους με τον εξής τρόπο: Εάν είναι σάκχαρα (μονό-και δισακχαρίτες) ονομάζονται απλοί υδατάνθρακες και εάν είναι πολυσακχαρίτες ή ολιγοσακχαρίτες, ονομάζονται σύνθετοι (Carbohydrates. The Nutrition Source. Harvard School of Public Health., 2013).

Ο γλυκαιμικός δείκτης είναι ένας αριθμός που σχετίζεται με την επίδραση ενός τροφίμου στα επίπεδα γλυκόζης αίματος ενός ανθρώπου, δύο ώρες μετά την κατανάλωσή του. Η σύγκριση γίνεται με τη τιμή 100, που αντιπροσωπεύει το λευκό ψωμί (Glycemic Index Defined. Glycemic Research Institute., 2012).

Η επίδραση ενός τροφίμου στα επίπεδα γλυκόζης αίματος, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος του αμύλου, η θέση των μορίων του αμύλου μέσα στο τρόφιμο, το περιεχόμενο σε λίπος και πρωτεΐνη του τροφίμου καθώς και τα οργανικά οξέα ή τα άλατά τους στο γεύμα. Ο γλυκαιμικός δείκτης συνήθως χρησιμοποιείται σχετικά με τη ποσότητα του τροφίμου και την ποσότητα σε υδατάνθρακα του τροφίμου που καταναλώνεται. Ένα τρόφιμο θεωρείται χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη εάν έχει τιμή  $\leq 55$ , μέτριου γλυκαιμικού δείκτη εάν έχει τιμή 56-69 και υψηλού γλυκαιμικού δείκτη εάν έχει τιμή  $\geq 70$ . Ένα τρόφιμο χαμηλού ΓΔ, θα διασπαστεί βραδέως από τον οργανισμό με αποτέλεσμα αργή και σταθερή αύξηση της γλυκόζης αίματος, ενώ αντιθέτως ένα τρόφιμο υψηλού ΓΔ θα διασπαστεί ταχέως από τον οργανισμό και θα έχει ως αποτέλεσμα την γρήγορη και συνάμα απότομη αύξηση των επιπέδων γλυκόζης αίματος και στο τομέα της αθλητικής διατροφής, είναι κυρίως χρήσιμο για την περίοδο αποκατάστασης μετά το τέλος της άσκησης (γρήγορη αναπλήρωση αποθεμάτων γλυκογόνου).

Στις περισσότερες μελέτες ο γλυκαιμικός δείκτης δεν επηρέασε την απόδοση κατά την άσκηση αντοχής ούτε προκάλεσε μεταβολικές αντιδράσεις, εφόσον οι απαιτήσεις σε ενέργεια και υδατάνθρακες είχαν καλυφθεί (AND, DC, and ACSM, 2016).

Οι υδατάνθρακες αποτελούν την μόνη ενεργειακή πηγή για αναερόβια παραγωγή ενέργειας καθώς και το πιο αποτελεσματικό «καύσιμο» παρέχοντας 3,87 θερμίδες ανά γραμμάριο (απλοί υδατάνθρακες) και από 3,57 έως 4,12 θερμίδες ανά γραμμάριο για σύνθετους υδατάνθρακες (National Nutrient Database for Standard Reference, USDA).

Τα σωματικά αποθέματα υδατανθράκων με τη μορφή γλυκογόνου, για έναν άνδρα 70 κιλών, είναι 80-100 γραμμάρια ηπατικό γλυκογόνο, 300-400 γραμμάρια μυϊκό γλυκογόνο και 3-5 γραμμάρια γλυκόζη αίματος. Το μυϊκό γλυκογόνο αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας, αν και το ηπατικό γλυκογόνο είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί πρωτίστως καλύπτοντας τις ανάγκες του οργανισμού. Κατά τη χρησιμοποίηση του μυϊκού γλυκογόνου, η γλυκόζη αίματος μπορεί να οξειδωθεί στους μυς, και για αυτό το λόγο το ήπαρ θα απελευθερώσει άμεσα γλυκόζη για τη διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης αίματος και την αποφυγή πιθανής υπογλυκαιμίας.

Οι υδατάνθρακες παρέχουν περίπου το 50% της ενέργειας σε μέτριας έντασης άσκηση, ενώ σε εντονότερη άσκηση (70-80%  $\text{VO}_2\text{max}$ ), αποτελούν το προτιμώμενο καύσιμο. Κατά τη διάρκεια άσκησης μέγιστης έντασης, οι υδατάνθρακες συμμετέχουν αποκλειστικά στην παραγωγή ενέργειας. Αποτελούν επίσης το βασικό ενεργειακό υπόστρωμα για αγωνίσματα αντοχής >90-120 λεπτών (π.χ. μαραθώνιος), σε παρατεταμένα αγωνίσματα με πολλά και μικρά διαστήματα έντονης άσκησης (π.χ. ποδόσφαιρο) και τέλος σε αγωνίσματα ή κατά τη διάρκεια αγωνισμάτων και δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε υψηλό υψόμετρο, θερμό ή πολύ ψυχρό περιβάλλον (Williams, 2003).

Η γλυκόζη του αίματος κατά τη διάρκεια της άσκησης, ρυθμίζεται ορμονικά από την :

- α) ινσουλίνη (μεταφορά γλυκόζης στα κύτταρα, μείωση επιπέδων γλυκόζης αίματος),
- β) γλυκαγόνη (προώθηση γλυκονεογένεσης στο ήπαρ, αύξηση επιπέδων γλυκόζης αίματος),
- γ) επινεφρίνη (προώθηση γλυκογονόλυσης και απελευθέρωση γλυκόζης από το ήπαρ, αύξηση γλυκόζης αίματος),
- δ) κορτιζόλη (προώθηση διάσπασης πρωτεϊνών και νεογλυκογένεσης, αύξηση επιπέδων γλυκόζης αίματος).

Τα αποθέματα γλυκόζης αίματος είναι ελάχιστα και αναπληρώνονται συνεχώς κυρίως από τη διάσπαση του γλυκογόνου, ενώ η εξάντλησή του οδηγεί σε υπογλυκαιμία με αποτέλεσμα την εμφάνιση δυσάρεστων συμπτωμάτων που δυσχεραίνουν την συνέχιση της άσκησης, όπως ναυτία, αίσθημα κόπωσης και μυϊκή αδυναμία. Υπογλυκαιμία επίσης μπορεί να συμβεί αντιδραστικά, ως αποτέλεσμα κατανάλωσης γεύματος πλούσιου σε υδατάνθρακες, 30-60 λεπτά πριν την έναρξη της άσκησης (Williams, 2003).

Οι υδατάνθρακες τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης και οι λόγοι είναι αρκετοί. Αρχικά, τα αποθέματά τους στον ανθρώπινο οργανισμό είναι περιορισμένα και για αυτό μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν μέσω της διατροφής, δεύτερον αποτελούν το κύριο καύσιμο για τη λειτουργία του εγκεφάλου και του κεντρικού νευρικού συστήματος καθώς και ένα πολύπλευρο και μεταβλητό υπόστρωμα, μιας και μπορεί να υποστηρίξει ασκήσεις σε ένα μεγάλο εύρος εντάσεων, διότι χρησιμοποιείται τόσο από το αναερόβιο, όσο και από το αερόβιο σύστημα παραγωγής ενέργειας. Τρίτον, υπάρχουν αποδείξεις πως ενισχύουν την απόδοση σε αγωνίσματα και καταστάσεις παρατεταμένης διάρκειας ή υψηλής έντασης, μέσω στρατηγικών που αυξάνουν την

διαθεσιμότητα των υδατανθράκων (π.χ. φόρτιση υδατανθράκων), ενώ η εξάντληση των αποθεμάτων συσχετίζεται με αίσθημα κόπωσης, απώλεια συγκέντρωσης κ.α., αποδεικνύοντας έτσι την σημαντικότητα της ύπαρξης τέτοιων στρατηγικών πριν, κατά τη διάρκεια, καθώς και μετά το πέρας της άσκησης. Τέλος, πρόσφατες έρευνες έχουν αναγνωρίσει τον ρόλο των υδατανθράκων στις μυϊκές προσαρμογές που συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της άσκησης.

Οι προτεινόμενες συστάσεις κατανάλωσης υδατανθράκων (πίνακες 2.2,2.3, AND, DC, and ACSM, 2016), πρέπει να είναι εξατομικευμένες ανάλογα τα σωματικά χαρακτηριστικά, το είδος αλλά και τη διάρκεια της άσκησης του κάθε αθλητή, ωστόσο η επιστημονική κοινότητα στερείται έμπειρης και σύνθετης πληροφόρησης σχετικά με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου υποστρώματος όσον αφορά μεμονωμένα τα διάφορα αγωνίσματα και αθλήματα που υφίστανται στον αθλητικό χώρο και για αυτό το λόγο υπάρχουν γενικές οδηγίες πρόσληψης, με στόχο την αύξηση της διαθεσιμότητάς τους ως πηγή ενέργειας στους εργαζόμενους μυς (πίνακας 1). Μια σημαντική επίσης παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί, είναι η σημασία της ώρας-περιόδου πρόσληψης, με σκοπό είτε την αύξηση των αποθεμάτων είτε την επίτευξη σωματικών προπονητικών προσαρμογών.

Τέλος, σημαντική παράμετρος που πρέπει να υπολογιστεί, είναι η ανοχή του οργανισμού (γαστροοισοφαγικές ενοχλήσεις), καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος για την αύξηση της γλυκόζης αίματος ύστερα από κατανάλωση υδατανθράκων (γλυκαιμικός δείκτης τροφίμων).

**Πίνακας 2.2** – Συνιστώμενες προσλήψεις υδατανθράκων για αθλητές/κιλό σωματικού βάρους/ημέρα, σε σχέση με την ένταση της άσκησης

Ένταση Άσκησης	Κατάσταση	Προτεινόμενη πρόσληψη υδατανθράκων (γρ/ημέρα)	Σχόλια σχετικά με τον τύπο των υδατανθράκων και το χρόνο πρόσληψής τους
Ελαφριά	Χαμηλή έντασης άσκηση	3-5 γραμμάρια/κιλό σωματικού βάρους του αθλητή/ημέρα	Ο χρόνος πρόσληψης μπορεί να τροποποιηθεί για να αυξηθεί η διαθεσιμότητα των CHO για μια συγκεκριμένη περίοδο άσκησης, μέσω κατανάλωσης CHO πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης, ή κατά τη διάρκεια της

			αποκατάστασης από προηγούμενη άσκηση.
Μέτρια	Μέτριο-ήπιο πρόγραμμα άσκησης (π.χ. περίπου 1 ώρα την ημέρα)	5-7 γραμμάρια/κιλό ΣΒ/ημέρα	>>
Υψηλή	Πρόγραμμα αντοχής (π.χ. 1-3 ώρες/ημέρα) για ασκήσεις μέτριας-υψηλής έντασης	6-10 γραμμάρια/κιλό ΣΒ/ημέρα	Όσο οι απαιτήσεις σε ενέργεια καλύπτονται, σημαντικό είναι το μοτίβο της πρόσληψης να είναι σύμφωνο με τη προσωπική επιλογή του αθλητή.
Πολύ υψηλή	Ισχυρή δέσμευση του αθλητή (π.χ. >4-5 ώρες/ημέρα , μέτριας προς πολύ υψηλής έντασης προπόνηση)	8-12 γραμμάρια/κιλό ΣΒ/ημέρα	Οι αθλητές θα πρέπει να επιλέγουν υδατάνθρακες πλούσιους σε θρεπτικά συστατικά για να επιτύχουν πλήρη ευρωστία.

**Πίνακας 2.3** – Στρατηγικές ταχείας φόρτισης υδατανθράκων

Γενική φόρτιση	Προετοιμασία για αγωνίσματα διάρκειας <90 λεπτών	7-12 γραμμάρια/κιλό ΣΒ/24ωρο	Οι αθλητές μπορούν να επιλέξουν τρόφιμα πλούσια σε υδατάνθρακες, τα οποία είναι χαμηλά σε φυτικές ίνες για να μειώσουν την πιθανότητα
----------------	--	------------------------------	---

			γαστρεντερικών ενοχλήσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης.
Φόρτιση υδατάνθρακα	Προετοιμασία για αγωνίσματα διάρκειας >90 λεπτά, διαλειμματικής φύσεως.	36-48 ώρες από 10-12 γραμμάρια/κιλό ΣΒ/24ωρο	>>
Γρήγορη αναπλήρωση	<8 ώρες αποκατάσταση μεταξύ δύο απαιτητικών προπονήσεων.	1-1,2 γραμμάρια/κιλό ΣΒ/ώρα για τις πρώτες 4 ώρες. Στη συνέχεια, πρόσληψη σύμφωνα με τις καθημερινές ανάγκες.	Μικρά και συχνά γεύματα προτινόνται. Εισαγωγή ροφημάτων με υδατάνθρακα για επιβεβαίωση πως οι ανάγκες πληρούνται.
Φόρτιση πριν την άσκηση	Για ασκήσεις διάρκειας >60 λεπτά	1-4 γραμμάρια/κιλό ΣΒ, 1-4 ώρες πριν την άσκηση	Ο χρόνος πρόσληψης, ο τύπος και η ποσότητα των υδατανθράκων, πρέπει να επιλέγονται σωστά για να εναρμονίζονται με τις πρακτικές ανάγκες του αθλήματος αλλά και τις προτιμήσεις του αθλητή. Επιλογές υψηλές σε λίπος, πρωτεΐνη και φυτικές ίνες, θα πρέπει να αποφεύγονται για την μείωση των πιθανοτήτων γαστρεντερικών ενοχλήσεων. Η επιλογή τροφίμων με χαμηλό ΓΔ, μπορεί να είναι καλή για καταστάσεις κατά τις οποίες δεν μπορούν να καταναλωθούν υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της άσκησης.



Κατά τη διάρκεια ταχείας άσκησης	<45 λεπτά	Δεν χρειάζονται περαιτέρω υδατάνθρακες	
Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης, υψηλής έντασης άσκησης	45-75 λεπτά	Μικρές ποσότητες, συμπεριλαμβανομένου και το mouth rinse	Μια πληθώρα ροφημάτων και αθλητικών ποτών μπορούν να προσφέρουν άμεσα διαθέσιμους υδατάνθρακες. Η επαφή υδατανθράκων με την στοματική κοιλότητα, μπορεί να ενεργοποιήσει συγκεκριμένους υποδοχείς του εγκεφάλου και του κεντρικού νευρικού συστήματος, αυξάνοντας την αθλητική απόδοση.
Κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης αντοχής	1-2,5 ώρες	30-60 γραμμάρια/ώρα	Η παροχή υδατανθράκων αποτρέπει την εξάντληση των ενδογενών αποθεμάτων. Η επιλογή θα πρέπει να είναι εξατομικευμένη και να εναρμονίζεται με τη φύση και τους κανόνες του αθλήματος. Πολλές επιλογές μεταξύ υγρών και στερεών μορφών υδατανθράκων.
Αθλήματα υπεραντοχής	>2,5-3 ώρες	Ως 90 γραμμάρια/ώρα	Υψηλότερη πρόσληψη CHO έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη απόδοση. Προϊόντα που συνδυάζουν πολλαπλούς τύπους μεταφερόμενων CHO (π.χ. γλυκόζη-φρουκτόζη), επιτυγχάνουν μεγαλύτερη οξείδωση των CHO κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Η εξάντληση των σωματικών αποθεμάτων υδατανθράκων, αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες για την εμφάνιση της κόπωσης κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης. Οι τιμές μυϊκού γλυκογόνου σε έναν προπονημένο μυ είναι 100-120mmol/kg μυϊκού ιστού υπό συνθήκες ηρεμίας και μειώνονται ανάλογα με τον τύπο και την ένταση της άσκησης. Τα φυσιολογικά αποθέματα υδατανθράκων είναι επαρκή για τις ανάγκες των μυών κατά τη διάρκεια άσκησης διάρκειας 60-90 λεπτών.

Μια πολύ δημοφιλής, αποτελεσματική αλλά και επαρκώς μελετημένη στρατηγική για την μέγιστη επίτευξη πληρότητας του γλυκογόνου και συνεπώς της αύξησης της διαθεσιμότητας των υδατανθράκων ως άμεση διαθέσιμη πηγή ενέργειας, είναι η φόρτιση υδατανθράκων. Φόρτιση υδατανθράκων, ονομάζεται οποιαδήποτε τεχνική που έχει στόχο την υπερπλήρωση των αποθεμάτων ηπατικού και μυϊκού γλυκογόνου, σε ένα διάστημα-περίοδο 3-7 ημέρες πριν το αθλητικό γεγονός, με τροποποίηση της διατροφής (αύξηση κατανάλωσης υδατανθράκων), με τροποποίηση του προπονητικού προγράμματος, είτε σε συνδυασμό τους, κυρίως για αγωνίσματα αντοχής διάρκειας  $\geq 90$  λεπτών.

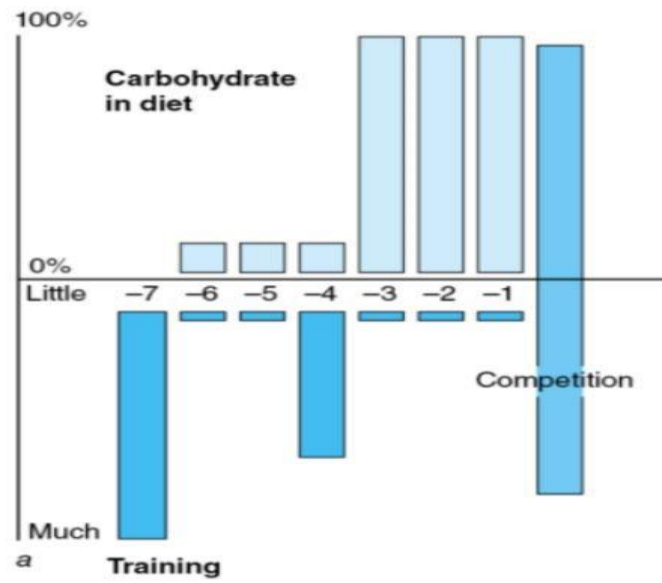
Τα διάφορα πρωτόκολλα υπερπλήρωσης μυϊκού γλυκογόνου μπορούν να αυξήσουν τα επίπεδα γλυκογόνου έως και το διπλάσιο των φυσιολογικών επιπέδων. Υπάρχουν δύο πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων, το κλασσικό (σκανδιναβικό) πρωτόκολλο (Bergstrom et al, Acta.Physiol.Scand, 1967) και το τροποποιημένο πρωτόκολλο (Sherman et al, Int.J. Sports Med., 1981).

- Κλασσικό (Σκανδιναβικό) πρωτόκολλο (εικόνα 2.4, Sports Nutrition, An Introduction to Energy Production and Performance', Second Edition):

Το κλασσικό πρωτόκολλο αποτελείται από δύο φάσεις: Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, ο αθλητής προσλαμβάνει χαμηλές ποσότητες υδατανθράκων αλλά προπονείται σε πολύ υψηλή ένταση. Τα προβλήματα που ανακύπτουν στη φάση αυτή είναι α) δυσκολία διεκπεραίωσης της προπόνησης λόγω κόπωσης, ευερεθιστικότητας και εκνευρισμού αλλά και λόγω χαμηλών επιπέδων γλυκόζης που έχουν ως αποτέλεσμα μυϊκή αδυναμία και σύγχυση, β) γαστρεντερικές ενοχλήσεις (διάρροια), γ) δυσκολία παρασκευής, μεταφοράς και κατανάλωσης των γευμάτων, δ) αυξημένος κίνδυνος για τραυματισμούς και ανεπαρκής ανάκαμψη από την προπόνηση.

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης που χαρακτηρίζεται από αυξημένη πρόσληψη υδατανθράκων, τα προβλήματα διαφέρουν διότι παρουσιάζονται γαστρεντερικές

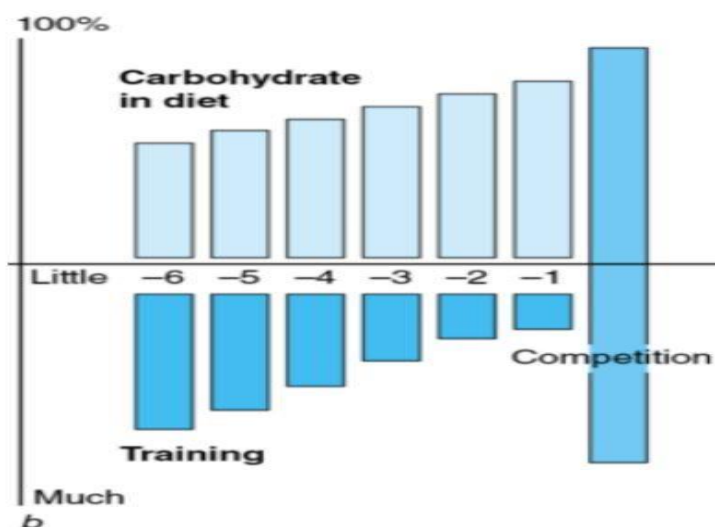
διαταραχές όπως φούσκωμα και πρόσληψη βάρους, καθώς και διαταραχές στο μεταβολισμό (πχ. δυσλιπιδαιμίες).



Εικόνα 2.4 – Κλασσικό-Σκανδιναβικό Πρωτόκολλο

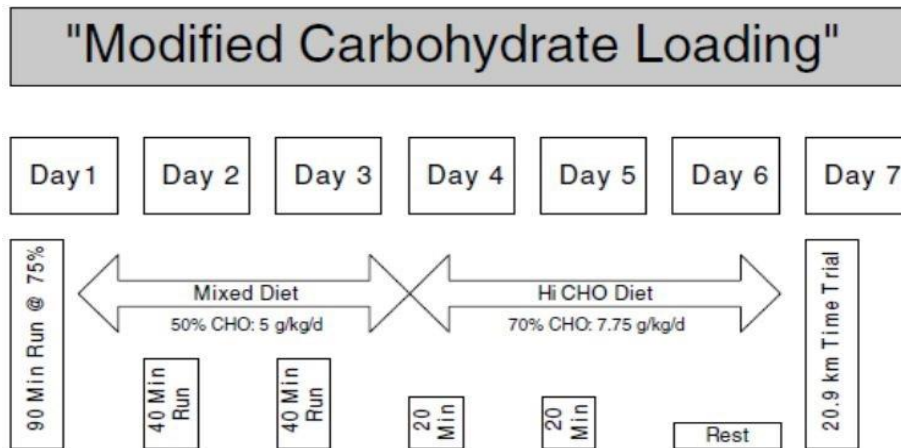
- Τροποποιημένο Πρωτόκολλο (εικόνες 2.5, 2.6, από Sherman et al., 1981):

Το τροποποιημένο πρωτόκολλο διαφέρει με το κλασικό, διότι η πρόσληψη των υδατανθράκων αυξάνεται ενώ η ένταση της προπόνησης μειώνεται σταδιακά, όσο πλησιάζει η μέρα του αγώνα.



**Εικόνα 2.5** – Τροποποιημένο Πρωτόκολλο

Η εφαρμογή των απαιτήσεων του τροποποιημένου πρωτοκόλλου είναι επίσης δύσκολη διότι αρχικά, πολλοί αθλητές δεν μπορούν να επιτύχουν την απαιτούμενη ημερήσια πρόσληψη υδατανθράκων, της τάξης των 7-10g/kg. Επίσης, οι αθλητές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους ότι η αυξημένη πρόσληψη υδατανθράκων, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση βάρους λόγω της συγκράτησης νερού που συνοδεύει το σχηματισμό του γλυκογόνου, διότι για κάθε 1 γραμμάριο γλυκογόνου αποθηκεύονται 3 γραμμάρια νερού. Επιπρόσθετα, ορισμένα άτομα αναφέρουν ότι η αύξηση του συγκρατούμενου νερού προκαλεί ένα αίσθημα φουσκώματος και πιθανώς επιδρά αρνητικά στην αθλητική απόδοση και τέλος, οι αθλητές πιθανώς να μην έχουν τις κατάλληλες γνώσεις να προγραμματίσουν επιτυχώς τη σταδιακή μείωση του όγκου της προπόνησης.



**Εικόνα 2.6** – Τροποποιημένο Πρωτόκολλο

Φρουκτόζη: Το λεπτό έντερο απορροφά την φρουκτόζη πιο αργά από την γλυκόζη, και προκαλεί μια ελάχιστη έκκριση ινσουλίνης, χωρίς την πτώση της γλυκόζης του αίματος. Η κατανάλωση ενός ροφήματος πλούσιο σε φρουκτόζη συχνά προκαλεί δυσφορία από το γαστρεντερικό σύστημα (κράμπες, εμετός, διάρροια) και έτσι, μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στις επιδόσεις στην άσκηση. Επίσης όταν το λεπτό έντερο απορροφήσει την φρουκτόζη, αυτή πρέπει αρχικά να μεταφερθεί στο ήπαρ, όπου θα μετατραπεί σε γλυκόζη. Αυτή η χρονική καθυστέρηση, συνεπώς περιορίζει ακόμα περισσότερο την διαθεσιμότητα της φρουκτόζης ως ενεργειακή πηγή.

Ο συνδυασμός γλυκόζης, σουκρόζης και φρουκτόζης, μπορεί να εντείνει την οξείδωση των υδατανθράκων από 1 γρ/λεπτό έως και 1,8γρ/λεπτό και έτσι αυξάνει την αθλητική απόδοση, μέσω διαφόρων μηχανισμών όπως η εξοικονόμηση ηπατικού και μυϊκού γλυκογόνου και η διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης αίματος.

Τα τελευταία χρόνια, νεότερα δεδομένα έχουν κάνει την εμφάνισή τους, αναφορικά με τη χρήση νέων στρατηγικών και προοπτικών στο τομέα της χρησιμοποίησης των υδατανθράκων. Αρχικά, λόγος γίνεται για την θεωρία πως η προπόνηση με χαμηλά επίπεδα πρόσληψης υδατάνθρακα, εντείνει την αλλαγή της σύστασης του σώματος του αθλητή μέσω των προπονητικών προσαρμοστικών ερεθισμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η υιοθέτηση της συγκεκριμένης στρατηγικής για διάστημα 3-10 εβδομάδων, αυξάνει την ενζυμική μιτοχονδριακή δραστηριότητα, αυξάνει το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των μυών, καθώς και την οξείδωση των λιπών ενδομυϊκά αλλά και σε όλο το σώμα. Η υιοθέτηση όμως της συγκεκριμένης στρατηγικής για διάστημα μεγαλύτερο από το προαναφερθέν, ελλοχεύει κινδύνους για την υγεία και την ευρωστία του αθλητή, όπως είναι η μειωμένη ικανότητα του

ανοσοποιητικού συστήματος, μειωμένη επίδοση σε αγωνίσματα υψηλής εντάσεως, μειωμένη ικανότητα οξειδωσης υδατανθράκων που λαμβάνονται εξωγενώς κατά τη διάρκεια της άσκησης και τέλος, αυξημένη μυϊκή - πρωτεϊνική οξειδωση (Close CL et al., 2016). Η προπόνηση με περιορισμένη πρόσληψη και συνεπώς χαμηλή διαθεσιμότητα υδατανθράκων, μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένες μεταβολικές προσαρμογές κατά τη διάρκεια της προπόνησης, αλλά δεν βελτιώνει τη απόδοση (AND, DC, and ACSM, 2016).

Επιπρόσθετα, ενδιαφέρον παρουσιάζει ο συνδυασμός υδατάνθρακα και πρωτεΐνης, ειδικά σε μεταγωνιστικό γέυμα με στόχο την ταχύτερη αποκατάσταση και την μεγιστοποίηση των προπονητικών προσαρμογών στους εργαζόμενους μυς. Η κατανάλωση περίπου 20-30 γραμμαρίων πρωτεΐνης ή περίπου 10 γραμμάρια απαραίτητων αμινοξέων κατά την διάρκεια της άσκησης ή μετά το πέρας της, οδηγεί σε αυξημένη πρωτεϊνοσύνθεση, όπως φαίνεται από την αύξηση της μυϊκής μάζας, αλλά επίσης σε βελτιωμένο ισοζύγιο αζώτου (Apostu M, 2013; AND, DC, and ACSM, 2016).

Μια επίσης σημαντική ανακάλυψη είναι πως η επαφή του υδατάνθρακα με τη στοματική κοιλότητα, έχει από μόνη της εργογόνο δράση, χωρίς απαραίτητα την κατανάλωση του προϊόντος και αφορά κυρίως υδατάνθρακες σε υγρή μορφή (π.χ. ενεργειακά ποτά). Έχει αποδειχθεί πως η επαφή υδατάνθρακα με τη στοματική κοιλότητα, οδηγεί σε καλύτερο μηχανικό χειρισμό, οπτική αντίληψη και αντίδραση του αθλητή, μέσω ενεργοποίησης ορισμένων υποδοχέων του εγκεφάλου και του κεντρικού νευρικού συστήματος. Ο μηχανισμός αυτός, αντιδρά στην αναγνώριση της προσδεχόμενης πρόσληψης ενέργειας και ίσως να έχει αναπτυχθεί ως μέρος ενός ομοιοστατικού μηχανισμού που ενεργοποιείται σε καταστάσεις εξάντλησης των ενεργειακών αποθεμάτων του οργανισμού ή σε καταστάσεις που τα αποθέματα ενέργειας καταναλώνονται ταχέως (Turner CE et. Al, 2014).

Τα ενεργειακά ποτά αποτελούν με τη σειρά τους ένα σημαντικό τομέα έρευνας και μάρκετινγκ στις μέρες μας. Η δυνατότητα να παρέχουν σημαντικές ποσότητες υδατανθράκων και συνάμα ενέργειας κατά τη διάρκεια του αγωνίσματος, η ποικιλία, το χαμηλό κόστος, τα ελκυστικά οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, καθώς και ο εύκολος εντοπισμός τους στην αγορά, είναι οι λόγοι που έχουν ανάγκη τα αθλητικά ποτά σε μια πολύ καλή επιλογή για τον αθλητή. Τα αθλητικά ποτά συνήθως αποτελούνται από νερό, μέσα στο οποίο περιλαμβάνονται υδρολυομένοι υδατάνθρακες (συνήθως γλυκόζη, φρουκτόζη και μαλτοδεξτρίνη).

Η γλυκόζη, μαλτοδεξτρίνη και η αμυλοπηκτίνη οξειδώνονται σε υψηλούς ρυθμούς, ενώ η φρουκτόζη, αμυλόζη και γαλακτόζη σε χαμηλότερους (περίπου 25-50% χαμηλότερα). Η εργογόνος δράση τους έγκειται στην εξοικονόμηση μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου, στην διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης αίματος και στην διατήρηση της οξείδωσης των υδατανθράκων σε αυξημένο ρυθμό κατά τη διάρκεια της άσκησης. Συνήθως ένα ενεργειακό ποτό περιέχει ένα συνδυασμό υδατανθράκων περίπου 25-30 γραμμάρια/240 mL παρέχοντας έτσι τη χαμηλότερη τιμή των 30γρ/ώρα για αθλήματα αντοχής. Ενώ το συνολικό υδατανθρακικό περιεχόμενο των ενεργειακών ποτών είναι υψηλό, προτείνεται να καταναλώνονται διαλύματα 6-8% (6-8γρ/100mL) κατά τη διάρκεια άσκησης αντοχής, διότι διαλύματα >10% προκαλούν γαστρικές ενοχλήσεις και επιβράδυνση γαστρικής κένωσης, μειώνοντας έτσι την αθλητική απόδοση (Campbell B et al, 2013).

### **2.1.2 L-Καρνιτίνη**

Η καρνιτίνη παράγεται ενδογενώς στον οργανισμό ενώ λαμβάνεται και από την κατανάλωση ζωικών τροφών όπως το κρέας και τα γαλακτοκομικά (Brass, 2000). Η λειτουργία της καρνιτίνης που έχει ερευνηθεί περισσότερο επιστημονικά είναι η μεταφορά λιπαρών οξέων μέσω της εσωτερικής μιτοχονδριακής μεμβράνης, στην οποία η καρνιτίνη είναι απαραίτητη. Άλλες καθιερωμένες λειτουργίες της καρνιτίνης είναι η διατήρηση της ακεραιότητας της κυτταρικής μεμβράνης, η σταθεροποίηση ενός φυσιολογικού λόγου συνενζύμου A (CoA) προς ακετυλοσυνένζυμου A (acetyl-coA) στα μιτοχόνδρια και η μείωση της παραγωγής γαλακτικού οξέος. Επίσης, *in vitro* έρευνες υποστήριξαν έντονα την ιδέα ότι η καρνιτίνη είναι ικανή να αναστείλει τον προγραμματισμένο κυτταρικό θάνατο.

Η καρνιτίνη είναι ευρέως διαθέσιμη και προτιμάται επίσης μεταξύ των αθλητών.

Οι φήμες ότι η συμπληρωματική λήψη καρνιτίνης βοήθησε την ιταλική εθνική ομάδα ποδοσφαίρου να κερδίσει το παγκόσμιο πρωτάθλημα το 1982 συνέβαλε πάρα πολύ στη δημοτικότητά της. Ο σημαντικότερος ισχυρισμός σχετίζεται με το ρόλο της καρνιτίνης στο μεταβολισμό του λίπους. Η καρνιτίνη συχνά διαφημίζεται για τη βελτίωση του μεταβολισμού του λίπους, τη μείωση της λιπώδους μάζας και την αύξηση της μυϊκής μάζας. Με άλλα λόγια, η ουσία παρουσιάζεται ως "λιποδιαλυτική". Επομένως, η καρνιτίνη συχνά συνιστάται για συνθήκες στις οποίες ενδείκνυται η απώλεια βάρους. Οι αθλητές αντοχής χρησιμοποιούν καρνιτίνη για να αυξήσουν την οξείδωση του λίπους κατά τη διάρκεια της άσκησης και για την εξοικονόμηση του μυϊκού γλυκογόνου.

Η καρνιτίνη συντίθεται ενδογενώς από τα απαραίτητα αμινοξέα λυσίνη και μεθειονίνη και αποθηκεύεται κατά κύριο λόγο στους σκελετικούς μυς. Ο κύριος ρόλος της

καρνιτίνης είναι η μεταφορά των λιπαρών οξέων μακράς αλύσου στο εσωτερικό του μιτοχονδρίου. Χωρίς την καρνιτίνη η μιτοχονδριακή μεμβράνη θα ήταν απροσπέλαστη για τα λιπαρά οξέα μακράς αλύσου και για τους εστέρες ακυλοσυνένζυμου Α. Στο εσωτερικό του μιτοχονδρίου οι παραπάνω ενώσεις διασπώνται σε ακετυλοσυνένζυμο Α σε μια διαδικασία γνωστή ως β-οξειδωση. Επίσης, η καρνιτίνη έχει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση του λόγου acetyl-CoA προς CoA σε φυσιολογικά επίπεδα. Κατά την άσκηση υπάρχει μεγάλη παραγωγή acetyl-CoA που στη συνέχεια προκαλεί αύξηση του γαλακτικού οξέος, οδηγώντας στην κόπωση. Το acetyl-CoA αντιδρά με την ελεύθερη καρνιτίνη παράγοντας ακετυλοκαρνιτίνη και CoA. Συνεπώς, η καρνιτίνη μπορεί να μειώσει τη συσσώρευση γαλακτικού οξέος, αυξάνοντας έτσι την απόδοση σε άσκησης υψηλής έντασης.

Η καρνιτίνη είναι κρίσιμη για τις φυσιολογικές διεργασίες στους σκελετικούς μυς για τουλάχιστον τρεις αντιδράσεις. Πρώτον, η καρνιτίνη απαιτείται για την οξειδωση λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας. Δεύτερον, βοηθά στην απομάκρυνση συσσωρευμένων ακυλομάδων από τα μιτοχόνδρια. Τρίτον, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποτοξίνωση. Θεωρητικά, η διαθεσιμότητα καρνιτίνης μπορεί να είναι ο περιοριστικός παράγοντας για την οξειδωση λιπαρών οξέων ή την απομάκρυνση των acyl-CoA κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αν αυτό ευσταθεί και πρακτικά, τα συμπληρώματα καρνιτίνης σε υγιή άτομα θα μπορούσαν να βελτιώσουν την απόδοση κατά την άσκηση. Παρόλο που τα συμπληρώματα καρνιτίνης φαίνεται να μην επηρεάζουν τα επίπεδα της στους μυς σε κατάσταση ηρεμίας, η πλειοψηφία των ερευνών που έχουν γίνει στην καρνιτίνη έδειξαν βελτίωση της λειτουργία των μυών κατά την άσκηση και την αποκατάσταση (Karlic H & Lohninger A, 2004). Αρχικά, παρατηρήθηκε αύξηση στη χρήση των λιπιδίων για παραγωγή ενέργειας που σχετίζεται με χαμηλότερο αναπνευστικό πηλίκο. Επίσης, αναφέρθηκε μείωση του γαλακτικού οξέος στο πλάσμα, που πιθανώς οφείλεται στη δράση της καρνιτίνης στα μεταβολικά ένζυμα των κυττάρων του αίματος. Η προστατευτική δράση της καρνιτίνης στα κύτταρα του αίματος, ειδικά στα αιμοπετάλια, τα οποία είναι γνωστά για το ρόλο τους στην επούλωση τραυμάτων, θα μπορούσε να εξηγήσει την επίδραση της καρνιτίνης κατά τη μυϊκή βλάβη που προκαλείται από την άσκηση (Kraemer, 2003). Επιπλέον, κλινικές μελέτες έχουν δείξει σταθερά οφέλη από τη χορήγηση καρνιτίνης σε άτομα με καρδιακές παθήσεις.

Η ιδέα ότι η καρνιτίνη μπορεί να έχει εργογόνο δράση σε ασκήσεις αντοχής βασίζεται σε τρεις παραδοχές. Η πρώτη υπόθεση είναι ότι η χαμηλή συγκέντρωση καρνιτίνης στους μυς εμποδίζει την ακυλοτρανσφεράση της καρνιτίνης να λειτουργήσει με υψηλό ρυθμό και να υποστηρίξει τον αυξημένο ρυθμό οξειδωσης του λίπους κατά τη



διάρκεια της άσκησης. Δεύτερον, η από του στόματος λήψη της καρνιτίνης οδηγεί σε αύξηση της συνολικής συγκέντρωσης καρνιτίνης στους μυς. Τρίτον, αυτή η αύξηση της μυϊκής καρνιτίνης θα είχε ως αποτέλεσμα αυξημένο ρυθμό οξείδωσης των ενδομυϊκών λιπιδίων κατά τη διάρκεια της άσκησης, μειώνοντας έτσι τη διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου και καθυστερώντας την κόπωση. Όσον αφορά την επίδραση της καρνιτίνης στις ασκήσεις υψηλής έντασης, οι περισσότερες έρευνες έδειξαν μια αύξηση στην απόδοση και στην μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου σε επαγγελματίες και ερασιτέχνες αθλητές.

Συνέπεια της άσκησης υψηλής έντασης είναι η υποξία, κατά την οποία αυξάνεται η συγκέντρωση της αμμωνίας στο αίμα. Η άσκηση υπό συνθήκες υποξίας διεγείρει τη μεταφορά γλυκόζης στον μυ και μειώνει τη συγκέντρωση της ελεύθερης καρνιτίνης (Parolin, 2000). Σε τρωκτικά, η λήψη καρνιτίνης φάνηκε να εμποδίζει την τοξικότητα της αμμωνίας κατά τη διάρκεια της άσκησης υπό συνθήκες υποξίας σε τρία επίπεδα: 1) ενεργοποίηση των ενζύμων του κύκλου ουρίας, 2) αλληλεπίδραση με τους υποδοχείς του γλουταμικού και 3) μείωση των ελεύθερων ριζών. Ο πόνος των μυών και η συσσώρευση της κινάσης κρεατίνης (CPK) κατά τη διάρκεια της ανάρρωσης εξασθένησαν σε άτομα που λάμβαναν καρνιτίνη (3 g / d για 3 εβδομάδες). Αυτά τα ευρήματα έδειξαν ότι η συμπλήρωση καρνιτίνης μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση στην αποκατάσταση από την άσκηση (Karlic H & Lohninger A, 2004). Οι μελέτες των Volek, (2002) και Kraemer, (2003) εξέτασαν το ρόλο της λήψης καρνιτίνης σε οξύ στρες άσκησης και την επίδρασή της στους βιοχημικούς δείκτες κατά τη διάρκεια της ανάρρωσης. Αρκετοί βιοχημικοί δείκτες έδειξαν ότι η καρνιτίνη μπορεί να μειώσει τον καταβολισμό των πουρινών, τον σχηματισμό ελεύθερων ριζών, τις διαταραχές των κυτταρικών μεμβρανών των μυϊκών ινών (σαρκεΐλημα) και την αντίληψη του πόνου.

Η καρνιτίνη πωλείται ελεύθερα στα καταστήματα, αλλά χορηγείται και φαρμακευτικά με ιατρική συνταγή. Η δοσολογία ποικίλλει ανάλογα με το άτομο, όμως έχει μελετηθεί ότι η ελάχιστη δοσολογία που μπορεί να αποφέρει αποτέλεσμα είναι 50mg ανά κιλό σωματικού βάρους και μπορεί να φτάσει έως και τα 350mg/kgΣΒ. Ποσότητα μεγαλύτερη από 4gr μπορεί να προκαλέσει γαστρεντερικές διαταραχές, ενώ τα 2gr θεωρείται ότι επαρκούν για αποθεραπεία και αποκατάσταση (Karlic H & Lohninger A, 2004).

Συνοψίζοντας, έχει αποδειχθεί ότι η αύξηση της περιεκτικότητας των μυών σε καρνιτίνη εξοικονομεί το μυϊκό γλυκογόνο κατά τη διάρκεια άσκησης χαμηλής έντασης και παράλληλα σχετίζεται με την αύξηση της χρήσης των λιπιδίων των μυών, ενώ κατά τη διάρκεια άσκησης υψηλής έντασης οδηγεί σε μειωμένο ρυθμό κατανάλωσης ATP.

Επιπλέον, οι μεταβολικές αλλαγές που οφείλονται στην λήψη καρνιτίνης οδηγούν σε μείωση της αντίληψης της προσπάθειας και της απόδοσης. Συλλογικά, αυτά τα ευρήματα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην αθλητική απόδοση και στις παθοφυσιολογικές καταστάσεις όπου η οξειδωση του λίπους είναι μειωμένη ή η αναερόβια παραγωγή ATP επιταχύνεται κατά τη διάρκεια της άσκησης (Noland et al., 2009).

Στην πλειοψηφία των ερευνών που έγιναν με στόχο την αύξηση της συγκέντρωσης καρνιτίνης στους μύες, τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά. Ωστόσο, στην παρακάτω έρευνα (Wall et al., 2011) αποδείχθηκε ότι τα επίπεδα καρνιτίνης των μυών μπορούν να αυξηθούν κατά 21% όταν η λήψη καρνιτίνης συνοδεύεται από υδατάνθρακες. Στην συγκεκριμένη έρευνα η διάρκεια λήψης ήταν 24 εβδομάδες και η δοσολογία ήταν 80γρ. υδατάνθρακα 2 φορές την ημέρα στην ομάδα ελέγχου, ενώ τα εξεταζόμενα άτομα λάμβαναν 80γρ, υδατάνθρακα και 2γρ. καρνιτίνη (L-carnitine-L-tartrate). Επιπλέον, αυτή η αύξηση των επιπέδων καρνιτίνης στο μυς είχε φανερό επίδραση στα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται για ενεργειακή απόδοση κατά τη διάρκεια της άσκησης, η οποία ήταν εξαρτώμενη από την ένταση της άσκησης. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της χαμηλής η χρήση λιπιδίων για παραγωγή ενέργειας αυξήθηκε, ενώ η διάσπαση του γλυκογόνου μειώθηκε στο μισό.

Κατά την άσκηση υψηλής έντασης η συσσώρευση του γαλακτικού οξέος στους μύες μειώθηκε ουσιαστικά. Τέλος, στην ομάδα που λάμβανε καρνιτίνη, παρατηρήθηκε αύξηση απόδοσης 35% σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

### **2.1.3 Αλκαλοποιητικά**

Το διττανθρακικό νάτριο (Sodium bicarbonate) είναι μια χημική ένωση με τον τύπο  $\text{NaHCO}_3$ . Είναι ένα άλας που αποτελείται από ιόντα νατρίου και διττανθρακικά ιόντα και συχνά εμφανίζεται ως μια λεπτή σκόνη. Έχει μια ελαφρώς αλμυρή, αλκαλική γεύση που μοιάζει με αυτή της σόδας πλύσης (ανθρακικό νάτριο). Είναι μεταξύ των κωδικοποιημένων προσθέτων τροφίμων από την Ευρωπαϊκή Ένωση, ταυτοποιημένο ως E500. Το διττανθρακικό νάτριο, έχει πολλά σχετικά ονόματα όπως μαγειρική σόδα (baking soda), σόδα άρτου (bread soda), μαγειρική σόδα (cooking soda) και διττανθρακική σόδα (bicarbonate of soda).

Η διττανθρακική σόδα αποτελεί ένωση ευρείας χρήσης στους παρακάτω τομείς: Μαγειρική, απολυμαντικό, πυροτεχνική, ιατρική, προσωπική υγιεινή (οδοντόκρεμες) αλλά και στον αθλητισμό ως εργογόνο βοήθημα.

Υπάρχει πλήθος μελετών τα τελευταία χρόνια που αποδυναμώνει την εργογόνο δράση της συγκεκριμένης ουσίας, κυρίως σε αγωνίσματα υψηλής έντασης. Ο λόγος που η διττανθρακική σόδα θεωρείται εργογόνος, είναι διότι κατά τον προαναφερθέντα τύπο άσκησης, παρουσιάζεται μεγάλη αύξηση υδρογονοκατιόντων ( $H^+$ ) και γαλακτικού οξέος, που οδηγεί σε αυξημένο κάματο και μείωση της ικανότητας μυϊκής συστολής και δύναμης, μέσω μείωσης του pH στους εργαζόμενους μυς. Η διττανθρακική σόδα χρησιμοποιείται για τη διατήρηση του pH στα φυσιολογικά επίπεδα παρά την αυξανόμενη έκκριση  $H^+$  και γαλακτικού οξέος, έτσι ώστε να επιμηκύνεται ο χρόνος που ο αθλητής θα νιώσει κόπωση και καταβολή από την μεταβολή του pH των εργαζόμενων μυών (Peart DJ et al., 2013).

Οι ακριβείς μηχανισμοί χάρη στους οποίους η κατανάλωση διττανθρακικής σόδας ενισχύει την αθλητική απόδοση, παραμένουν ανεπιβεβαίωτοι. Αρκετές υποθέσεις έχουν γίνει σχετικά με τη δράση τους περιφερικά, όσο και κεντρικά. Ορισμένα παραδείγματα περιλαμβάνουν την καθυστέρηση εμφάνισης κοπώσης, μέσω της καλύτερης οξυγόνωσης των μυών. Τελευταία, λόγος γίνεται για τη διαφοροποιημένη νευρομυϊκή απάντηση κατά τη διάρκεια της άσκησης, σε άτομο που λάμβανε διττανθρακική σόδα προ-αγωνιστικά. Η νευρομυϊκή απόκριση που χαρακτηρίζεται από μειωμένο ρυθμό παραγωγής ισχύος μειώνεται κατά τη διάρκεια των ισομετρικών συστολών ύστερα από μια περίοδο υπομέγιστης άσκησης και επαναλαμβάνόμενες περιόδους άσκησης υψηλής έντασης (McNaughton et al, 2016).

Η δοσολογία και ο ακριβής χρόνος κατανάλωσης σόδας πριν την έναρξη της άσκησης, με στόχο την αύξηση της απόδοσης, παραμένουν έως σήμερα υπό διερεύνηση. Η γενική σύσταση είναι πως ο ενδιαφερόμενος αθλητής, θα πρέπει να καταναλώσει 0,3 γραμμάρια/κιλό σωματικού βάρους, 60-150 λεπτά πριν την έναρξη της άσκησης, έτσι ώστε το pH σε εξωκυττάριο επίπεδο να μετατραπεί σε αλκαλικό. Παρόλα αυτά, μια εξατομικευμένη προσέγγιση είναι περισσότερο επιθυμητή, διότι κάθε αθλητής είναι δυνατόν να αντιδρά διαφορετικά όσον αφορά τη δοσολογία, το χρόνο λήψης, την απορρόφηση, αλλά και την πραγματική εργογόνο δράση σχετικά με το τύπο και τη διάρκεια της άσκησης (McNaughton LR et al, 2016 & Marriott M, Krustup P, Mohr M, 2015). Υπάρχουν τρεις τύποι χορήγησης, η οξεία χορήγηση (μονή δόση), η χρόνια χορήγηση (πολλαπλές δόσεις) και η πολλαπλών ημερών οξεία χορήγηση (μια δόση την ημέρα πριν το αθλητικό γεγονός, εάν πρόκειται για άθλημα που διαρκεί διαδοχικές ημέρες). Κατά τη διάρκεια της οξείας χορήγησης, ο αθλητής λαμβάνει μια μονή δόση περίπου 0,3 γραμμάρια/κιλό ΣΒ σε μορφή  $NaHCO_3$ , 60 με 90 λεπτά πριν την έναρξη του αγωνίσματος. Κατά τη διάρκεια της χρόνιας χορήγησης, ο αθλητής λαμβάνει

καθημερινά περίπου 0,5 γραμμάρια/κιλό ΣΒ, διαιρεμένο σε 2 με 3 δόσεις, για αρκετές μέρες πριν το αθλητικό γεγονός, ενώ την ημέρα του αγώνισματος, δεν παρουσιάζει καμία πρόσληψη. Η πολλαπλών ημερών χορήγηση συνιστά την κατανάλωση δόσεων σε διαδοχικές ημέρες του αθλητικού γεγονότος. Σε αντίθεση με τη χρόνια χορήγηση, η οξεοβασική ισορροπία αλλάζει ραγδαία καθημερινά και αυτό οδηγεί σε μεγάλες διαφορές στην οξεοβασική κατάσταση και συνάμα τους μηχανισμούς καθώς και την επίδραση των διαφόρων μεθόδων χορήγησης. Ενώ η οξεία και χρόνια χορήγηση, έχουν επαρκώς επιστημονικά περιγράψει, ερευνητικά δεδομένα απουσιάζουν για την πολλαπλών ημερών χορήγηση. Παρόλα αυτά, η μέθοδος αυτή, στην έρευνα των (Mueller SM et al., 2013), οδήγησε σε αύξηση της αντοχής καθώς και στην μείωση της οξέωσης που προκαλείται μετά την άσκηση.

Στα αρνητικά της χορήγησης της, η διττανθρακική σόδα μπορεί να προκαλέσει γαστρεντερικές διαταραχές και ενοχλήσεις όπως έμετο, διάρροια και ναυτία, αλλά τα αρνητικά αυτά χαρακτηριστικά μπορεί και να συνυπάρχουν με τις θετικές δράσεις της.

Η εργογόνος δράση της σόδας, είναι περισσότερο ορατή σε έντονη άσκηση λίγων λεπτών, διαλειμματικής φύσεως και ιδιαίτερα σε καλά προπονημένα άτομα.

Επιβεβαιωμένη θετική επίδραση παρουσιάζεται σε αθλήματα διάρκειας 50sec – 4 min όπου κυρίως παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις  $H^+$  και γαλακτικού όπως: η κολύμβηση, το τένις, το τρέξιμο μεσαίων αποστάσεων, συνεχόμενα σπριντ και κωπηλασία.

Η πρόσληψη διττανθρακικής σόδας μαζί με β-Αλανίνη οδήγησε σε αυξημένη συνολική αθλητική επίδοση (14%), αυξημένη δύναμη, συγκριτικά με την πρόσληψη αυτών των δύο ουσιών ξεχωριστά, σε διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης που αφορούσε το πάνω μέρος του σώματος. Επιπρόσθετα, η συνδυασμένη πρόσληψη αυτών των ουσιών, οδήγησε σε μειωμένη αίσθηση κόπωσης (Tobias G et al, 2013). Η ταυτόχρονη λήψη διττανθρακικής σόδας με καφεΐνη, επίσης οδήγησε επίσης σε αύξηση της απόδοσης σε αθλήματα μέγιστης έντασης, μικρού χρόνου και διαλειμματικής φύσης (Marriott M, Krstrup P, Mohr M, 2015).

#### **2.1.4 Καφεΐνη**

Η καφεΐνη είναι μια από τις πιο διαδεδομένες ουσίες στην τεχνολογία των τροφίμων και στα διατροφικά συμπληρώματα. Είναι ψυχοτρόπος ουσία σε δόσεις που ανευρίσκονται σε πολλά τρόφιμα, καθώς και σε ενεργειακά ποτά. Για υγιής ενήλικες, καθημερινή κατανάλωση έως 400mg, δεν οδηγεί σε κάποιο κίνδυνο για την υγεία. Η καφεΐνη δρα στο ΚΝΣ, μπλοκάροντας τους υποδοχείς της αδενosίνης, ασκώντας επιρροή τόσο στην γνωστική, όσο και στην φυσική λειτουργία του ανθρώπου (McLellan TL et al., 2016).

Η καφεΐνη (1,3,7-τριμεθυλοξανθίνη), απορροφάται ταχέως μετά την πρόσληψή της, φτάνοντας τη μέγιστη συγκέντρωσή της στην αιματική κυκλοφορία μέσα σε μια ώρα, αν και υπάρχει προσωπική διακύμανση, και απορροφάται βραδύτερα εάν συνδυαστεί με κατανάλωση κάποιου γεύματος, αν και στην μορφή της τσίχλας απορροφάται ταχέως. Έπειτα, διαδίδεται ταχέως σε όλους τους ιστούς του σώματος και διαπερνά τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό. Ο χρόνος ημιζωής της καφεΐνης στην αιματική κυκλοφορία είναι 3-5 ώρες, αλλά το κάπνισμα, ορισμένες διατροφικές συνήθειες, ασθένειες και εγκυμοσύνη, μπορούν να διαφοροποιήσουν το χρόνο ημιζωής της καφεΐνης.

Η καφεΐνη δομικά, είναι όμοια με την αδενosίνη, ένα νουκλεοτίδιο, του οποίου ο σχηματισμός, εξαρτάται από τον ρυθμό σύνθεσης και διάσπασης ATP. Η καφεΐνη μπλοκάρει τους υποδοχείς αδενosίνης A1 και A2.

Αυτή η ανταγωνιστική της δράση, προάγει στη συνέχεια την έκκριση των κατεχολαμινών που δρουν στο ΚΝΣ και προκαλούν διάφορες αντιδράσεις, όπως αύξηση της εγρήγορσης.

Η δόση καφεΐνης που συσχετίζεται με εργογόνο δράση, ποικίλλει από 3 έως 9 mg ανά κιλό σωματικού βάρους. Έχει αποδειχθεί πως οι προπονημένοι αθλητές φαίνεται να έχουν καλύτερη αντίδραση στην πρόσληψη καφεΐνης συγκριτικά με μη-προπονημένους αθλητές (McLellan et al., 2016). Επίσης, άτομα τα οποία καταναλώνουν λιγότερο από 50mg καφεΐνης την ημέρα, έχουν καλύτερη αντίδραση στην πρόσληψή της, σε σχέση με άτομα που προσλαμβάνουν περισσότερο από 300mg την ημέρα (Ellender L & Linder MM, 2005).

Η καφεΐνη επιδρά στην συμπεριφορική λειτουργία του ατόμου, κυρίως στις «χαμηλότερες» συμπεριφορικές λειτουργίες, όπως ο χρόνος αντίδρασης, ενώ στις «υψηλότερες» λειτουργίες όπως η λύση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων, η δράση της παραμένει αμφιλεγόμενη. Δόσεις από 32 έως 300mg, ενισχύουν θεμελιώδη τμήματα της συμπεριφορικής λειτουργίας, όπως η προσοχή, η εγρήγορση, και ο χρόνος αντίδρασης, ενώ χαμηλότερες ή μέτριες δόσεις δεν έχουν αποδεδειγμένα οδηγήσει σε σημαντική διαφοροποίηση των αισθητικών λειτουργιών όπως η όραση και η ακοή. Η διέγερση που προκαλεί, εξαρτάται από τη δοσολογία αλλά και το κατά πόσο το άτομο έχει επαρκή χρόνο ύπνου. Μικρές δόσεις καφέ μπορεί να μειώσουν το άγχος, ενώ μεγάλες δόσεις μπορεί να αυξήσουν τα αισθήματα άγχους, έντασης και πανικού. Σχετικά με το πόσο κουρασμένος ή ξεκούραστος είναι κανείς, ο νόμος του Yerkes-Dodson υποστηρίζει πως υπάρχει μια εμπειρική σχέση μεταξύ διέγερσης και επίδοσης. Μικρή διέγερση για παράδειγμα, σχετίζεται με χαμηλή επίδοση, ενώ αυξημένη φυσιολογική ή πνευματική διέγερση,

σχετίζεται με αυξημένη επίδοση, έως όμως ένα σημείο. Όταν η διέγερση αυξάνεται πάρα πολύ, η επίδοση μειώνεται. Εντούτοις, το επίπεδο διέγερσης ενός ατόμου πριν την λήψη καφεΐνης, θα επηρεάσει τα αποτελέσματα. Η πρόσληψη μεγάλης δόσης καφεΐνης από άτομο που είναι πολύ κουρασμένο, πιθανόν να βελτιώσει την απόδοση, ενώ αντιθέτως η ίδια δόση σε ένα άτομο που είναι ξεκούραστο και υψηλά διεγερμένο, ίσως να μειώσει την απόδοση. Παρόλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί πως οι ακριβείς επιδράσεις της καφεΐνης, διαφοροποιούνται λόγω προσωπικών διαφορών στην ευαισθησία, διαφορές μεταξύ φύλων ή βάρους σώματος, διαφορές μεταξύ ψυχολογικών παραγόντων κ.α.

Γενικώς θεωρείται πως δόσεις περίπου 100-300mg, αυξάνουν την εγρήγορση σε ξεκούραστα άτομα, ενώ δόσεις πάνω από 400mg, πιθανόν οδηγούν σε άγχος, αλλά και μειώνουν την απόδοση σε άτομα που δεν χρησιμοποιούν καφεΐνη συχνά και είναι κουρασμένα. Σχετικά με την αύξηση της απόδοσης της καφεΐνης σε θέματα που έχουν να κάνουν με τη μνήμη, η χρόνια πρόσληψη καφεΐνη ίσως να οδηγεί σε καλύτερη δυνατότητα της μνήμης, λόγω των νευρο-προστατευτικών της δράσεων (McLellan TL et al., 2016).

Στις μέρες μας, είναι πλέον εμφανές και αποδεκτό πως η καφεΐνη έχει σημαντική εργογόνο δράση και επιδρά στην απόδοση κατά τη διάρκεια διαφόρων τύπων άσκησης.

Σχεδόν στο σύνολο των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί αναφορικά με την επίδρασή της σε άσκηση αντοχής, τα αποτελέσματα απέδειξαν 80% θετική επίδραση, ενώ τα 2/3 τω ερευνών απέδειξαν θετικές επιδράσεις στην μυϊκή δύναμη και αντοχή ή ακόμα και κατά τη διάρκεια άσκησης υψηλής έντασης. Η καφεΐνη οδηγεί επίσης σε μείωση του αισθήματος κοπώσεως και πόνου σε όλους τους τύπους άσκησης, εκτός από την αναερόβια άσκηση πολύ μικρής διάρκειας.

Θεωρείται πως σε υψηλές δόσεις δρα απευθείας στους μυς και προκαλεί απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο. Δόσεις 450-750mg επιδρούν άμεσα στους σκελετικούς μυς, αν και οι δόσεις αυτές μπορεί να μειώσουν την φυσική και συμπεριφορική απόδοση διότι μπορεί να προάγουν το αίσθημα άγχους αλλά και σοβαρές γαστροοισοφαγικές ενοχλήσεις. Λόγω της μεγάλης προσωπικής διακύμανσης, οι αθλητές πρέπει να δοκιμάζουν προσωπικά τη δοσολογία και το χρόνο λήψης για αρκετό διάστημα πριν το αθλητικό γεγονός (π.χ. επίσημο αγώνα).

**Πίνακας 2.5** – Καφεΐνη - Δοσολογία (mg/κιλό ΣΒ) σχετιζόμενη με συμπεριφορικές και φυσικές επιδράσεις σε ξεκούραστα και κουρασμένα άτομα.

	Δόση (mg/κιλό ΣΒ)	Δόση (mg/κιλό ΣΒ)
--	-------------------	-------------------

<b>Συμπεριφορική/Φυσική Επίδραση</b>	<b>Ξεκούραστος</b>	<b>Κουρασμένος</b>
Χρόνος Αντίδρασης	0,3-4,0 (1 ώρα πριν)	3,0-8,5 (1 ώρα πριν)
Εγρήγορση	0,5-4,0 (1 ώρα πριν)	3,0-8,5 (1 ώρα πριν με μικρές επαναληπτικές δόσεις κατά τις περιόδους που ο αθλητής νιώθει αδύναμος)
Προσοχή	0,3-5,5 (1 ώρα πριν)	2,5-8,0 (1 ώρα πριν)
Οξεία επίδραση στη μνήμη	1,0-4,0 (αμφιλεγόμενα αποτελέσματα)	Άγνωστη
Χρόνια επίδραση στη μνήμη	Πιθανής σχέση μεταξύ συνήθους χρήσης (0-10) και απόδοσης	Άγνωστη
Διοικητική λειτουργία	0,7-5,5 (υψηλότερες δόσεις απαιτούνται για συνήθεις χρήστες)	10,7 (2.7 κάθε δύο ώρες έως συνολικά 10.7/νύκτα για 3 νύκτες)
Κρίση/Λήψη ρίσκου	Άγνωστη	8,0-10,7 (αμφιλεγόμενα αποτελέσματα)
Άσκηση Αντοχής	3,0-9,0 (1 ώρα πριν, μεγαλύτερες δόσεις απαιτούνται για συνήθεις χρήστες, η επίδραση διαρκεί περισσότερο για μη-χρήστες)	8,0 (διαίρεση ανά 7ωρο)
	1,5-2,5 (κατά τη διάρκεια ή μετά από προηγούμενη άσκηση)	8,0 (διαίρεση ανά 6ωρο)
Μυϊκή δύναμη	3,0-6,0 (1 ώρα πριν)	10,7 (2.7 κάθε δύο ώρες έως συνολικά 10.7/νύκτα για 3 νύκτες)
Υψηλή ένταση-σπριντ	3,0-10,0 (Από 1 ώρα πριν έως πριν την έναρξη της άσκησης)	10,7 (2.7 κάθε δύο ώρες έως συνολικά 10.7/νύκτα για 3 νύκτες)

Μυϊκός πόνος	3,0-10,0 (1 ώρα πριν την άσκηση, με επαναληπτικές μικρές δόσεις)	άγνωστη
--------------	--	---------

**Πίνακας 2.4-** Εκτιμώμενο περιεχόμενο ποτών σε καφεΐνη (Lieberman et al., 2010; McLellan and Lieberman, 2012)

Προϊόν	Περιεχόμενο σε καφεΐνη (mg/100mL)	Μέγεθος μερίδας	Περιεχόμενο σε καφεΐνη (mg/μερίδα)
Καφές (μέθοδος απόσταξης)	60-100	150	90-150
Καφές (άμεσος)	27-72	150	40-108
Τσάι (μονόλεπτος βρασμός)	6-22	150	9-33
Τσάι (5λεπτος βρασμός)	13-33	150	20-50
Παγωμένο Τσάι	6-10	350	22-36
Coca-Cola	10	350	35
Coca-Cola Light	13	350	47
Monster	34	235	80
Red Bull	34	235	80
Καφές (decaf)	1-3	150	2-5

Σε μια έρευνα (Mora-Rodriguez et al., 2015), βρέθηκε πως η πρόσληψη καφεΐνης σε δοσολογία 6mg/κilo ΣΒ), ενισχύει τη μέγιστη μυϊκή συστολή σχετιζόμενη με ταχύτητα κινήσεων, τα πρωινά, κατά τη διάρκεια άσκησης squat σε ένα εύρος αντιστάσεων. Παρόλα αυτά, η εργογόνος δράση της καφεΐνης σε ασκήσεις τις πρωινές ώρες, δεν είναι τεκμηριωμένη για ασκήσεις αντιστάσεων που περιλαμβάνουν μικρότερη μυϊκή μάζα (π.χ. ασκήσεις πίεσεων οριζόντιας πίεσης-bench press). Επιπρόσθετα βρέθηκε πως η πρόσληψη καφεΐνης το απόγευμα οδήγησε σε περισσότερες παρενέργειες (νευρικότητα, αϋπνία) σε σχέση με την πρωινή κατανάλωση. Για αυτούς τους λόγους, προτείνεται η χρήση καφεΐνης και η νευρομυϊκή άσκηση, να λαμβάνουν χώρα τις πρωινές ώρες.



Σε μια άλλη έρευνα (Tallis J et al., 2016), αποδείχθηκε πως η καφεΐνη οδηγεί σε σημαντική αύξηση στην μέγιστη τιμή δύναμης των μυών που προκαλούν έκταση του γονάτου (π.χ. τετρακέφαλος μυς), αν και η επίδραση αυτή δεν μπόρεσε να διατηρηθεί κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων μυϊκών συστολών.

Οι (Polito et al., 2016), στην μετάναλυσή τους, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως η κατανάλωση καφεΐνης 60 λεπτά πριν την άσκηση, αυξάνει την μυϊκή αντοχή ανεξάρτητα της δοσολογίας, ενώ δεν αυξάνει την μυϊκή δύναμη.

Τέλος, στην έρευνα των (Assi HN & Bottoms L, 2014), βρέθηκε πως η καφεΐνη έχει σημαντική εργογόνο δράση σε αθλήματα διαλειμματικής φύσεως και υψηλής έντασης όπως το ράγκμπι, χόκεϋ, ποδόσφαιρο, μπάσκετ, τένις, όταν προσλαμβάνεται σε δόσεις 6mg/κιλό ΣΒ, 60 λεπτά πριν την έναρξη του αθλητικού γεγονότος. Η καφεΐνη μπορεί να αυξήσει την αντιδραστική ταχύτητα (reactive agility), προκαλώντας εγρήγορση και αυξημένη προσοχή στους αθλητές, αν και υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ των αθλητών. Στα αρνητικά της στρατηγικής αυτής, συγκαταλέγονται η ταχυκαρδία που μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην απόδοση και να αποβεί ακόμη και μοιραία για τη ζωή του αθλούμενου.

Η κατανάλωση καφεΐνης, έχει παρενέργειες που σχετίζονται όμως με τη δόση, το γενετικό υπόβαθρο και το κατά πόσο ο αθλητής είναι ή όχι, συνηθισμένος χρήστης.

Αρνητικές παρενέργειες όπως αυξημένα επίπεδα άγχους και γαστρο-οισοφαγικές ενοχλήσεις έχουν αναφερθεί σε υψηλές δόσεις, , πιθανόν λόγω γενετικού υποβάθρου στη παρουσία πολυμορφισμών των υποδοχέων της αδενοσίνης. Τα άτομα αυτά συνήθως δεν είναι τακτικοί χρήστες και η υπέρμετρη ευαισθησία τους, ίσως να μειώσει ή ακόμη και να αποκλείσει την πιθανή θετική δράση της καφεΐνης.

Σε μεγάλες δόσεις άνω των 500mg, η εργογόνος δράση μερικές φορές δεν παρατηρείται, ειδικά σε άτομα που δεν είναι τακτικοί χρήστες ή ακόμα και καθόλου χρήστες, ενώ αντιθέτως άτομα που προσλαμβάνουν καφεΐνη συχνά, μπορούν να αντέξουν υψηλές δόσεις και να βελτιώσουν την επίδοσή τους σε ασκήσεις αντοχής. Παρενέργειες όπως μυϊκός τρόμος, ναυτία και νευρικότητα, έχουν αναφερθεί ανάμεσα σε άτομα που παρουσιάζουν μικρή έως μέτρια κατανάλωση μετά από κατανάλωση 600mg μετά από περίπου 40 ώρες στέρηση ύπνου, αν και παρόμοιες ή και υψηλότερες δόσεις της τάξης των 800mg σε μορφή τσίχλας σε διαιρεμένες δόσεις κατά τη διάρκεια 1-3 νυκτών, δεν οδήγησαν σε παρενέργειες. Οι πιθανές μακρόχρονες αρνητικές επιδράσεις στην υγεία από την κατανάλωση των παραπάνω υψηλών δόσεων, εάν συνεχιστούν για μεγάλα διαστήματα, είναι άγνωστες, αλλά αυτές οι δόσεις είναι εμφανώς πολύ μεγαλύτερες από το καθημερινό

όριο των 400mg που προτείνεται ως ασφαλές για υγιής ενήλικες. Ο ρυθμός ύπνου μπορεί επίσης να επηρεαστεί, ειδικά αν η καφεΐνη καταναλωθεί κατά τη διάρκεια της άσκησης νωρίς το απόγευμα ή αργά το βράδυ.

Αν και είναι πολύ σπάνιο, πολύ υψηλές δόσεις μπορεί να προκαλέσουν ψευδαισθήσεις, αρρυθμίες ακόμα και θάνατο. Η καφεΐνη, επιπρόσθετα, μπορεί να είναι τοξική εάν η συγκέντρωσή της στο πλάσμα ξεπεράσει τα 250μM ( $10^{-6}$ mol/L). Αν υποθέσουμε πως μια δόση 5mg/κιλό ΣΒ οδηγεί σε κυκλοφορική συγκέντρωση μεταξύ 30 και 40μM ( $10^{-6}$ mol/L), τότε για να αποβεί μοιραία η κατανάλωση καφεΐνης, ο αθλητής θα έπρεπε να καταναλώσει 35-40mg/κιλό ΣΒ. Επίσης, για ορισμένους συχνούς χρήστες, η απουσία πρόσληψης για 24 ώρες ή περισσότερο, συσχετίζεται με συμπτώματα πονοκεφάλου, λήθαργο και ευερεθιστικότητα που μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη απόδοση (McLellan TL et al., 2016; Ellender L & Linder MM , 2005).

## **2.2 Εργογόνα βοηθήματα που ενισχύουν την αθλητική απόδοση**

### **2.2.1 Κρεατίνη**

Η κρεατίνη παράγεται ενδογενώς σε ποσότητα περίπου 1g/ημέρα. Η σύνθεση της πραγματοποιείται κυρίως στο συκώτι, στους νεφρούς, και σε μικρότερη ποσότητα στο πάγκρεας. Η υπόλοιπη ποσότητα κρεατίνης που είναι διαθέσιμη στον οργανισμό λαμβάνεται από την διατροφή σε ποσότητα περίπου 1g/ημέρα σε μια παμφάγικη διατροφή. Το 95% των αποθεμάτων κρεατίνης στο σώμα βρίσκονται στους μυς και το υπόλοιπο 5% είναι κατανεμημένο στον εγκέφαλο, στο συκώτι, στους νεφρούς, και στους όρχεις. Καθώς η κρεατίνη βρίσκεται κυρίως στο κρέας, οι χορτοφάγοι έχουν μειωμένες ποσότητες κρεατίνης στον οργανισμό τους. Η κρεατίνη χρησιμοποιείται και μελετάται σε κλινικό περιβάλλον για τη διερεύνηση διαφόρων παθολογιών ή διαταραχών όπως οι μυοπάθειες και χρησιμοποιείται επίσης ως εργογόνο βοήθημα για τη βελτίωση της υγείας και της αθλητικής απόδοσης των αθλητών. Ως συμπλήρωμα, η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη και ερευνημένη μορφή είναι η μονοϋδρική κρεατίνη.

Η πλειοψηφία της κρεατίνης στο ανθρώπινο σώμα είναι σε δύο μορφές, είτε στη φωσφορυλιωμένη μορφή που αποτελεί το 60% των αποθεμάτων είτε στην ελεύθερη μορφή που αποτελεί το 40% των αποθεμάτων. Ο οργανισμός ενός μέσου άντρα 70 kg έχει μια ποσότητα κρεατίνης περίπου 120-140 g, αλλά ποικίλλει μεταξύ ατόμων, ανάλογα με τον

τύπο σκελετικών μυών και την ποσότητα μυϊκής μάζας που διαθέτει. Η ενδογενής παραγωγή και η διαιτητική πρόσληψη της κρεατίνης σχετίζεται με το ρυθμό παραγωγής κρεατινίνης από την αποικοδόμηση της.

Για την σύνθεση της κρεατίνης, είναι απαραίτητα τρία αμινοξέα: γλυκίνη, αργινίνη και μεθειονίνη. Η κρεατίνη που λαμβάνεται από συμπλήρωμα μεταφέρεται στα κύτταρα μέσω του μεταφορέα CreaT1, ωστόσο υπάρχει και ο μεταφορέας CreaT2, που δραστηριοποιείται κυρίως στους όρχεις. Ο CreaT1 φαίνεται να είναι ευαίσθητος στις συγκεντρώσεις της κρεατίνης εντός και εκτός του κυττάρου και ενεργοποιείται όταν η ενδοκυττάρια συγκέντρωση κρεατίνης μειωθεί. Κατόπιν μια μιτοχονδριακή ισομορφή του CreaT1 ενεργοποιείται για την είσοδο της στα μιτοχόνδρια (Cooper et al., 2012).

Τα συμπληρώματα κρεατίνης είναι από τα πιο μελετημένα διατροφικά συμπληρώματα. Τα τελευταία 20 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες από 500 έρευνες για την αξιολόγηση των επιδράσεων της στους μυς, την σύσταση σώματος και την αθλητική απόδοση σε προπονημένα άτομα αλλά και σε ασθενείς. Η πλειοψηφία των ερευνών υποστηρίζει ότι η λήψη κρεατίνης κατά την άσκηση υψηλής έντασης επιδρά θετικά στην δύναμη, την άλιπη μάζα και την αθλητική απόδοση. Συνεπώς, η κρεατίνη, είναι ένα αποτελεσματικό διατροφικό εργογόνο βοήθημα, όταν συνδυάζεται με διάφορες μορφές άσκησης.

Στις περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει για την κρεατίνη χρησιμοποιήθηκε μονοϋδρική κρεατίνη. Η χορήγηση ξεκινούσε με μια περίοδο φόρτωσης και ακολουθούσε μια περίοδος συντήρησης. Η φάση φόρτισης, συνήθως 0,3 gr/kg/ημέρα (15-25 gr/ημέρα) μονοϋδρικής κρεατίνης για 5-7 ημέρες, είναι η πιο κοινή μέθοδος για την αύξηση των αποθεμάτων κρεατίνης στους μυς. Η φάση φόρτισης αυξάνει τα επίπεδα κρεατίνης και φωσφοκρεατίνης στους μυς κατά 10-40 %. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η φάση φόρτωσης μπορεί να μειωθεί σε 2-3 ημέρες, εάν η χορήγηση της κρεατίνης γίνεται σε συνδυασμό με υδατάνθρακα ή/και πρωτεΐνη. Κατά την φάση συντήρησης, η ημερήσια δόση μονοϋδρικής κρεατίνης μειώνεται σε 3-5 gr (ή 0,03 gr/kg) για μερικές εβδομάδες με λίγους μήνες, συμπίπτοντας με τον κύκλο του προπονητικού προγράμματος. Μια άλλη μέθοδος λήψης κρεατίνης, είναι η ημερήσια χορήγηση 3 gr/ημέρα για τουλάχιστον 28 ημέρες, οδηγώντας έτσι στην γραμμική αύξηση των επιπέδων κρεατίνης στους μυς.

Αυτή η μέθοδος έχει αποδειχθεί ότι αποδίδει παρόμοια αποτελέσματα με την παραπάνω. Τα επίπεδα κρεατίνης επανέρχονται στα αρχικά επίπεδα που βρίσκονταν πριν

την έναρξη της λήψης μετά το πέρας 4-6 εβδομάδων από την διακοπή της (Levers K & Vargo K, 2015).

Η πλειοψηφία των ερευνών για την κρεατίνη, αναφέρει μια αύξηση στα επίπεδα κρεατίνης του οργανισμού, που σχετίζεται θετικά με την αύξηση της αθλητικής απόδοσης. Τα αυξημένα αποθέματα κρεατίνης έχουν ως αποτέλεσμα την ταχύτερη αναπλήρωση τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων σε προπόνηση αντιστάσεων, επιτυγχάνοντας πιο υψηλή ένταση και ποιότητα προπόνησης κατά τη διάρκεια του προπονητικού προγράμματος (Cooper et al., 2012). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε τα άτομα που λάμβαναν καθημερινά κρεατίνη σε συνδυασμό με προπόνηση αντιστάσεων βελτίωσαν την απόδοσή τους σε μέγιστη και υπομέγιστη προσπάθεια κατά 8-14% σε σύγκριση με άτομα που προπονούνταν αλλά δεν λάμβαναν κρεατίνη (Rawson ES & Volek JS, 2003). Σε έρευνες στις οποίες οι χρήστες λάμβαναν κρεατίνη μόνο τις ημέρες προπόνησης, δεν παρατηρήθηκε διαφορά σε σύγκριση με άτομα που δεν λάμβαναν κρεατίνη. Συνεπώς, η καθημερινή λήψη κρεατίνης αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα. (Cooper et al., 2012). Σε έρευνα του 2009, παρατηρήθηκε ενισχυμένη νευρομυϊκή λειτουργία κατά την κάμψη του αγκώνα αλλά όχι στις επιδόσεις αντοχής των ατόμων που λάμβαναν 5gr κρεατίνης και 15gr μαλτοδεξτρίνης για 5 ημέρες.

Αναφέρθηκε ότι η λήψη κρεατίνης μπορεί να διευκολύνει την επαναπρόσληψη του ασβεστίου στο σαρκόπλασμα μέσω της δράσης της αντλίας  $Ca^{2+}$  + αδενοσινοτριφωσφατάσης (ATPase), η οποία θα μπορούσε να επιτρέψει την ταχύτερη παραγωγή δύναμης μέσω της ταχύτερης απόσπασης των γεφυρών ακτίνης και μυοσίνης (Bazzucchi et al., 2009). Σε διαφορετική έρευνα του 2003, παρατηρήθηκε αύξηση στην απόδοση δραστηριοτήτων που διαρκούσαν έως και 30 δευτερόλεπτα. Επίσης, από τα ευρήματα αυτής της έρευνας φαίνεται ότι η κρεατίνη αποδίδει τα πιο εμφανή αποτελέσματα σε διαλλειματική άσκηση υψηλής έντασης. Στην ίδια έρευνα, υπήρξαν ενδείξεις ότι επιδρά θετικά και σε ασκήσεις αντοχής (<150 δευτερολέπτων), λόγω της πιθανής μεταβολής στη χρήση των υποστρωμάτων ενέργειας, από την λήψη κρεατίνης (Branch, 2003).

Εκτός από την βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, η κρεατίνη αυξάνει και το σωματικό βάρος του αθλητή, με τη μορφή άλιπης μάζας. Σε μια τυπική περίοδο φόρτωσης, το σωματικό βάρος αυξάνεται περίπου κατά 0,6-2,0 kg.

Πιο συγκεκριμένα, η χορήγηση 20g/ημέρα για 28 ημέρες σε συνδυασμό προπόνηση αντιστάσεων οδήγησε σε αύξηση του βάρους σώματος κατά 1,7 kg, από τα οποία 1,5 kg

ήταν άλιπη μάζα. Η χορήγηση κρεατίνης κατά τη διάρκεια προπονητικού προγράμματος 6-8 εβδομάδων, προκάλεσε αύξηση της άλιπης μάζας κατά 2,8-3,2 kg.

Λόγω των μειωμένων αποθεμάτων κρεατίνης, τα άτομα που ακολουθούν χορτοφαγική διατροφή παρατηρούν μεγαλύτερες αλλαγές στην αθλητική απόδοση και το σωματικό βάρος. Οι αρχικές έρευνες που μελέτησαν τον λόγο της αύξησης του σωματικού βάρους, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οφείλεται σε κατακράτηση υγρών απο τους μυς. Αργότερα, αποδείχθηκε ότι η λήψη κρεατίνης αυξάνει τα επίπεδα γλυκογόνου στους μυς σε αθλητές (Hickner et al., 2010). Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η λήψη κρεατίνης σχετίζεται με αυξημένη πρωτεϊνοσύνθεση των μυϊκών ινών και συνολική αύξηση της άλιπης μάζας. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν διαφορές στην εγκάρσια διατομή και των τριών ειδών μυϊκών ινών (τύπου I, ΙΙΑ, ΙΙΒ) με μεγαλύτερη αύξηση στις μυϊκές ίνες τύπου ΙΙΒ, που χρησιμοποιούνται περισσότερο σε αναερόβιες ασκήσεις (Levers K & Vargo K, 2015).

Σε έρευνα συγκρίθηκε η μυοστατίνη του πλάσματος ατόμων που λάμβαναν κρεατίνη σε συνδυασμό με προπόνηση αντιστάσεων και ατόμων που έκαναν προπόνηση αντιστάσεων αλλά δεν λάμβαναν κρεατίνη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση μυοστατίνης μειώθηκε φανερά περισσότερο στην πρώτη ομάδα, πράγμα που μπορεί να είναι ένας από τους πολλούς παράγοντες που προωθούν την αύξηση της μυϊκής μάζας που συνοδεύει την λήψη κρεατίνης (Saremi et al., 2010).

Σε προηγούμενη έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2008, μελετήθηκε η συγκέντρωση των μυών σε ινσουλινομιμικό αυξητικό παράγοντα 1 (IGF-1) ατόμων που συνδύαζαν λήψη κρεατίνης και άσκηση αντιστάσεων. Φάνηκε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης κρεατίνης στους μυς σχετιζόταν με την αύξηση του σωματικού βάρους και την συγκέντρωση του IGF-1. Αυτό μπορεί να εξηγείται λόγω των μεγαλύτερων μεταβολικών αναγκών που προκλήθηκαν από την εντατικότερη προπόνηση στα άτομα που λάμβαναν κρεατίνη (Burke et al., 2008).

Ακόμα, φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση με την λήψη κρεατίνης και την αύξηση της παραγωγής ελευθέρων ριζών. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε τα άτομα που ακολουθούσαν πρόγραμμα προπόνησης και λάμβαναν κρεατίνη, πέρα από την αύξηση στη μυϊκή δύναμη, παρατήρησαν αύξηση στην συγκέντρωση του ουρικού οξέος και μείωση στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα, σε σύγκριση με άτομα που δεν λάμβαναν κρεατίνη. Συνεπώς, υποδηλώνεται ότι η χρήση κρεατίνης προάγει την παραγωγή ελευθέρων ριζών, με αποτέλεσμα την υπερκατανάλωση των αντιοξειδωτικών αποθεμάτων (Percário et al., 2012). Ωστόσο, πληθώρα ερευνών υποστηρίζουν ότι η λήψη κρεατίνης έχει αντιοξειδωτική δράση,

προάγει την αποκατάσταση των μυϊκών βλαβών, και μειώνει το οξειδωτικό στρες. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι η λήψη κρεατίνης βελτιώνει το χρόνο αποκατάστασης, έπειτα από μυϊκό τραυματισμό (Cooke et al., 2009). Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι η κρεατίνη είχε αντιοξειδωτική δράση στα κύτταρα, καταστρέφοντας τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου και αζώτου (Sestili et al., 2011). Τέλος, τα αποτελέσματα έρευνας του 2011, έδειξαν ότι η λήψη κρεατίνης, πέρα από εργογόνο δράση, μειώνει την οξειδωτική βλάβη στο DNA και την υπεροξείδωση των λιπιδίων (Rahimi, 2011).

Όντας ένα από τα πιο μελετημένα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα με κλινικές και αθλητικές εφαρμογές, η κρεατίνη έχει αποδειχθεί ότι είναι το πιο αποδοτικό και ασφαλές συμπλήρωμα για την αύξηση της άλιπης μάζας, της δύναμης και της απόδοσης. Σύμφωνα με μακροχρόνιες έρευνες δεν υπάρχουν ανησυχίες για την ασφάλεια και ενδείξεις για πιθανές παρενέργειες όσον αφορά την λήψη κρεατίνης. Όμως, έχει μεγάλη σημασία τα άτομα που λαμβάνουν σκευάσματα κρεατίνης να προσέχουν τον τύπο, την ποιότητα και την πηγή της κρεατίνης, καθώς δεν είναι όλες οι μορφές κρεατίνης ίδιες. Επίσης, προτείνεται η λήψη κρεατίνης να συμβαδίζει με τον κύκλο και τους στόχους του προγράμματος προπόνησης, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση και η μυϊκή μάζα του αθλητή. Τέλος, παρά τις αμέτρητες προσπάθειες των εταιρειών συμπληρωμάτων διατροφής να δημιουργήσουν την πιο αποτελεσματική μορφή κρεατίνης, η μονοϋδρική κρεατίνη παραμένει η πρότυπη μέθοδος (Levers K & Vargo K, 2015).

### **2.2.2 β-Αλανίνη**

Η β-αλανίνη, είναι πρόδρομη ουσία της καρνοσίνης, και έχει αποδειχθεί πως αυξάνει τα ενδοκυττάρια επίπεδα της καρνοσίνης και έτσι μειώνει την οξείδωση κατά τη διάρκεια προπόνησης υψηλής έντασης. Σε φυσιολογικές καταστάσεις, ο ρυθμός παραγωγής β-αλανίνης είναι σχετικά μικρός και η συγκέντρωση της στον ορό αίματος είναι μη-ανιχνεύσιμη, αλλά εάν υπάρξει αύξησή της στον ορό, τότε είναι πιθανόν να υπάρξει και ταυτόχρονη αύξηση της μυϊκής καρνοσίνης. Η αύξηση αυτή θεωρείται πως μειώνει την νευρομυϊκή κόπωση και λόγω αυτής της θεωρίας, η β-αλανίνη συχνώς περιγράφεται ως εργογόνο βοήθημα για την αύξηση της αθλητικής απόδοσης (Quesnele JJ et al., 2014).

Τα επίπεδα καρνοσίνης επίσης θεωρείται πως αυξάνονται στον οργανισμό μέσω προπονητικών προσαρμογών, δηλαδή σε προπονημένα άτομα που ασχολούνται με αθλήματα μέγιστης έντασης και μικρής διάρκειας (60-240 δευτερόλεπτα), και μάλιστα

θεωρείται ότι το περιεχόμενο σε καρνοσίνης είναι μεγαλύτερο στις τύπου II μυϊκές ίνες σε σύγκριση με τις τύπου I (Artioli GG et al., 2009).

Η δοσολογία για την επίτευξη αθλητικού οφέλους από τη χρήση της β-αλανίνης διακυμαίνεται από 2,0 έως 6,4 γρ την ημέρα. Σε πολλές έρευνες, η λήψη της β-αλανίνης γινόταν με αυξανόμενο ρυθμό, δηλαδή η χορήγηση ξεκινούσε με μικρές δόσεις και στην πορεία συνεχώς αυξανόταν, ενώ η συνολική περίοδος χορήγησης ήταν από 4 έως 13 εβδομάδες (Quesnele JJ et al., 2014). Έχει αποδειχθεί άλλωστε πως η από στόματος χορήγηση 4-6 γρ β-αλανίνης την ημέρα, για 4-10 εβδομάδες, αυξάνει τα επίπεδα καρνοσίνης στους μύες κατά 40-80% (Blancquaert L, Everaert I & Derave W, 2015).

Όσον αφορά την απορρόφηση της β-αλανίνης, η μέγιστη τιμή της στο αίμα φτάνει 3-40 λεπτά μετά την χορήγηση της κάψουλας, ο χρόνος ημιζωής είναι 25 λεπτά μετά την επίτευξη της μέγιστης τιμής, και τέλος, οι τιμές της φτάνουν στην αρχική τιμή 3 ώρες μετά την χορήγηση. Τα περισσότερα πρωτόκολλα χορήγησης πλέον συνιστούν 4 καθημερινές δόσεις 1600mg β-αλανίνης, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη δόση χορήγησης αλλά με μικρότερη μέγιστη τιμή στο αίμα καθώς και μεγαλύτερο χρόνο ημιζωής. Τα συμπτώματα παραισθησίας που εμφανίζονταν με τα παλαιότερα πρωτόκολλα χορήγησης έχουν εξαλειφθεί, και τα μυϊκά επίπεδα καρνοσίνης αυξάνονται κατά 40% μετά από 4 εβδομάδες (Artioli GG et al., 2009).

Η β-αλανίνη επιφέρει εργογόνο δράση κυρίως σε αναερόβιες ασκήσεις υψηλής έντασης που διαρκούν 1-4 λεπτά, και όχι σε μικρότερες ή μεγαλύτερες διάρκειες. Συνολικά, έχει αποδειχθεί πως η β-αλανίνη βοηθάει στην αύξηση της μέγιστης εκπεμπόμενης δύναμης (power output), τελικού έργου (total work done) και αυξάνει το χρόνο εμφάνισης κόπωσης.

Όσον αφορά την αερόβια άσκηση, οι έρευνες έχουν επιφέρει αντιφατικά αποτελέσματα, με ορισμένες να αποδεικνύουν αύξηση της  $\dot{V}O_2$  σε σύγκριση με την placebo χορήγηση, άλλες να έχουν αποδείξει αύξηση της  $\dot{V}O_2$  και στις δύο ομάδες, καθώς και μερικές να έχουν αποδείξει μείωση της  $\dot{V}O_2$  σε σύγκριση με την ομάδα placebo. Θεωρείται δε, πως η β-αλανίνη δεν επιφέρει από μόνη της αύξηση της  $\dot{V}O_{2peak}$  αλλά βοηθάει στην αύξησή της έμμεσα μέσω του κατάλληλου προπονητικού προγράμματος.

Τα αποτελέσματα της χορήγησής της ήταν πάλι αντιφατικά σε αθλήματα επίδοσης χρόνου όπως το κολύμπι, η κωπηλασία και τον στίβο, κάνοντας δύσκολο τον χαρακτηρισμό της συγκεκριμένης ουσίας ως εργογόνο σε τέτοια αθλήματα. Τέλος, η χορήγηση β-αλανίνης βοήθησε στην αλλαγή της σύστασης σώματος, οδηγώντας σε αύξηση της άπαχης μάζας (Quesnele JJ et al., 2014, Artioli GG et al., 2009, Blancquaert L, Everaert I & Derave W, 2015, Kratz CDA et al., 2016).

### 2.2.3 Αργινίνη

Η L-αργινίνη είναι ένα ημι-απαραίτητο αμινοξύ που χαρακτηρίζεται ως απαραίτητο σε ειδικές καταστάσεις, όπως καταβολικό στρες, βρεφική ανάπτυξη, καθώς και σε περιπτώσεις εντερικής και νεφρικής δυσλειτουργίας. Η L-αργινίνη παίζει ένα σημαντικό ρόλο σε ορισμένες μεταβολικές διαδικασίες, για παράδειγμα είναι απαραίτητη για την σύνθεση κρεατίνης και αγματίνης. Η μετατροπή της L-αργινίνης σε L-ορνιθίνη και ουρία, είναι απαραίτητη για την εξουδετέρωση των τοξικών μεταβολικών παραπροϊόντων του ανθρώπινου οργανισμού. Επιπρόσθετα, είναι σημαντική για την παραγωγή του νιτρικού οξειδίου (NO), το οποίο είναι ένα ισχυρό αγγειοδιασταλτικό που οδηγεί σε μυϊκή μυϊκή διαστολή. Το νιτρικό οξείδιο επίσης αποτελεί ένα σημαντικό ρυθμιστικό μόριο σε πολλούς ιστούς, συμπεριλαμβανομένων και του μυϊκού, επηρεάζοντας τον ρυθμό της αιματικής ροής (Alvares TS et al., 2011).

Όσον αφορά τις θετικές επιδράσεις και τις εργογόνες δράσεις της αργινίνης, θεωρείται πως μπορεί να αυξήσει την αιματική μυϊκή ροή κατά τη διάρκεια προπόνησης, αυξάνοντας έτσι τη μυϊκή οξυγόνωση και τον χρόνο μέχρι την εμφάνιση καμάρου, αλλά και την αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης, ωστόσο τα μέχρι πρότινος δεδομένα είναι αμφιλεγόμενα ( Helms ER, Aragon AA & Fitschen PJ, 2014). Το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών που έχουν δείξει κάποια εργογόνο δράση της αργινίνης όσον αφορά την ικανότητα άσκησης, καρδιακής απόδοσης και αιμοδυναμικής, αναφέρονται σε κλινικούς πληθυσμούς, ιδιαίτερα σε καρδιακούς και αναπνευστικούς ασθενείς. Σε περιπτώσεις όμως χορήγησης αργινίνης σε υγιή άτομα, τα αποτελέσματα των ερευνών όσον αφορά στην αύξηση της απόδοσης σε ισοκινητικές δραστηριότητες αλλά και υπομέγιστης και μέγιστης προσπάθειας στο κυκλοεργόμετρο δεν είναι σε σύμφωνια (Abel T et al., 2005) (McConnel GK et al., 2006).

Αντιθέτως οι ίδιοι ερευνητές (Abel T et al., 2005) καθώς και οι (Campbell B et al., 2004) δεν βρήκαν θετική επίδραση στην αερόβια άσκηση και τέλος, οι (Liu TH et al., 2009) δεν εντόπισαν κάποια δράση της αργινίνης στα επίπεδα αμμωνίας και γαλακτικού οξέως κατά την διάρκεια άσκησης σε κυκλοεργόμετρο. Τα διαφορετικά αυτά ευρήματα ίσως να δικαιολογούνται από διαφορετικές δοσολογίες, οδούς χορήγησης και τύπους άσκησης. Στην επισκόπηση των Alvares TS et al. (2011), 3 στις 5 έρευνες που μελετήθηκαν για πιθανή εργογόνο δράση της αργινίνης μετά από οξεία χορήγηση, ανέφεραν σημαντικές αυξήσεις στην αθλητική απόδοση: Μια έρευνα ανέφερε αυξήσεις σε μυϊκή ανώτατη δύναμη, τελικό όγκο εργασίας και μειωμένη μυϊκή κόπωση, η άλλη ανέφερε αύξηση αναερόβιας απόδοσης



και η τελευταία ανέφερε επιμήκυνση χρόνου μέχρι την εμφάνιση κοπώσεως. Μόνο 4 από τις συνολικές οκτώ έρευνες που μελέτησαν την επίδραση της αργινίνης ακολουθώντας χρόνια χορήγηση, απέδειξαν σημαντικές βελτιώσεις την απόδοση, τρεις εκ των οποίων ανέφεραν βελτίωση αναερόβιας δύναμης, ενώ η άλλη απέδειξε σημαντική καθυστέρηση στην εμφάνιση καμάτου. Η χορήγηση αργινίνης φαίνεται πως είναι ασφαλής και καλά ανεκτή σε από στόματος δόσεις της τάξης των 3 έως 18 γρ. Περαιτέρω έρευνες απαιτούνται για την σαφή εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση της αργινίνης και ιδιαίτερα πάνω στους μηχανισμούς που ίσως να ευθύνονται για την όποια εργογόνο δράση της (Alvares TS et al., 2011).

Σε ορμονικό επίπεδο, η χορήγηση αργινίνης υποδόρια ή από στόματος, δεν οδήγησε σε αύξηση της μυϊκής μάζας μέσω της αύξηση έκκρισης αυξητικής ορμόνης, και μάλιστα υπήρξαν παρενέργειες (οίδημα μαλακών ιστών, αρθραλγία, γυναιομαστία κ.α.).

Επίσης, η από στόματος οξεία πρόσληψη, φαίνεται πως μειώνει την έκκριση αυξητικής ορμόνης και ίσως να έχει και άλλες αρνητικές μεταβολικές συνέπειες (Kanaley JA, 2008). Στην έρευνα των Camic CL et al., (2010), η χορήγηση μείγματος αργινίνης (1,5-3,0 γρ) με εκχύλισμα σταφυλιών και γλυκόλη πολυαιθυλενίου, οδήγησε σε αύξηση της (PWC<sub>FT</sub>), η οποία είναι μια ηλεκτρομυογραφική διαδικασία για την εκτίμηση της υψηλότερης τιμής εξαγόμενης δύναμης που μπορεί να διατηρηθεί χωρίς να έχουμε νευρομυϊκή κόπωση. Η επιστημονική ομάδα δήλωσε πως τα θετικά αυτά ευρήματα, μάλλον δικαιολογούνται από μειωμένες συγκεντρώσεις των μεταβολικών παραπροϊόντων πώς το γαλακτικό οξύ ή η αμμωνία, ή στην βελτιωμένη αιματική ροή στους μύες, λόγω της αυξημένης σύνθεσης NO και της μειωμένης παραγωγής ενδοθηλίνης, αν και πρόσθεσαν πως απαιτούνται περαιτέρω έρευνες.

#### **2.2.4 Άλφα γλυκερυφοσφολοχολίνη**

Η χολίνη είναι μια πολύ σημαντική βιταμίνη για τη φυσιολογική κυτταρική λειτουργία, παρουσιάζοντας ποικίλες δραστηριότητες στο σώμα. Έχει σημαντική δράση ως νευροδιαβιβαστής (ακετυλοχολίνη), καθώς και εμπλέκεται στην σύνθεση των φωσφολιπιδίων της κυτταρικής μεμβράνης και στον μεταβολισμό των λιπαρών και της χοληστερόλης. Σε καταστάσεις έλλειψης χολίνης, παρατηρείται ηπατική στεάτωση, τραυματισμός ιστών, αρνητικές αλλαγές στην εγκεφαλική δομή και λειτουργία, αθηροσκληρωτική νόσος της αορτής. Επίσης, θεωρείται πως έχει στενή σχέση με την έκκριση της αυξητικής ορμόνης. Σε υγιή άτομα, τα επίπεδα χολίνης βρίσκονται σε

συγκεντρώσεις 10mmol/L και ακολουθώντας μια δίαιτα ελεύθερης χολίνης για 3 εβδομάδες, η συγκέντρωση μειώνεται σε 7 mmol/L. Η άλφα γλυκερυφοσφωλοχολίνη (α-GPC), συντίθεται από φασόλια και αποτελεί ένα φυσικό μείγμα χολίνης που χρησιμοποιείται σε φάρμακα και συμπληρώματα. Η α-GPC που χορηγείται από στόματος, απορροφάται αποτελεσματικώς στο έντερο και τα επίπεδα χολίνης πλάσματος αυξάνονται ταχέως και διατηρούνται για 24 ώρες.

Οι περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει με στόχο την ανεύρεση πιθανής εργογόνου δράσης της α-GPC, έχουν γίνει αναφορικά με το αερόβιο πρόγραμμα προπόνησης και κυρίως για τα αθλήματα αντοχής, ωστόσο τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά (Spector et al., 1995, Warber et al., 2000). Εφόσον η αερόβια προπόνηση αντοχής, γενικώς χαρακτηρίζεται από χαμηλή ένταση, είναι λογική η υπόθεση πως η α-GPC δεν είναι αποτελεσματική σε αυτού του είδους τα αγωνίσματα.

Αγωνίσματα χαμηλής προς μέτριας έντασης, προκαλούν χαμηλότερη διέγερση του ΚΝΣ και λιγότερες μυϊκές συστολές, διότι η προσπάθεια που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μια αερόβια άσκηση δεν απαιτεί υψηλά επίπεδα δύναμης, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με ασκήσεις υψηλής έντασης. Εφόσον η δράση της χολίνης ως πρόδρομη ουσία της ακετυλοχολίνης που είναι νευροδιαβιβαστής, είναι σημαντική και απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες σε προσπάθειες υψηλής εντάσεως, είναι λογικό να υποθέσουμε πως η όποια πιθανή εργογόνος δράση της α-GPC θα αφορά κατά κύριο λόγο αθλήματα υψηλής εντάσεως, προπόνηση αντιστάσεων, και γενικώς τον αναερόβιο αθλητισμό (Marcus LR, 2016).

Σημαντικά επίσης είναι τα ερευνητικά δεδομένα για την αύξηση των επιπέδων αυξητικής ορμόνης, χολίνης καθώς και ελεύθερων λιπαρών οξέων μετά την οξεία χορήγηση α-GPC. Στην έρευνα των Ziegenfuss T et al., (2016), η χορήγηση 600 mg α-GPC, 90 λεπτά πριν την προπόνηση αντιστάσεων, οδήγησε σε αύξηση των επιπέδων αυξητικής ορμόνης καθώς και της δύναμης κατά τη διάρκεια ασκήσεων τύπου bench press, αλλά δεν είχε κάποιο σημαντικό αποτέλεσμα στην μέγιστη δύναμη, στο ρυθμό παραγωγής ενέργειας, στον βασικό μεταβολισμό (RMR) ή αιμοδυναμικούς δείκτες (καρδιακή συχνότητα, αρτηριακή πίεση). Στην έρευνα των Kamawura et al. (2012), η χορήγηση 1000 mg α-GPC σε νεαρούς ενήλικες άνδρες, οδήγησε στην αύξηση των επιπέδων χολίνης πλάσματος κατά 50% μέσα σε 60 λεπτά, και επιπρόσθετα αύξησε τις συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης. Επίσης παρατηρήθηκαν σημαντικές αυξήσεις των συγκεντρώσεων ελεύθερων λιπαρών οξέων, της γλυκερόλης καθώς και των κετονοσώματων (δροξυβουτυρικό και ακετοξικό οξύ), που αποτελούν παραπροϊόντα του μεταβολισμού των λιπών, στο πλάσμα. Η αύξηση των

κετονοσωμάτων και των ΕΛΟ, ίσως προκαλείται από την αύξηση των επιπέδων αυξητικής ορμόνης που ενισχύει την λιπόλυση των τριγλυκεριδίων προς ΕΛΟ και γλυκερόλη, κυρίως στον λιπώδη ιστό. Σύμφωνα με τα παραπάνω ευρήματα, θεωρείται πλέον πως η a-GPC μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τη μείωση του σωματικού λίπους, αν και οι ερευνητές παρατήρησαν πως το ηπατικό λίπος ήταν κατά κύριο λόγο το καταβολιζόμενο λίπος.

Τέλος, ακολουθώντας ένα πρωτόκολλο χορήγησης a-GPC, δοσολογίας 600 mg, για 6 συνεχόμενες ημέρες, οι Bellar D et al., (2015) παρατήρησαν πως υπήρξε σημαντική αύξηση της ενεργειακής παραγωγής κάτω άκρων, μεγαλύτερη του 3%, που μπορεί δυνητικά να ενισχύσει την απόδοση των αθλητών που ασχολούνται με αθλήματα στα οποία χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο οι μυς κάτω άκρων.

Παρατηρήθηκε δε, μια παρόμοια αύξηση της ισομετρικής δύναμης στο άνω μέρος του σώματος (upper body isometric strength), ωστόσο η παρατήρηση αυτή δεν αποδειχθεί στατιστικά σημαντική. Τα ερευνητικά δεδομένα, σχετικά με την εργογόνο δράση της a-GPC είναι ακόμη ελάχιστα και υπάρχει μεγάλη διαφωνία στα αποτελέσματα. Αναφορικά με τον αερόβιο αθλητισμό, δεν έχει επιβεβαιωθεί κάποια θετική δράση, ενώ σχετικά με τον αναερόβιο, τα αποτελέσματα είναι υποσχόμενα. Η αυξημένη λιπόλυση που παρατηρείται μετά τη χορήγηση της a-GPC, αποτελεί το σημαντικότερο εύρημα που δικαιολογεί την πρόσληψη της συγκεκριμένης ουσίας.

## **2.3 Ουσίες που βελτιώνουν την σύσταση σώματος και βοηθούν στην αποκατάσταση**

### **2.3.1 Συζευγμένο Λινολειακό Οξύ (CLA)**

Το συζευγμένο λινολειακό οξύ (CLA), είναι ένα μείγμα ισομερών του λινολειακού οξέως (cis-9, cis-12- octadecadienoic acid), ένα ωμέγα-6 λιπαρό οξύ. Τα δύο βασικά ισομερή του CLA είναι τα cis-9, trans-11 και trans-10,cis-12 οξέα (c9, t11-CLA, t10, c12-CLA). Η χρήση των συμπληρωμάτων CLA, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μεταξύ των

αθλητών, διότι θεωρείται πως μπορούν να αυξήσουν την αντοχή, την  $VO_2max$ , να μειώσουν το σωματικό βάρος, την γλυκογονόλυση, να αυξήσουν την λιπόλυση κ.α. (Macaluso F et al., 2012). Ωστόσο, οι περισσότεροι από αυτούς τους ισχυρισμούς έχουν επιβεβαιωθεί ερευνητικά σε δοκιμές πάνω σε πειραματόζωα ή *in vitro*, και όχι στον ανθρώπινο οργανισμό.

Ένας από τους πιο βασικούς ισχυρισμούς για τον οποίο μεγάλο μερίδα των αθλητών καταφεύγει στην αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος, είναι πως η πρόσληψη CLA έχει θετικό αντίκτυπο στην σύσταση του σώματος, μειώνοντας το σωματικό λίπος και αυξάνοντας την άλιπη μάζα. Οι Gaullier JM et al. (2004) ήταν αυτοί που παρατήρησαν πως η χορήγηση CLA 4,5 γρ για ένα χρόνο, σε υγιείς υπέρβαρα άτομα, οδήγησε σε σημαντική μείωση του σωματικού λίπους και σε αύξηση της άλιπης μάζας, απόληξη στην οποία κατέληξαν και οι Lowery et al (1998), Blankson et al. (2000), Sedman et al. (1999) και οι Pinkoski et al. (2006). Αντιθέτως όμως, το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών δεν έχει εξάγει παρόμοια αποτελέσματα, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε διαφορετικό τύπο και σύσταση του CLA, διαφορετική δοσολογία, διαφορετική διάρκεια λήψης και τέλος διαφορές στα μορφολογικά, φυλετικά και γενετικά χαρακτηριστικά των εθελοντών.

Παρομοίως, οι Kreider RB et al. (2002), χορήγησαν 6 γρ CLA σε συνδυασμό με 3 γρ ελεύθερων λιπαρών οξέων σε αθλητές αντιστάσεων, για να εξετάσουν την πιθανή εργογόνο δράση της ουσίας, όσον αφορά την βελτίωση της σύστασης σώματος, της δύναμης, της οστικής πυκνότητας αλλά και τυχόν αλλαγές σε συγκεκριμένους αιματολογικούς δείκτες.

Μετά από 28 μέρες χορήγησης, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία από τις παραπάνω παραμέτρους. Επίσης, οι Tajmanesh M et al. (2015) δεν εντόπισαν αλλαγές στο σωματικό βάρος, στην περίμετρο μέσης και στην  $VO_2max$ , έπειτα τη χορήγηση 3,2 γρ CLA για 8 βδομάδες, σε υγιείς νέους άντρες. Εν αντιθέσει, οι Ha YL, Jeong SB (2010), απέδειξαν πως το CLA είναι εργογόνο σε παχύσαρκα παιδιά, σε δόσεις 6 γρ για 12 βδομάδες, βελτιώνοντας τους δείκτες αθηροσκλήρωσης και την σωματική απόδοση και μειώνοντας το σωματικό λίπος. Έτσι λοιπόν, τίθεται το ερώτημα εάν το CLA είναι εργογόνο κυρίως σε άτομα που είναι υπέρβαρα ή/και παχύσαρκα και όχι σε άτομα με φυσιολογικό βάρος.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά την πιθανή εργογόνο δράση του CLA στον αερόβιο αθλητισμό, η ερευνητική των Jenkins NDM et al. (2014), κατέληξε πως η χορήγηση 8ml CLA για 6 βδομάδες, δεν οδήγησε σε καμία αύξηση της αερόβιας επίδοσης, αντοχής και

δύναμης. Άξια αναφοράς είναι τα δεδομένα που εξήχθησαν από τις έρευνες των Macaluso F et al.(2012) και Tsao JP (2014).

Η ερευνητική ομάδα του Macaluso και των συνεργατών του, ανακάλυψε πως η χορήγηση CLA μετά το πέρας άσκησης αντιστάσεων, οδήγησε σε αύξηση της τεστοστερόνης in vitro καθώς και σε μικρή αύξησή της in vivo, μετά το πέρας ασκήσεων αντιστάσεων. Η διαφορά των δύο αποτελεσμάτων μπορεί να οφείλεται, όπως δήλωσαν οι ερευνητές, στην έλλειψη γνώσης αναφορικά με την ακριβής ποσότητα του CLA που συγκεντρώνεται στα κύτταρα Leydig καθώς και η ακριβής δόση που ενεργοποιεί την σύνθεση τεστοστερόνης, αλλά επίσης και στην μικρότερη ένταση άσκησης στην οποία υποβλήθηκαν οι εξεταζόμενοι, διότι είναι γνωστό πως για να προκληθεί οξεία έκκριση τεστοστερόνης απαιτείται άσκηση υψηλής έντασης και υψηλών μεταβολικών απαιτήσεων σε σχέση με την ηλικία και το φύλο. Τα αποτελέσματα αυτά είναι πολύ σημαντικά για τους αθλητές που ενδιαφέρονται για την επίτευξη της μέγιστης προσαρμογής των αναβολικών προπονητικών ερεθισμάτων μετά το πέρας της προπόνησης, για την αύξηση της άλιπης μάζας. Κλείνοντας, και σχετικά πάλι με την αναβολική δράση του CLA, η ομάδα του Tsao, αποφάνθηκε πως η χορήγηση 3,2 γρ CLA μετά το τέλος άσκησης (75% VO<sub>2</sub>max), οδήγησε σε σημαντικά αυξημένη γλυκογονοσύνθεση, μέσω της ενισχυμένης παραγωγής της πρωτεΐνης GLUT4. Εφόσον υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της GLUT4 και του γλυκογονικού περιεχομένου, η πρόσληψη CLA μπορεί δυνητικά να προάγει την προπονητική αντοχή των αθλητών. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μειωμένη ινσουλινοευαισθησία.

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει πως το CLA ίσως να είναι αποτελεσματικό στη διαφοροποίηση της σύστασης σώματος σε υπέρβαρα ή παχύσαρκα άτομα και ίσως να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βοηθητική ουσία για την επίτευξη αναβολικών προπονητικών μεταγωνιστικών προσαρμογών.

### **2.3.2 HMB**

Το HMB (β-υδροξυ-β-μεθυλοβουτυρικό οξύ), είναι ένας μεταβολίτης της λευκίνης και τα τελευταία 20 χρόνια έχει γίνει αντικείμενο συστηματικής έρευνας αναφορικά με τη χορήγησή του στον αθλητισμό. Θεωρείται πως παρουσιάζει αντικαταβολικές ιδιότητες, ειδικά μετά το πέρας έντονης άσκησης ή όταν υφίσταται μυϊκός τραυματισμός, εντείνοντας την πρωτεϊνοσύνθεση και καταλύοντας την πρωτεϊνόλυση. Επίσης, έχει σημαντική θέση στην αντιμετώπιση της μείωσης της άλιπης μάζας κατά τη διάρκεια κλινικών καταστάσεων

(π.χ. ασθενείς με καρκίνο). Οι δράσεις αυτές, μπορούν να δικαιολογηθούν από την ενδογενή σύνθεση της χοληστερόλης, την έκκριση του ινσουλινομιμητικού αυξητικού παράγοντα 1 (IGF-1), τη διέγερση του μονοπατιού της mTOR κινάσης ή του συστήματος ουβικουιτίνης-πρωτεάσης και επίσης της δραστηριότητας της κασπάσης. Το HMB πιθανόν να προάγει τη διέγερση της μιτοχονδριακής βιογένεσης, τη μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου, αυξημένη αποδοτικότητα μεταβολισμού λιπών και υδατανθράκων, αυξημένη λιπόλυση και μείωση της λιπώδους μάζας. Οι περισσότερες έρευνες που έχουν λάβει χώρα αναφορικά με τις επιδράσεις του HMB, αφορούν διαφορές στη σύσταση σώματος και των ορμονικών επιπέδων αθλουμένων, αλλά και την αύξηση της μυϊκής δύναμης και άλιπης μάζας, τόσο σε προπονημένα όσο και σε απροπόνητα άτομα. Εντούτοις, η επίδραση του HMB στην ολική φυσική ικανότητα, δεν έχει ερευνηθεί αρκετά όσον αφορά τα αθλήματα αντοχής, αν και έρευνες που έγιναν σε δρομείς και ποδηλάτες κατέληξαν πως η χορήγησή του οδήγησε σε αυξημένη πρόσληψη οξυγόνου, καθυστέρηση συσσώρευσης γαλακτικού οξέως και μείωση του μυϊκού καταβολισμού (μέσω μείωσης της CK και της LDH). Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα όλων των ερευνών δεν είναι σύμφωνα για την αποτελεσματικότητα της χορήγησης του HMB και αυτός είναι ο λόγος που ακόμα υπάρχει σκεπτικότητα γύρω από την χρήση του (Michalski KD & Jeszka J, 2015).

Η αποτελεσματικότητα του HMB χρειάζεται περαιτέρω επιβεβαίωση, σχετικά με το πως να βελτιστοποιήσουμε την χορήγησή του (δοσολογία και χρονική στιγμή), καθώς και να καθορίσουμε σε ποιες ακριβώς συνθήκες, η δράση του είναι αποτελεσματική.

Σχετικά με τη δοσολογία, μια δόση 3γρ/ημέρα παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα στους δείκτες απόδοσης και έχει επίσης πιθανά ευεργετικά αποτελέσματα στην υγεία. Πιθανολογείται πως δόσεις 3γρ/ημέρα για 2 βδομάδες πριν από άσκηση υψηλής εντάσεως, μειώνει τη πιθανότητα μυϊκών τραυματισμών. Το HMB πρέπει να λαμβάνεται σε δόσεις 1-2γρ, 30-60 λεπτά πριν την άσκηση (σε μορφή HMB-FA) και 60-120 λεπτά πριν (σε μορφή HMB-Ca). Πολλές προηγούμενες έρευνες, χρησιμοποιούσαν HMB-Ca, παρόλα αυτά, πλέον υπάρχει διαθέσιμο το HMB-FA, που έχει αποδειχτεί πως αυξάνει τη συγκέντρωσή του στο πλάσμα, σε μικρότερο χρόνο. Το γεγονός αυτό, προσφέρει σε θεωρητικό επίπεδο, πλεονεκτήματα όσον αφορά τη βιοδιαθεσιμότητα του HMB και επίσης προσφέρει πιθανά οφέλη στις προσαρμογές που λαμβάνουν χώρα στον οργανισμό του αθλητή ως αποτέλεσμα της προπονήσεως (Albert FJ et al, 2015).

Σχετικά με τα ερευνητικά δεδομένα, στην έρευνα τους οι Portal S et al, (2011), απέδειξαν πως η χορήγηση HMB για 7 βδομάδες σε elite αθλητές βόλει, οδήγησε σε

σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας, δύναμης και ισοκινητικής δύναμης στους μυς των γονάτων (knee flexors). Αναφορικά με την αύξηση της μυϊκής δύναμης, πρόκειται για ασκήσεις πιέσεων στήθους και ποδιών και δικαιολογείται από το μοτίβο της άσκησης στο οποίο οι συγκεκριμένοι αθλητές αφοσιώνονταν περισσότερο (βόλει). Το HMB δεν είχε κάποια επίδραση στο κατακόρυφο άλμα που είναι πολύ σημαντικό στο βόλει και αυτό οφείλεται ίσως και από την τεχνική κατάρτιση που απαιτείται από τον αθλητή, εκτός της μυϊκής δύναμης. Η πρόσληψη HMB οοδήγησε σε σημαντική αύξηση στην αναερόβια ικανότητα αλλά όχι στην αερόβια. Τέλος, οι ερευνητές διαπίστωσαν πως δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στις αναβολικές ορμόνες (IGF-1 και τεστοστερόνη), στις καταβολικές (κορτιζόλη), καθώς και στους δείκτες φλεγμονής (IL-6).

Από την μετανάλυση των (Albert FJ et al, 2015), βρέθηκε πως η χορήγηση HMB αύξησε την αερόβια ικανότητα σε ποδηλάτες, αύξηση μυϊκής δύναμης κατά την περίοδο προπονήσεων υψηλής έντασης σε άτομα που ασχολούνται με προπόνηση αντιστάσεων. Επιπρόσθετα, κατά τη περίοδο ενός προγράμματος διάρκειας 12 εβδομάδων σε προπονημένα άτομα, η χορήγηση HMB οδήγησε σε αύξηση της δύναμης και της μυϊκής μάζας στις μεγάλες άνω και κάτω μυϊκές ομάδες του σώματος. Επίσης, όταν μη-προπονημένα άτομα ακολούθησαν πρόγραμμα ασκήσεων με αντιστάσεις για 8 εβδομάδες, τρεις φορές την εβδομάδα, η παραγωγή ενέργειας, η κρεατίνη φωσφοκινάση και η σύσταση σώματος, βελτιώθηκαν σε σημαντικό βαθμό συγκριτικά με τα άτομα που δεν έλαβαν HMB.

Συνολικά, οι μελέτες που αναλύθηκαν, προσέφεραν αποδείξεις σχετικά με τη χρησιμότητα του HMB στην αντιμετώπιση καταβολικών συνθηκών, ειδικά σε καταστάσεις που χαρακτηρίζονται από αυξημένη πρωτεϊνόλυση, όπως αυτές που συχνά παρατηρούνται σε περιόδους άσκησης υψηλής εντάσεως σε υψηλό βαθμό.

Τέλος, οι (Michalski KD & Jeszkal J, 2015), στη μελέτη τους απέδειξαν πως η χορήγηση 3γρ HMB διαιρεμένο σε τρεις δόσεις του 1γρ την ημέρα, για 12 εβδομάδες σε αθλητές αντοχής (κωπηλάτες), είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των αθλητών μέσω της αύξησης πρόσληψης οξυγόνου, καθώς και στη μείωση της λιπώδους μάζας. Σημαντική επίσης ήταν η παρατήρηση πως βελτιώθηκε η αναερόβια ικανότητα, κυρίως στην αρχική και τελική φάση του αγωνίσματος. Οι ερευνητές σημειώνουν, πως η μακροχρόνια λήψη HMB μείωσε την έκκριση CK και LDH μετά το πέρας άσκησης υψηλής έντασης, καθώς και προκάλεσε σημαντικές διαφορές στη δραστηριότητα συγκεκριμένων ενδομυϊκών ενζύμων, στις συγκεντρώσεις κορτιζόλης και τεστοστερόνης, αλλά και στο λόγο T/C (Τεστοστερόνη/Κορτιζόλη), στο αίμα.

### 2.3.3 Πρωτεΐνες-Αμινοξέα

Η σπουδαιότητα της κατανάλωσης πρωτεϊνών ή/και αμινοξέων κατά τη μακροχρόνια περίοδο προπόνησης, αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια αδιαμφισβήτητο δεδομένο. Στο μεγαλύτερο μέρος των ερευνών τονίζεται πως η σημαντικότητα των πρωτεϊνών, έγκειται στον αυξημένο ρυθμό πρωτεϊνοσύνθεσης που λαμβάνει χώρα μετά το πέρας της προπόνησης και διαρκεί για περίπου 24 ώρες. Η πρόσληψη πρωτεΐνης δρα θετικά με την άσκηση, προσφέροντας το υπόστρωμα για την ενδογενή πρωτεϊνοσύνθεση και μυϊκή υπερτροφία αλλά και την προαγωγή δομικών αλλαγών και σε ιστούς όπως οι τένοντες και τα οστά. Οι μεταγωνιστικές αυτές προσαρμογές, πιστεύεται πως συμβαίνουν λόγω αυξημένης πρωτεϊνοσύνθεσης σε απάντηση στην αύξηση της συγκέντρωσης λευκίνης μέσω του μεταγωνιστικού γεύματος.

Διαφορετικά είδη προπόνησης (αερόβια, αναερόβια, διαλλειματική κ.α.), οδηγούν στη σύνθεση διαφορετικών πρωτεϊνών. Η κατανάλωση πρωτεϊνών μετά την προπόνηση είναι πλέον προτεινόμενη από το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών, ακόμα και όταν η μυϊκή υπερτροφία και αύξηση του σωματικού όγκου, δεν είναι ο πρωταρχικός στόχος.

Η προτεινόμενη πρόσληψη υπερβαίνει τις τιμές DRIs που αναφέρονται σε στατικό πληθυσμό, και συνήθως κυμαίνονται από 1,2 έως 2,0 γρ/κίλο σωματικού βάρους, ανάλογα τους στόχους και το αγώνισμα του αθλητή. Η παράλληλη κατανάλωση υδατανθράκων, συνιστάται έτσι για την προώθηση των αμινοξέων για αναδόμηση ιστού. Σε περιπτώσεις αρνητικού ισοζυγίου ή προπονητικής παύσης, τιμές πρόσληψης 2,0 γρ/κίλο σωματικού βάρους είναι προτεινόμενες με στόχο την αποφυγή απώλειας άλιπης μάζας. Η μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση ενεργοποιείται έπειτα της κατανάλωσης πρωτεΐνης υψηλής βιολογικής αξίας, τουλάχιστον 10 γρ απαραίτητων αμινοξέων, 0-2 ώρες αμέσως μετά το πέρας της προπόνησης. Τα νεότερα δεδομένα συνιστούν την πρόσληψη 0,3γρ/κίλο σωματικού βάρους μεταγωνιστικά, κάθε 3 με 5 ώρες μέσω πολλαπλών γευμάτων. Υψηλότερες δόσεις (>40γρ), δεν έχει αποδειχθεί πως επιφέρουν κάποιο περαιτέρω όφελος.

Οι πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας είναι απαραίτητες για τη διατήρηση, επιδιόρθωση και σύνθεση μυϊκών σκελετικών πρωτεϊνών. Μακροχρόνιες έρευνες έχουν αποδείξει την αξία των πρωτεϊνών γάλακτος στην αύξηση της μυϊκής δύναμης και της άλιπης μάζας έπειτα από προπόνηση, σε σύγκριση με πρωτεΐνες από άλλες πηγές όπως κρέας, σόγια, διότι οι πρωτεΐνες γάλακτος είναι πιο αποτελεσματικές λόγω της περιεκτικότητάς τους σε λευκίνη, καθώς και της πέψης και απορρόφησης κινητικών των



αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας (BCAAs) σε γαλακτοκομικά προϊόντα υδατικής φύσεως (AND, DC, and ACSM, 2016).

Στην έρευνα των Macnaughton LS et al., (2016), αποδείχθηκε πως όταν ενεργοποιούνται μεγάλες μυϊκές ομάδες κατά τη διάρκεια προπόνησης, ιδιαίτερα δε σε προπόνηση αντιστάσεων που αφορά συνολικά το σώμα (whole body resistance training), η μετέπειτα προτεινόμενη προσλαμβανόμενη ποσότητα για μεγιστοποίηση των προπονητικών προσαρμογών, είναι 40γρ και όχι 20 γρ όπως αντιλαμβάνονταν στο παρελθόν και σε σύγκριση με προπόνηση αντιστάσεων με μικρότερο αριθμό ενεργοποιημένων μυϊκών ομάδων (π.χ. leg resistance training). Τέλος, στην έρευνα των Tang JE et al., (2009), διαπιστώθηκε πως η πρόσληψη υδρολυμένου τύπου πρωτεΐνης ορού γάλακτος, προάγει γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη μυοσκελετική πρωτεϊνοσύνθεση, τόσο σε ηρεμία, όσο και μετά το τέλος προπόνησης αντιστάσεων, σε σύγκριση με τη σόγια ή την καζεΐνη, και αυτό λόγω των διασπώμενων και πιο εύκολα διαθέσιμων μορίων, που καθιστούν ευκολότερη και γρηγορότερη την πέψη, απορρόφηση και αξιοποίησή τους από τους μυς.

## **2.4 Ουσίες που ενισχύουν την ευρωστία του αθλητή**

### **2.4.1 Αντιοξειδωτικές ουσίες**

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες έχουν σημαντικό ρόλο την προστασία κυρίως των κυτταρικών μεμβρανών, από το οξειδωτικό στρες. Είναι πλέον γνωστό πως η άσκηση μπορεί να αυξήσει την κατανάλωση οξυγόνου 10-15 φορές και θεωρείται πως η μακροχρόνια προπόνηση προκαλεί αυξανόμενο και συνεχές οξειδωτικό στρες στα κύτταρα. Θεωρείται πως ένας καλά προπονημένος, ίσως να έχει ένα πιο ανεπτυγμένο ενδογενές αντιοξειδωτικό σύστημα από έναν λιγότερο προπονημένο, και έτσι η χορήγηση αντιοξειδωτικών ουσιών να μην τον ωφελήσει, ιδιαίτερα εάν ακολουθεί από μόνος του δίαιτα υψηλή σε αντιοξειδωτικές ουσίες. Με τα δεδομένα που υπάρχουν στις μέρες μας, υπάρχουν λίγες αποδείξεις που να υποστηρίζουν κάποια εργογόνο δράση των αντιοξειδωτικών ουσιών, ενώ αντιθέτως υπάρχουν αποδείξεις πως η χορήγηση αντιοξειδωτικών ουσιών, ιδιαίτερα μετά το πέρας της άσκησης, μπορεί να εμποδίσει την περαιτέρω εφαρμογή των προπονητικών προσαρμογών στο σώμα του ασκούμενου (AND, DC, and ACSM, 2016).

Οι ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (ROS), έχουν ενοχοποιηθούν ως ένας από τους λόγους της σκελετικής μυϊκής κόπωσης κατά τη διάρκεια αερόβιας και αναερόβιας άσκησης.

Αν και μικρές αυξήσεις στα επίπεδά τους μετά την άσκηση, επωφελούν στην κυτταρική ανάπτυξη και τη μεγιστοποίηση της μυϊκής παραγωγής, η υπερβολική επισώρευσή τους οδηγεί στη δημιουργία ενός προ-οξειδωτικού περιβάλλοντος που μπορεί να βλάψει το DNA, και τις μεμβράνες λιπών και πρωτεϊνών, καθώς και να επιταχύνει την έλευση της κόπωσης κατά τη διάρκεια άσκησης αντιστάσεων. Η χορήγηση αντιοξειδωτικών ουσιών θα μπορούσε να ενισχύσει το ενδογενές αντιοξειδωτικό σύστημα, μειώνοντας την παραγωγή ROS. Αν και σε αρκετές έρευνες έχει αποδειχτεί η προστατευτική δράση των αντιοξειδωτικών ουσιών στις κυτταρικές μεμβράνες και στη διατήρηση της μυϊκής αντοχής και δύναμης κατά τη διάρκεια άσκησης ισομετρικών μυϊκών συσπάσεων, σε άλλες, υπάρχει κατάληξη στο ίδιο συμπέρασμα. Η ασυμφωνία αυτών των αποτελεσμάτων θεωρείται πως οφείλεται στα διαφορετικά πρωτόκολλα χορήγησης, δοσολογίας αλλά και άσκησης που ακολούθησαν οι εξεταζόμενοι (Ackerman J et al., 2014).

*Πράσινο Τσάι:* Στην έρευνα των (Jowko E et al., 2011), χορηγήθηκε πράσινο τσάι για 1 μήνα σε συνδυασμό με προπόνηση δύναμης σε προηγούμενος μη-προπονημένα άτομα, με σκοπό την αποτίμηση της δράσης του έναντι του οξειδωτικού στρες και του μυϊκού τραυματισμού που συμβαίνουν κατά αλλά και μετά το πέρας της άσκησης μικρής περιόδου, όπως αυτά παρουσιάζονται από τους δείκτες οξειδωτικού στρες. Η δράση αυτή του πράσινου τσαγιού θεωρείται πως λαμβάνει χώρα, λόγω του υψηλού του περιεχομένου σε φλαβονοειδή. Τα φλαβονοειδή είναι στοιχεία που παρουσιάζουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, και μπορούν να βρεθούν σε πολλά τρόφιμα όπως φρούτα, λαχανικά, τσάι, κρασί και κακάο. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η κατανάλωση πράσινου τσαγιού για ένα μήνα σε μη-προπονημένα άτομα, σε συνδυασμό με ασκήσεις ενδυνάμωσης, ενίσχυσε την αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος σε καταστάσεις ηρεμίας, καθώς και μπορεί να προστατεύσει από το οξειδωτικό στρες σε ασκήσεις αντοχής και ενδυνάμωσης.

Στην έρευνα των (Ackerman J et al., 2014), χορηγήθηκε διάλυμα αντιοξειδωτικών ουσιών 4 ώρες πριν την άσκηση (2 ml/kg) για να εκτιμηθεί εάν το αντιοξειδωτικό περιεχόμενο του διαλύματος θα παρουσίαζε κάποια βελτίωση στην αθλητική απόδοση αλλά και στην ορμονική έκκριση των αθλητών. Το διάλυμα αυτό αποτελούταν κυρίως από πυκνογενόλη. Η πυκνογενόλη είναι το εμπορικό όνομα της προανθοκυανιδίνης, μέλος του συμπλέγματος των φλαβονοειδών.

Είναι ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό και θεωρείται πως δρα έναντι των ελευθέρων ριζών, αυξάνει την έκκριση της αυξητικής ορμόνης καθώς και βοηθάει στην καλύτερη αιμάτωση των μυών. Οι ερευνητές κατέληξαν πως μια οξεία δόση διαλείμματος με βάση την πυκνογενόλη, ενισχύει την απόδοση του κάτω μέρους του σώματος, τη ταχύτητα καθώς και την συνολική δυναμική απόδοση. Επίσης, η έκκριση αυξητικής ορμόνης μειώθηκε σημαντικά, γεγονός που μπορεί να μειώνει την προσαρμογή των προπονητικών ερεθισμάτων.

#### **2.4.2 Panax Ginseng**

Το Panax Ginseng είναι ένα βότανο που είναι ιδιαίτερα γνωστό για τις θεραπευτικές του ιδιότητες στην Ασία και την Βόρεια Αμερική, που χρησιμοποιείται για διάφορους ιατρικούς σκοπούς, για μείωση ψυχολογικής και σωματικής κόπωσης, για τόνωση και εγρήγορση του οργανισμού κ.α. Έχει βρεθεί πως το Panax Ginseng περιέχει περίπου 38 ενώσεις-δραστικές ουσίες που ονομάζονται ginsenoids και σε αυτές οφείλει το Panax Ginseng τις όποιες ευεργετικές του ιδιότητες (HM Al-Kuraishy, TL Ali 2016).

Η δράση του Panax Ginseng θεωρείται πως εξαρτάται από την δοσολογία και την διάρκεια χορήγησης. Η χρόνια κατανάλωση πιστεύεται πως ίσως βελτιώνει την καρδιοαναπνευστική λειτουργία και μειώνει την ποσότητα γαλακτικού οξέως στο αίμα σε συνδυασμό με τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, αν και έχει σχολιαστεί πως οι θετικές του δράσεις είναι περισσότερο εμφανείς σε άτομα που βρίσκονται σε κακή φυσική κατάσταση. Αρκετές έρευνες έχουν βρει πως το Panax Ginseng μπορεί να αυξήσει την διάρκεια άσκησης έως το σημείο εμφάνισης κοπώσεως, μέσω της δραστηριότητάς του ως αντι-στρεσογόνο και να μειώσει το αίσθημα κοπώσεως (CK Chen, AS Muhamad, FK Ooi, 2012).

Οι HM Al-Kuraishy, TL Ali (2016), βρήκαν πως το Ginseng δρα ως εργογόνος ουσία, προκαλώντας σημαντικές αλλαγές στον καρδιακό παλμό, στην διάρκεια και την απόσταση (με τη χρήση κυκλοεργόμετρου), καθώς και αύξηση της θερμιδικής κατανάλωσης, αλλά η  $VO_2max$  και η ταχύτητα των αθλούμενων δεν επηρεάστηκε. Τα αποτελέσματα αυτά αποδεικνύουν την βελτίωση της φυσικής κατάστασης των αθλητών λόγω των αντι-στρεσογόνων ιδιοτήτων του Ginseng, μέσω της βελτίωσης των αποθηκών μυϊκού γλυκογόνου μετά την άσκηση, την αύξηση της δράσης της κιτρικής συνθάσης, καθώς και τη μείωση των δεικτών φλεγμονής όπως ο TNF-a και η ιντερλευκίνη 10 (IL-10).

Οι ερευνητές δήλωσαν πως η πρόσληψη Panax Ginseng σε δοσολογία  $\geq 200$  mg/ημέρα για  $\geq 8$  ημέρες, ίσως βελτιώνει την σωματική και ψυχολογική απόδοση.

Σε μια άλλη έρευνα (H.-F. Lin et al., 2016), αποδείχτηκε πως η μακροχρόνια χορήγηση συμπληρώματος Panax Ginseng και Salvia Miltiorrhiza, δεν βελτίωσε την αγγειακή λειτουργία και δεν είχε κανένα αποτέλεσμα στους αντιφλεγμονώδεις και στους δείκτες οξειδωτικού στρες, αλλά ίσως αυτό συνέβη λόγω μικρής δοσολογίας. Οι συγκεντρώσεις κρεατίνης, ALT, AST στο αίμα δεν άλλαξαν σημαντικά επίσης, αποδεικνύοντας πως δεν υπήρξαν παρενέργειες της πρόσληψης του συγκεκριμένου συμπληρώματος, όσον αφορά την ηπατική και νεφρική λειτουργία. Τόσο στην ομάδα που πήρε το συμπλήρωμα, όσο και στην ομάδα ελέγχου (placebo), η μέγιστη δύναμη ποδιών και η μυϊκή ποιότητα αυξήθηκαν, αποτέλεσμα που μπορεί να δικαιολογηθεί από τον συγκεκριμένο τύπο προπόνησης που ακολούθησαν οι εξεταζόμενοι, αλλά αντιθέτως, η πρόσληψη του συμπληρώματος περιόρισε την αύξηση της μυϊκής μάζας, κυρίως λόγω των αντιοξειδωτικών ουσιών που περιέχει και είναι γνωστό πλέον πως επηρεάζουν αρνητικά την προσαρμογή των προπονητικών ερεθισμάτων για την αύξηση της μυϊκής μάζας μεταγωνιστικά.

Τέλος, οι Bahrke MS, Morgan WP & Stegner A (2009), στην ανασκόπησή τους, κατέληξαν πως οι θετικές δράσεις του Ginseng όσον αφορά την πνευμονική λειτουργία, ικανότητα άσκησης και μείωση του αισθήματος κόπωσης, σημειώθηκαν κυρίως σε άτομα που υποφέρουν από αποφρακτική πνευμονοπάθεια και χαρακτηρίζονται από χαμηλά επίπεδα ικανότητας άσκησης και όχι σε υγιείς νέους αθλητές. Οι τελευταίοι είναι γνωστό πως προσλαμβάνουν Ginseng με την πεποίθηση πως θα μειωθεί η πιθανότητα λοιμώξεων και ότι θα εντατικοποιηθεί η αποκατάσταση μετά από προπόνηση υψηλής έντασης.

Παρόλα αυτά, ενώ οι αντιφλεγμονώδεις και αντι-στρεσογόνες ιδιότητες, καθώς και η βελτίωση της αθλητικής απόδοσης έχουν αποδειχθεί σε πειραματόζωα, τέτοια αποτελέσματα σπανίως παρατηρούνται σε ανθρώπους, ειδικά σε καλά σχεδιασμένες έρευνες, ενώ μερικές τέτοιες έρευνες έχουν αποδείξει μάλιστα το ακριβώς αντίθετο για την δράση του Ginseng. Επιπρόσθετα, ενώ η πρόσληψη Ginseng οδήγησε σε βελτίωση των ψυχολογικών λειτουργιών όπως η διάθεση, η συμπεριφορά, η μείωση του άγχους και του χρόνιου πόνου σε πειραματόζωα, τα αποτελέσματα αυτά δεν επαληθευτήκαν σε ανθρώπους. Η χρόνια λήψη Ginseng μπορεί να βελτιώσει την γνωστική λειτουργία σε ζώα και ανθρώπους σύμφωνα με μέχρι τώρα μελέτες, αλλά η εγκυρότητα των συγκεκριμένων ισχυρισμών σχετικά με την εφαρμογή αυτών των ευρημάτων από το εργαστηριακό

περιβάλλον στους αθλητές σε ένα αθλητικό περιβάλλον, είναι αμφισβητούμενη. Η εργογόνος δράση του Panax Ginseng είναι αμφιλεγόμενη, και πολλοί παράγοντες ευθύνονται για την θετική ή μηδαμινή επίδρασή του στην αθλητική απόδοση. Απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων.

### 2.4.3 Γλουταμίνη

Η Γλουταμίνη η οποία αποτελεί το πιο άφθονο αμινοξύ στο αίμα, συντίθεται, αποθηκεύεται και αναπληρώνεται στους μυϊκούς ιστούς. Χρησιμοποιείται εκτενώς κατά τη γλυκονογέννεση σε καταστάσεις ελάττωσης των αποθεμάτων γλυκογόνου, αλλά και επίσης από τα κύτταρα του πεπτικού, και τη μικροβιακή χλωρίδα του εντέρου για την παραγωγή ενέργειας. Η συνεισφορά της γλουταμίνης στη λειτουργία του ανοσοποιητικού αλλά και του αντιοξειδωτικού συστήματος είναι σημαντική, καθώς αποτελεί την πρόδρομη ουσία της γλουταθειόνης, του σημαντικότερου ενδογενούς αντιοξειδωτικού. Οι συγκεντρώσεις της γλουταμίνης μειώνονται σε κλινικές καταστάσεις, σε τραύμα ή και σε εκτεταμένη νηστεία. Θεωρείται πως σε τέτοιες καταστάσεις, η χορήγηση γλουταμίνης ενδέχεται να βοηθήσει στην αποκατάσταση μετά από χειρουργικές επεμβάσεις, επιτυγχάνοντας την διατήρηση της μυϊκής μάζας και επιβραδύνοντας την πρωτεϊνόλυση.

Τα επίπεδα γλουταμίνης στους αθλητές μπορούν να αυξηθούν ενδομυϊκά, όπως και η συγκέντρωσή της στο πλάσμα κατά τη διάρκεια άσκησης μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης, ενώ μειώνεται σε ασκήσεις μεγάλης έντασης και μεγάλης διάρκειας, γεγονός που συμβαίνει παράλληλα με την απότομη ελάττωση της δυναμικής του ανοσοποιητικού συστήματος, που συμβαίνει σε τέτοιες επίπονες σωματικές προσπάθειες του αθλητή.

Θεωρείται πως η χορήγηση γλουταμίνης μειώνει την πιθανότητα ασθενειών και λοιμώξεων μετά το πέρας της άσκησης, αν και η χορήγησή της δεν επέφερε σημαντικές διαφοροποιήσεις σε ανοσολογικές παραμέτρους, παρά μόνο τη μείωση της φαγοκυττάρωσης και την αυξημένη κυκλοφορία της ιντερλευκίνης 6 (IL-6).

Η γλουταμίνη έχει μελετηθεί για την πιθανότητα αυξημένης νεογλυκογέννεσης και για τη μείωση ρυθμού χρησιμοποίησης των αποθεμάτων γλυκογόνου. Μετά το πέρας της προπόνησης, είναι σημαντικό να ακολουθείται πρόσληψη υδατανθράκων για την αναπλήρωση των αποθεμάτων γλυκογόνου, και για τον λόγο αυτόν, οι Varnier et al (2014) και οι Bowtell et al (2015), υπέθεσαν πως η επιπρόσθετη πρόσληψη γλουταμίνης μεταγωνιστικά θα ενίσχυε τη γλυκογονοσύνθεση, υπόθεση που όμως τελικά δεν επιβεβαιώθηκε. Σε άλλη έρευνα (Bassini- Cameron A et al., 2008), αποδείχθηκε πως η

γλουταμίνη μείωσε τα επίπεδα αμμωνίας στο αίμα ποδοσφαιριστών μετά από προπόνηση, γεγονός που είναι σημαντικό για την καθυστέρηση του αίσθηματος κόπωσης. Έρευνες σε κυκλοεργόμετρο, οδήγησαν στο συμπέρασμα πως η γλουταμίνη δεν ενίσχυσε την απόδοση, παρά μόνο σε συνδυασμό με κρεατίνη.

Η χορήγηση γλουταμίνης δεν έχει αποδειχθεί πως αυξάνει σημαντικά την απόδοση, πως μειώνει την παραγωγή γαλακτικού οξέος, πως βοηθάει στη διατήρηση της σωστής λειτουργίας του ανοσοποιητικού συστήματος και στη μείωση του αισθήματος μυϊκού πόνου μετά το πέρας της άσκησης. Επιπρόσθετα, στην έρευνα των Candow DG et al. (2001), η χορήγηση γλουταμίνης παράλληλα με πρόγραμμα προπονήσεων ενδυνάμωσης για 6 εβδομάδες, δεν οδήγησε σε διαφοροποιήσεις στη μυϊκή δύναμη, στο μυϊκό μέγεθος ή στη μείωση της πρωτεϊνόλυσης, αν και οι ερευνητές δήλωσαν πως η έρευνα διήρκεσε μικρό χρονικό διάστημα, η προπόνηση δεν ήταν τόσο έντονη έπρεπε για την επίτευξη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων και διότι περίπου το 50% της προσλαμβανόμενης γλουταμίνης δεν προλάβει να εισέλθει στη κυκλοφορία και να μεταφερθεί στους μύες, λόγω της χρησιμοποίησης της από τα λεμφοκύτταρα, τη μικροβιακή χλωρίδα του εντέρου για παραγωγή ενέργειας, καθώς και από τα όργανα του πεπτικού (στόμαχος, σπλήνα, νεφροί, ήπαρ) για την παραγωγή μεταβολικών προϊόντων. Αντιθέτως, στην έρευνα των Favano E et al., (2008), αποδείχθηκε πως η κατανάλωση μείγματος γλουταμίνης (3,5γρ) και 50γρ μαλτοδεξτρίνης σε όγκο νερού 250 ml, αύξησε την απόδοση των ποδοσφαιριστών όσον αφορά την συνολική απόσταση που έτρεξαν σε χιλιόμετρα καθώς και την διάρκεια αντοχής, αλλά επίσης μείωσε το αίσθημα της κόπωσης σε σύγκριση με την κατανάλωση μονάχα μείγματος υδατάνθρακα.

Η εργογόνος δράση της γλουταμίνης παραμένει αμφιλεγόμενη, και ίσως μπορεί να ενισχύσει την επίδοση σε αθλήματα διαλειμματικής φύσεως.

#### **2.4.4 Συνένζυμο Q10**

Το συνένζυμο Q10 συντίθεται στον ανθρώπινο οργανισμό και αποτελεί μια λιποδιαλυτή ουσία που εμφανίζεται σε δύο μορφές, την ουβικινόνη (οξειδωμένο Q10) και την ουβικινόλη (μη-οξειδωμένη μορφή). Το συνένζυμο Q10 έχει διάφορους ρόλους στη μυϊκή κυτταρική ενεργειακή παραγωγή.

Η συγκέντρωση της συγκεκριμένης ουσίας στον μυϊκό ιστό, μπορεί να μειωθεί, απόρροια φυσιολογικών (ηλικία, διαρκής/έντονη άσκηση) και παθολογικών καταστάσεων.

Το συνένζυμο Q10 είναι πολύ σημαντικό για την ενεργειακή παραγωγή που λαμβάνει χώρα στα μιτοχόνδρια των κυττάρων, διότι αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του οξειδωτικού φωσφορυλιωτικού συστήματος, όπου λειτουργεί ως ένας σημαντικός μεταφορέας ηλεκτρονίων. Κατά την οξειδωτική φωσφορυλίωση, τα θρεπτικά συστατικά μετατρέπονται σε ATP, το ενεργειακό νόμισμα του κυττάρου. Η συμβολή του Q10 στη σύνθεση του ATP είναι σημαντική, καθώς το 96% της συνολικής αεροβίως παραγόμενη ενέργεια, απαιτεί τη συμβολή του. Οι συγκεντρώσεις του Q10 αυξομειώνονται συνεχώς, μέσω της ενδογενούς παραγωγής του, της αξιοποίησης και της εξωγενούς πρόσληψής του.

Επιπρόσθετα, το συνένζυμο Q10 είναι το πιο σημαντικό λιποδιαλυτό αντιοξειδωτικό μαζί με την βιταμίνη E, παρουσιάζοντας σημαντική προστασία των κυτταρικών μεμβρανών από τις ελεύθερες ρίζες. Το συνένζυμο Q10, στην μορφή της Ουβικινόλης, εξαντλείται πριν την βιταμίνη E μέσω της αντίδρασης με τις ελεύθερες ρίζες, μιας και αντιδρά πριν από αυτή, χρονικά. Προστατεύει την βιταμίνη E, και την ανασυνθέτει όπως και την βιταμίνη C.

Οι αθλητές χρειάζονται μεγαλύτερη ποσότητα Q10 συγκριτικά με τους μη-αθλητές, λόγω των υψηλότερων μεταβολικών απαιτήσεών τους, και έτσι τα συμπληρώματα Q10 ίσως τους βοηθήσει αυξάνοντας την συγκέντρωσή του στο πλάσμα αλλά και ενδοκυτταρική. Οι ακριβείς και δραστικές δόσεις όμως, παραμένουν μέχρι σήμερα άγνωστες. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει πως συγκεντρώσεις Q10 πλάσματος  $\geq 2.5 \text{ mg/L}$  σε αθλητές, οδήγησαν σε αύξηση της αθλητικής απόδοσης (Geiß KR et al., 2004). Παρά την ενδογενή σύνθεσή του, φαίνεται πως η συγκέντρωσή του μειώνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της προπόνησης, και έχει αποδειχθεί πως τα προπονημένα άτομα έχουν χαμηλότερα επίπεδα Q10 πλάσματος από μη-προπονημένα (Wyss V et al., 1990), ενώ η σκληρή προπόνηση μειώνει επίσης τα επίπεδα πλάσματος (Littarru GP, 1991).

Φυσιολογικά, η προπόνηση μπορεί να αυξήσει τον αριθμό των μιτοχονδρίων στην καρδιά και τους μυς. Τα μιτοχόνδρια είναι πλούσια σε συνένζυμο Q10, και έτσι η προπόνηση μπορεί να αυξήσει το περιεχόμενου της συγκεκριμένης ουσίας στους μυϊκούς ιστούς (Beyer RE, Beyer RE, 1991). Η προπόνηση επίσης αυξάνει τη βιοσύνθεση του Q10 και έτσι υπάρχει μεγαλύτερη απαίτηση για τα συστατικά που χρειάζονται για την σύνθεσή του.

Από την άλλη, τα μιτοχόνδρια δεν φτάνουν συνήθως το σημείο κορεσμού σε Q10 (Lenaz G, 1991). Υπάρχει ωστόσο η δυνατότητα αύξησης του μιτοχονδριακού περιεχομένου σε Q10 μέσω της συμπληρωματικής εξωγενούς χορήγησης, με στόχο την καλύτερη οξυγόνωση των μυών, την αύξηση του χρόνου άσκησης, την αύξηση του παραγόμενου ATP

και συνολικά την επίτευξη θετικής εργογόνου δράσης. Οι κλινικές έρευνες σε αθλητές έχουν αποδείξει θετικές δράσεις σε δοσολογίες  $\geq 300\text{mg}$  Q10 ή σε τιμές πλάσματος  $\geq 3,3$  mg/ml. Με την Ουβικινόλη μπορεί να επιτευχθούν υψηλότερα επίπεδα Q10 πλάσματος σε μικρότερη δοσολογία, σε σύγκριση με την Ουβικινόνη.

Ξεκινώντας με την πιθανή εργογόνο δράση έπειτα από χορήγηση Q10, τα αποτελέσματα του μεγαλύτερου μέρους των ερευνών δεν έχουν καταλήξει σε θετικές δράσεις του Q10 στην αθλητική απόδοση, ενώ λίγες έρευνες έχουν δώσει στο φως ορισμένα θετικά δεδομένα.

Στην έρευνά τους, οι Alf D, Schmidt ME, Siebrecht SC (2013), οδηγήθηκαν στην διαπίστωση πως η μακροχρόνια χορήγηση Ουβικινόλης για 6 βδομάδες, σε δοσολογία 300mg την ημέρα σε Γερμανούς αθλητές Ολυμπιακών αγώνων, οδήγησε σε αύξηση της μέγιστης παραγωγής ενέργειας κατά 0,08 W/κιλό σωματικούς βάρους (+2,5%) σε σύγκριση με την ομάδα placebo. Η αύξηση αυτή μπορεί να φαίνεται μικρή, αλλά δύναται να προκαλεί σημαντική διαφορά στην απόδοση και τα αποτελέσματα των ελίτ αθλητών. Στην έρευνα των Cooke M et al. (2008), η χορήγηση 100mg ταχέως υδρολυόμενου Q10 για 14 ημέρες, οδήγησε στην αύξηση του χρόνου άσκησης, στην αύξηση των ενδομυϊκών συγκεντρώσεων Q10 (αν και όχι σε σημαντικό επίπεδο), και τέλος μείωσε τον δείκτη οξειδωτικού στρες SOD κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της άσκησης, χωρίς όμως κάποια βελτίωση στην αερόβια ή αναερόβια αθλητική επίδοση. Η παρατηρούμενη επιμήκυνση της αθλητικής απόδοσης από άποψη χρονική, ίσως να έλαβε χώρα μέσω του συνδυασμού της βελτιωμένης οξειδωτικής φωσφορυλίωσης εντός των μιτοχονδρίων ή/και βελτιωμένης αντιοξειδωτικής λειτουργίας. Τέλος, στην έρευνα των Mizuno K et al. (2008), η πρόσληψη 300mg Q10 για μια εβδομάδα βελτίωσε την αθλητική επίδοση σε κυκλοεργόμετρο, όσον αφορά την υποκειμενική αίσθηση κοπώσεως, η οποία οδήγησε σε μείωση της απόδοσης στην ομάδα placebo σε σύγκριση με την ομάδα που έλαβε Q10.

Η σημαντικότερη αποδεδειγμένη δράση του Q10 κείται στην αντιοξειδωτική του δράση και έτσι, στην μείωση του αυξημένου οξειδωτικού στρες που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της προπόνησης. Οι Kon M et al. (2008), χορήγησαν 300mg Q10 για 20 μέρες σε ελίτ αθλητές του Ιαπωνικού kendo, και παρατήρησαν πως οι συγκεντρώσεις της μυογλοβίνης (Mb) και της κρεατίνης κινάσης (CK), που αποτελούν δείκτες μυϊκού τραυματισμού που συχνά είναι αυξημένες σε αθλητές λόγω της προπόνησης, ήταν μειωμένες σε σχέση με την ομάδα placebo, και επίσης οι συγκεντρώσεις Q10



πλάσματος αυξήθηκαν σημαντικά και παρέμειναν αυξημένες μετά από δύο βδομάδες χορήγησης, σε αντίθεση με την ομάδα placebo.

Σημαντικά επίσης ήταν τα ερευνητικά δεδομένα που εξάχθηκαν από την έρευνα των Zheng A και Moritani T (2007), όπου αναφέρθηκε αυξημένη οξειδωση λιπών μέσω της παρατηρούμενης εντεταμένης λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος, υγιής φοιτητές κατά τη διάρκεια άσκησης χαμηλής έντασης, ως αποτέλεσμα οξείας χορήγησης 30mg Q10. Τα αποτελέσματα αυτά, μπορεί να εξηγούνται βάσει της καλύτερης οξυγόνωσης των μυών καθώς και βάσει της βελτιωμένης αξιοποίησης του οξυγόνου στους περιφερικούς ιστούς, οδηγώντας έτσι στην αυξημένη οξειδωση των λιπών.

#### **2.4.5 Ροδιόλα Ροσέα**

Το ροδιόλα ροσέα είναι ένα φυτό (ρίζα) που βρίσκεται σε υψηλές τοποθεσίες στην Αρκτική και σε ορεινές περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας. Έχει χρησιμοποιηθεί ως φάρμακο στη κυρίως στη Ρωσία (Πρώην Σοβιετική Ένωση) και τη Σκανδιναβία, έναντι μιας πληθώρας καταστάσεων που συμπεριλαμβάνουν την κατάθλιψη λόγω στρες, άγχος, κόπωση, αναιμία, γενική αδυναμία, λοιμώξεις, καρκίνο, κεφαλαλγία και διαταραχές του νευρικού συστήματος. Επίσης θεωρείται ως τονωτικό και διεγερτικό που χρησιμοποιείται για να αυξήσει την φυσική αντοχή, την παραγωγικότητα, την αντίσταση στο στρες, να βελτιώσει την προσοχή, μνήμη, καθώς και την αντίσταση την υποφοβία. Μικρές δόσεις αυξάνουν την εγκεφαλική δράση διάμεσο των νευροδιαβιβαστών αδρεναλίνη, ντοπαμίνη, σεροτονίνη και ακετυλοχολίνη (Hung SK, Perry R & Ernst E, 2011).

Το ροδιόλα ροσέα θεωρείται εργογόνο λόγω της διέγερσης του ΚΝΣ αλλά και λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης του έναντι των καταβολικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το τέλος της άσκησης, όπως για παράδειγμα η αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών οξυγόνου, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε φλαβονοειδή και φαινόλες, αλλά και λόγω της υπόθεσης πως αποτρέπει την γρήγορη μείωση του μιτοχονδριακού ATP (Abidov et al., 2003). Τα αποτελέσματα ωστόσο δεν είναι συναφή και αποτελούν αντικείμενο αμφιλογίας.

Για τις ανάγκες της έρευνας τους, οι Jowko E et al. (2016), χορήγησαν 600mg ροδιόλα ροσέα για 4 βδομάδες σε υγιής άνδρες φοιτητές με στόχο την αξιολόγηση των πιθανών θετικών επιδράσεων στην πνευματική και σωματική επίδοση, καθώς και στην επίδραση της ουσίας στους δείκτες οξειδωτικού στρες. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η μακροχρόνια χορήγηση ροδιόλα ροσέα δεν είχε κάποια επίδραση την

σωματική απόδοση, αλλά δύναται να βελτιώσει κάποιες παραμέτρους που έχουν να κάνουν με την πνευματική επίδοση όπως ο χρόνος αντίδρασης (reaction time), αν και όπως δήλωσαν, η επίδραση αυτή δεν μπορεί να δικαιολογηθεί από κάποια αλλαγή στην απελευθέρωση κορτιζόλης ή σε δράση του αντιοξειδωτικού συστήματος. Αναφορικά με την αντιοξειδωτική δράση, η ομάδα των Parisi A et al. (2010), απέδειξε πως η πρόσληψη 170mg ροδιόλα ροσέα την ημέρα για 4 βδομάδες, μείωσε τα επίπεδα του γαλακτικού οξέως μεταγωνιστικά καθώς και τα επίπεδα της CK που αποτελεί δείκτη μυϊκού καταβολισμού, αποδεικνύοντας έτσι πως η συγκεκριμένη ουσία μπορεί να έχει σημαντική αντικαταβολική δράση. Οι Noreen EE et al. (2013), συμπέραναν πως η οξεία χορήγηση 3mg/κιλό σωματικού βάρους σε υγιείς ερασιτέχνες γυναίκες αθλητές, 1 ώρα πριν την άσκηση σε κυκλοεργόμετρο (απόσταση περίπου 9,5 χιλιόμετρα), οδήγησε σε μειωμένο αίσθημα κόπωσης (μείωση αντίληψης της προσπάθειας) και συνεπακόλουθα αυξημένη σωματική επίδοση, πιθανώς μέσω της αυξημένης παραγωγής ενδογενών οπιοειδών όπως η σεροτονίνη και η ντοπαμίνη που αυξάνουν την αντίσταση στη κόπωση και είναι γνωστό πως τούτη η αυξημένη παραγωγή παρατηρείται έπειτα την πρόσληψη ροδιόλα ροσέα, γεγονός που ίσως επιβεβαιώνεται από την μειωμένη μέση καρδιακή συχνότητα που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της εξάλεπτης προθέρμανσης, διότι είναι γνωστό πως τα ενδογενή οπιοειδή μειώνουν την δράση των αδρενεργικών διεγερτικών στα καρδιακά κύτταρα in vivo, αν και όπως δήλωσαν, δεν γνωρίζουν εάν η χρόνια χορήγηση θα είχε παρόμοια αποτελέσματα και επίσης, εάν η επίδραση αυτή θα ήταν εξίσου εμφανής σε επαγγελματίες ή πιο προπονημένα άτομα. Τέλος, οι Walker TB et al. (2007), απέτυχαν να εντοπίσουν κάποια θετική επίδραση έπειτα από τη χορήγηση 1500mg ροδιόλα ροσέα για 4 μέρες, σε 14 άνδρες αθλητές που ασχολούνται με προπόνηση αντιστάσεων.

Οι ανασκοπήσεις των Panossian A, Wikmana G & Sarris J (2010), (Hung SK, Perry R & Ernst E, 2011), καθώς και των Walker TB, Robergs RA (2006), έπειτα από εκτενή μελέτη των υφισταμένων διαθέσιμων ερευνητικών δεδομένων, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η χορήγηση ροδιόλα ροσέα δυναμικά ενισχύει την πνευματική απόδοση, μέσω της μείωσης των αρνητικών καταστάσεων που προκαλούνται κατά κύριο λόγο από το στρες, χωρίς όμως να μπορέσουν ομόφωνα να καταλήξουν στο ίδιο συμπέρασμα για πιθανή βελτίωση στη σωματική απόδοση. Περαιτέρω έρευνες απαιτούνται για την σαφή εξακρίβωση εάν το ροδιόλα ροσέα έχει εργογόνο ή όχι δράση.

#### 2.4.6 Βιταμίνες και Μέταλλα

Η άσκηση μπορεί να προκαλεί μυϊκές βιοχημικές αλλαγές και προσαρμογές που αυξάνουν τις απαιτήσεις για μικροθρεπτικά συστατικά. Αθλητές οι οποίοι ακολουθούν ειδικές δίαιτες (π.χ. κετογενική) ή αποκλείουν συγκεκριμένα τρόφιμα ή ομάδες τροφίμων από το διαιτολόγιό τους, ίσως να επωφεληθούν από τη συμπληρωματική χορήγηση μικροθρεπτικών, για αποφυγή πιθανής ανεπάρκειας. Μικροθρεπτική ανεπάρκεια σε αθλητές, συμβαίνει συνήθως στις περιπτώσεις ασβεστίου, βιταμίνης D, σιδήρου και ορισμένων αντιοξειδωτικών, και η χορήγηση μεμονωμένων μικροθρεπτικών είναι συνήθως απαραίτητο μόνο σε ιατρικώς ενδεδειγμένες καταστάσεις (π.χ. σιδηροπενική αναιμία).

**Σίδηρος:** Η ανεπάρκεια σιδήρου, με ή χωρίς την ύπαρξη σιδηροπενικής αναιμίας, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την σωματική μυϊκή απόδοση και μειωμένες σωματικές προσαρμογές, απόρροια των προπονητικών ερεθισμάτων. Αθλητές που ασχολούνται με αθλήματα υψηλής έντασης, μπορεί να παρουσιάσουν αυξημένες απώλειες σιδήρου μέσω του ιδρώτα, των μεταβολικών πεπτικών αποβαλλόμενων παραπροϊόντων και μέσω της ενδοαρτηριακής αιμόλυσης. Οι απαιτήσεις σε σίδηρο για γυναίκες αθλήτριες πρέπει να είναι υψηλότερες από τις μέσες εκτιμώμενες τιμές (EAR) σε ποσοστό 70%. Αθλητές οι οποίοι βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο, όπως για παράδειγμα οι δρομείς, οι χορτοφάγοι ή/και οι συχνοί δωρητές αίματος, πρέπει να ελέγχονται συχνά και να στοχεύουν μια πρόσληψη σιδήρου μεγαλύτερη από τη τιμή RDA (>18mg για γυναίκες και >8mg για άντρες). Αθλητές με σιδηροπενική αναιμία θα πρέπει να ελέγχονται συχνότερα και να ακολουθούν από στόματος χορήγηση σιδήρου και να βελτιώσουν την διατροφή τους.

Παρόλα αυτά, η λήψη συμπληρωμάτων σιδήρου αμέσως μετά το τέλος εντατικής προπόνησης αντικρούεται, διότι υπάρχει η περίπτωση υψηλά επίπεδα επιδίνης να επηρεάζουν αρνητικά την απορρόφηση του σιδήρου. Οι αθλητές οι οποίοι ανησυχούν για τα αποθέματα σιδήρου τους, οφείλουν να ενημερωθούν νωρίς και να φροντίσουν να ακολουθήσουν μια διατροφή με υψηλή πρόσληψη σιδήρου, κυρίως μέσω τροφίμων πλούσιων σε αιμικό σίδηρο όπως το κρέας, σε συνδυασμό με τρόφιμα ή άλλα μικροθρεπτικά που αυξάνουν την απορρόφηση του, όπως η βιταμίνη C, διότι η πλήρης αναστροφή της σιδηροπενικής αναιμίας απαιτεί 3-6 μήνες. Αν και υπάρχουν κάποιες αποδείξεις πως τα συμπληρώματα σιδήρου μπορούν να παρουσιάσουν βελτίωση στην απόδοση σε αθλητές που δεν πάσχουν από σιδηροπενική αναιμία, οι αθλητές πρέπει να γνωρίζουν πως η καθημερινή και χωρίς λόγο λήψη του συγκεκριμένου συμπληρώματος δεν θεωρείται εγγυόνοος εάν δεν υφίσταται ανεπάρκεια και ίσως να προκαλέσει και ανεπιθύμητες γαστρο-

οισοφαγικές διαταραχές. Τέλος, ορισμένοι αθλητές ίσως βιώσουν μια αιφνίδια μείωση στα επίπεδα αιμογλοβίνης κατά την έναρξη της προπόνησης, λόγω την αιμοδιάλυσης που είναι γνωστή ως αναιμία του αθλητή και ίσως δεν ανταποκριθεί στην επικείμενη διατροφική παρέμβαση. Οι αλλαγές αυτές φαίνεται πως είναι επιθυμητές προσαρμογές στην αερόβια άσκηση και δεν επηρεάζουν την απόδοση.

**Βιταμίνη D:** Η βιταμίνη D ρυθμίζει την απορρόφηση και τον μεταβολισμό ασβεστίου και φωσφόρου. Υπάρχουν επίσης αποδείξεις πως η βιταμίνη D έχει βιοχημικό ρόλο στους σκελετικούς μύες, μεσολαβώντας στην μυϊκή μεταβολική λειτουργία και στην υποστήριξη της αθλητικής απόδοσης. Αρκετές έρευνες έχουν τεκμηριώσει την σχέση της βιταμίνης D στην αποφυγή τραυματισμών, αποκατάσταση, βελτιωμένη νευρομυϊκή λειτουργία, αυξημένο μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II, μειωμένη φλεγμονή, μειωμένος κίνδυνος καταγμάτων και μειωμένος κίνδυνος οξείας πνευμονικής νόσου. Αθλητές οι οποίοι ζούνε σε γεωγραφικό πλάτος  $>35^{\text{ου}}$  παράλληλου ή που προπονούνται και αγωνίζονται σε εσωτερικούς χώρους, είναι πιθανόν να βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο για την εμφάνιση ανεπάρκειας βιταμίνης D. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε κίνδυνο ανεπάρκειας είναι το μαύρο χρώμα δέρματος, το υψηλό ποσοστό σωματικού λίπος, προπόνηση σε πολύ πρωινές και απογευματινές ώρες, όταν τα επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας είναι χαμηλά κ.α. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η συμπληρωματική χορήγηση ενδείκνυται διότι η διατροφική πρόσληψη από μόνη της, δεν είναι αρκετή για την πρόσληψη βιταμίνης D άνωθεν των τιμών RDA. Προς το παρόν οι τιμές βιταμίνης D αίματος από 32ng/mL έως 50ng/mL, έχουν θεσπιστεί με στόχο τη μέγιστη προπονητική προσαρμογή, αλλά τα μέχρι πρότινος δεδομένα δεν έχουν αποδείξει κάποια εργογόνο δράση της βιταμίνης αυτής σε καταστάσεις που δεν χαρακτηρίζονται από ανεπάρκεια.

**Ασβέστιο:** Το ασβέστιο είναι πολύ σημαντικό για την ανάπτυξη, την διατήρηση και την επανόρθωση του οστίτη ιστού, την ρύθμιση της μυϊκής σύσπασης, την ρύθμιση της νευρικής αγωγιμότητας και την φυσιολογική πήξη του αίματος. Ο κίνδυνος της μειωμένης οστικής πυκνότητας και των καταγμάτων αυξάνεται σε καταστάσεις μειωμένης ενεργειακής πρόσληψης και ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των αθλητριών, ο συνδυασμός διαταραχών εμμήνου ρύσεως και μειωμένης πρόσληψης ασβεστίου, οδηγούν στο σύνδρομο της αθλητικής τριάδας, με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία και την σωματική επίδοση τους.

Η χαμηλή πρόσληψη ασβεστίου, σε καταστάσεις που δεν υπάρχει δυσαπορρόφηση ή εντερική απώλεια, είναι συνήθως αποτέλεσμα περιορισμένης ενεργειακής πρόσληψης, διαταραγμένης διατροφής ή/και αποφυγής γαλακτοκομικών προϊόντων ή προϊόντων

πλούσιων σε ασβέστιο. Η χορήγηση ασβεστίου πρέπει να λαμβάνει χώρα έπειτα από εκτενής αξιολόγηση πρόσληψης.

Τιμές προσλήψεις ασβεστίου 1500mg/ημέρα και 1500-2000mg/μέρα βιταμίνης D (για καλύτερη απορρόφηση του ασβεστίου), είναι απαραίτητες για την βελτιστοποίηση της υγείας των οστών σε αθλητές/αθλήτριες με τα προαναφερθέντα στοιχεία.

Εν κατακλείδι, η πρόσληψη συμπληρωμάτων βιταμινών και μετάλλων δεν βελτιώνει την απόδοση, εκτός εάν υπάρχει η ανάγκη για αντιστροφή προηγηθείσας ανεπάρκειας. Η έρευνα για την πιθανή εργογόνο δράση των μικροθρεπτικών είναι διφορούμενη και μάλιστα με ανίσχυρες αποδείξεις (AND, DC, and ACSM, 2016).

## **2.5 Λοιπά εργογόνα βοηθήματα**

### **2.5.1 Νιτρικό οξείδιο**

Το νιτρικό οξείδιο ή οξείδιο του αζώτου (NO) είναι ένα μόριο σηματοδότησης που μπορεί να τροποποιήσει τη λειτουργία των σκελετικών μυών μέσω του ρόλου του στη ρύθμιση της ροής του αίματος, της συσταλτικότητας, της ομοιόστασης της γλυκόζης, του ασβεστίου, και της μιτοχονδριακής αναπνοής.

Μέχρι πρόσφατα, θεωρήθηκε ότι το NO δημιουργείται αποκλειστικά μέσω της οξειδωσης του αμινοξέος L-αργινίνης σε μια αντίδραση που καταλύεται από την NO συνθάση (NOS) και ότι τα νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) και τα νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) είναι παραπροϊόντα αυτής της διαδικασίας. Ωστόσο, είναι πλέον σαφές ότι αυτοί οι μεταβολίτες μπορούν να ανακυκλωθούν ξανά σε NO υπό ορισμένες φυσιολογικές συνθήκες. Η μείωση του NO<sub>3</sub><sup>-</sup> προς NO<sub>2</sub><sup>-</sup> και ακολούθως του NO<sub>2</sub><sup>-</sup> στο NO μπορεί να είναι σημαντική ως μέσο αύξησης της παραγωγής NO όταν η σύνθεση NO από τα αρμόδια ένζυμα έχει εξασθενήσει και σε συνθήκες χαμηλής διαθεσιμότητας οξυγόνου, όπως συμβαίνει στον σκελετικό μυ κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Εκτός από το γεγονός ότι δημιουργούνται μέσω της L-αργινίνης, οι συγκεντρώσεις NO<sub>3</sub><sup>-</sup> και NO<sub>2</sub><sup>-</sup> των ιστών μπορούν να αυξηθούν με διαιτητικά μέσα. Τα λαχανικά αντιπροσωπεύουν το 60-80% της ημερήσιας πρόσληψης NO<sub>3</sub><sup>-</sup> σε μια δυτική διατροφή με πράσινα φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι, το σπανάκι και το παντζάρι. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι η χαρακτηριστική αύξηση του NO<sub>2</sub><sup>-</sup> πλάσματος μετά από πόσιμο NO<sub>3</sub><sup>-</sup> καταργείται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση αντιβακτηριακού στοματικού διαλύματος, υποδεικνύοντας ότι η μείωση του NO<sub>3</sub><sup>-</sup> σε NO<sub>2</sub><sup>-</sup> στους ανθρώπους εξαρτάται σε μεγάλο

βαθμό από το στοματικό βακτηριακό ένζυμο νιτρική αναγωγή. Το τελικό βήμα στην οδό NO<sub>3</sub>- NO<sub>2</sub>- NO είναι η μείωση ενός ηλεκτρονίου του NO<sub>2</sub>- καταλήγοντας σε NO.

Αυτή η αντίδραση ενισχύεται σε υποξικά και όξινα περιβάλλοντα όπως αυτά που μπορεί να υπάρχουν στους σκελετικούς μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η ύπαρξη εναλλακτικής οδού παραγωγής NO είναι σημαντική καθώς προωθεί σύνθεση NO, υπό συνθήκες που διαφορετικά θα περιορίζαν την παραγωγή NO από NOS, εξασφαλίζοντας ότι η σύνθεση NO μπορεί να συμβεί σε ένα ευρύ φάσμα συγκεντρώσεων κυτταρικού οξυγόνου. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ωστόσο, ότι το NO<sub>2</sub>- μπορεί να προκαλέσει τα ίδια φυσιολογικά αποτελέσματα ανεξάρτητα από τη μείωση του σε NO.

Η επίδραση των συμπληρωμάτων νιτρικού στις φυσιολογικές αντιδράσεις κατά την άσκηση και στην αθλητική απόδοση είναι ένας νέος και ταχέως εξελισσόμενος τομέας μελέτης στην αθλητική διατροφή. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η λήψη νιτρικού, υπό την προϋπόθεση ότι η δόση και η διάρκεια είναι κατάλληλες, μπορεί να έχει φυσιολογικές επιδράσεις που μπορεί να ωφελήσουν υπό ορισμένες προϋποθέσεις - οι οποίες μπορεί να σχετίζονται με τον τύπο, τη διάρκεια, την ένταση της άσκησης και το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται (Jones, 2014).

Η κύρια παροχή νιτρικού και νιτρώδους προέρχεται από τη διατροφή μας και η ημερήσια πρόσληψη θα πρέπει να παραμένει κατά μέσο όρο 3,7mg νιτρικού/kg σωματικού βάρους και 0,07mg νιτρώδους/kg σωματικού βάρους. Η περίσσεια νιτρώδους έχει συσχετιστεί με καρκινογένεση στα νεφρικά κύτταρα. Συνεπώς, οι αθλητές θα πρέπει να αποφεύγουν να παίρνουν περίσσεια νιτρικών αλάτων σε τακτά χρονικά διαστήματα, καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι η χρόνια πρόσληψή τους (με δίαιτα ή με συμπληρώματα) δεν παρουσιάζει κινδύνους. Σε σύγκριση με την υποτιθέμενη εργογόνο δράση του νιτρικού, δεν υπάρχουν συστηματικά και πειστικά αποδεικτικά στοιχεία οφέλους κατά τη διάρκεια φυσικής δραστηριότητας σε υγιή άτομα, και ιδιαίτερα σε καλά προπονημένους αθλητές (Poortmans, 2015).

### **2.5.2 Εφεδρίνη**

Η εφεδρίνη αρχικά χρησιμοποιήθηκε σαν συμπαθομιμητικό (παρόμοια δράση με την αδρεναλίνη) ενώ η ιατρική της χρήση αγνοήθηκε για αρκετά χρόνια, ώσπου έγινε μια ενδοφλέβια ένεση σε ένα αναισθητοποιημένο σκυλί. Παρατηρήθηκε αύξηση στην αρτηριακή πίεση, στους καρδιακούς παλμούς και συστολή των νεφρικών αιμοφόρων

αγγείων. Ακολούθησαν εκτενείς έρευνες πάνω στην συγκεκριμένη ουσία και βρέθηκε ότι η εφεδρίνη έχει παρόμοια αλλά πιο ασθενή δράση από την αδρεναλίνη, ωστόσο έχει μεγαλύτερη διάρκεια δράσης.

Σε αντίθεση με την αδρεναλίνη, η εφεδρίνη δρα και όταν χορηγείται δια στόματος και ενδοφλέβια. Οι θεραπευτικές χρήσεις που διερευνήθηκαν για την εφεδρίνη περιλάμβαναν άσθμα, αλλεργική ρινίτιδα, βρογχίτιδα και εμφύσημα, κοκκύτη (για ανακούφιση του βήχα και κοκκίνισμα), νωτιαία αναισθησία, υπόταση, σοκ, ρινική συμφόρηση, μυδρίαση, κνίδωση, δυσμηνόρροια και ως αντίδοτο για ναρκωτικά. Ως ισχυρό διεγερτικό του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ), η εφεδρίνη χρησιμοποιήθηκε για τη θεραπεία της υπερβολικής πρόσληψης μορφίνης ή βαρβιτουρικού, της ναρκοληψίας και της καταληψίας. Οι θεραπευτικές καρδιαγγειακές του χρήσεις ήταν πολυάριθμες. Χορηγήθηκε με ένεση για την ενίσχυση της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια της ραχιαίας αναισθησίας και από το στόμα για τις χρόνιες υποτασικές καταστάσεις και την ορθοστατική υπόταση (Scheindlin, 2003).

Πλέον η εφεδρίνη χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε διατροφικά συμπληρώματα. Το 59% λαμβάνει συμπλήρωμα που περιέχει εφεδρίνη για απώλεια βάρους, το 16% για βελτίωση της αθλητικής απόδοσης και το 6% για αυξημένη ενέργεια. Η συσχέτιση της λήψης εφεδρίνης με την απώλεια βάρους στηρίζεται στην απελευθέρωση κατεχολαμινών και στην αύξηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού, (Keisler, 2005). Έχει παρατηρηθεί σε μελέτη του 2003 απώλεια βάρους 0,6-0,8 kg ανά μήνα σε σύγκριση με άτομα που λάμβαναν placebo. Η απώλεια αυτή αυξήθηκε στα 1 kg ανά μήνα σε συνδυασμό με καφεΐνη. Όμως, η αύξηση στην απώλεια βάρους παρατηρήθηκε σε διάστημα 6 μηνών, πράγμα που δεν αποδίδει δεδομένα ως προς την μακροχρόνια απώλεια βάρους (Shekelle, 2003).

Η δεύτερη κύρια αιτία για την χρήση συμπληρωμάτων που περιέχουν εφεδρίνη είναι η πεποίθηση ότι μπορεί να ενισχύσει την αθλητική απόδοση. Μια έρευνα που έγινε έδειξε ότι η ψευδοεφεδρίνη (προέρχεται από το ίδιο φυτό και έχει παρόμοια δράση) αύξησε την δύναμη στην έκταση του γονάτου (Congeni, 2002). Μια δεύτερη έρευνα έδειξε ότι η εφεδρίνη σε συνδυασμό με την καφεΐνη αύξησε την μυϊκή αντοχή αλλά μόνο στις 3 πρώτες επαναλήψεις (Shekelle, 2003). Ωστόσο, καμία έρευνα δεν έχει αποδείξει μέχρι στιγμής ότι η εφεδρίνη βελτιώνει την δύναμη, την πρόσληψη οξυγόνου ή καθυστερεί την εμφάνιση κόπωσης.

Τέλος, οι παρενέργειες της εφεδρίνης ποικίλλουν, με κυρίαρχες τις καρδιαγγειακές επιπλοκές όπως έμφραγμα του μυοκαρδίου, καρδιακή υπερτροφία, νέκρωση μυοκαρδίου

και καρδιακή αρρυθμία (Keisler, 2005). Έχουν καταγραφεί δύο περιπτώσεις εμφράγματος του μυοκαρδίου σε νεαρούς αθλητές έπειτα από την χρήση εφεδρίνης. Άλλες παρενέργειες της εφεδρίνης περιλαμβάνουν εγκεφαλική αιμορραγία και επιληπτικές κρίσεις (Krome, 2003), παρενέργειες στην θερμορύθμιση (Phillips, 2004) και ψυχωτικά επεισόδια.

Συμπερασματικά, η εφεδρίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις με ιδιαίτερη προσοχή, κυρίως σε ασθένειες του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος. Ωστόσο, τα επιστημονικά δεδομένα έχουν δείξει ότι η χρήση σκευασμάτων εφεδρίνης για μείωση βάρους και ενίσχυση αθλητικής απόδοσης, όχι μόνο δεν είναι αποτελεσματική αλλά κρύβει σημαντικούς κινδύνους για την υγεία (Keisler, 2005).

### **2.5.3 Beta Vulgaris**

Το παντζάρι (*Beta vulgaris*), είναι φυτό της οικογένειας Αμαρανθοειδή. Πρόκειται για μονοετές ή διετές φυτό του οποίου η ρίζα είναι εδώδιμη. Το παντζάρι διαχρονικά παρουσιάζει ευρεία χρήση στην μαγειρική, καθώς είναι εδώδιμο ωμή αλλά και μαγειρεμένη μορφή. Η θρεπτική του αξία είναι σημαντική καθώς είναι πλούσιο σε υδατάνθρακες, νιτρικά άλατα, μαγνήσιο, σίδηρο, κάλιο, νάτριο, βιταμίνη C και φυτοθρεπτικά συστατικά, όπως η βετανίνη και η βουλγαξανθίνη. Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για το παντζάρι ανάμεσα στον αθλητικό πληθυσμό, καθώς από τις έρευνες που έχουν γίνει για αυτό, φαίνεται πως προσφέρει σημαντική εργογόνο δράση.

Το παντζάρι χρησιμοποιείται ως εργογόνο κυρίως λόγω του υψηλού περιεχομένου του σε  $\text{NO}_3$ , μια ουσία που βρίσκεται φυσικά σε πολλά λαχανικά και επεξεργασμένα κρέατα (σαν συντηρητικό). Μετά την πρόσληψή του, το  $\text{NO}_3$  μετατρέπεται σε  $\text{NO}_2$  από αναερόβια βακτήρια στην στοματική κοιλότητα, μέσω της δράσης ειδικών ενζύμων και τέλος μετατρέπεται σε νιτρικό οξείδιο ( $\text{NO}$ ) στο στομάχι. Το νιτρικό οξείδιο έχει σημαντικές αιμοδυναμικές και μεταβολικές λειτουργίες, μιας και αποτελεί αγγειοδιασταλτικό παράγοντα, αυξάνοντας την αιματική και συνεπώς την οξυγονική ροή στους μύες. Επίσης, βελτιώνει την μιτοχονδριακή αποδοτικότητα, τη μυϊκή συστολή και χαλάρωση αλλά και την είσοδο της γλυκόζης στα μυϊκά κύτταρα. Τέλος, το  $\text{NO}$  μπορεί να δράσει ως ανοσορυθμιστής και να διεγείρει την παραγωγή γονιδίων και των μιτοχονδριακή βιογένεση.

Στην πρόσφατη ανασκόπηση των Dominguez R et al. (2017), μετά από την εκτενή αναζήτηση και μελέτη 23 μελετών για την επίδραση του παντζαριού (ως χυμό) σε αθλητές, η χορήγησή του σε φυσιολογικές συνθήκες περιβάλλοντος οδήγησε σε μείωση της  $\text{VO}_2$  σε εντάσεις 60-100%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , αυξάνοντας την εξοικονόμηση ενέργειας κατά την άσκηση, όπως



και σε αθλητές καγιακ, ενώ σε κολυμβητές παρατηρήθηκε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Η χορήγηση μιας οξείας δόσης χυμού από παντζάρι φαίνεται πως είναι περισσότερο δραστική σε αθλήματα έντασης, παρά σε αθλήματα αντοχής, στα οποία εργογόνος δράση, παρουσιάζεται έπειτα από μακροχρόνια λήψη 6-15 ημερών. Η διαφορά αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το τις βελτιώσεις στο αναερόβιο κατώφλι που συμβαίνουν από αύξηση του αριθμού των μιτοχονδρίων που έχει παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια μακροχρόνιας λήψης χυμού από παντζάρι σε συνδυασμό με τις προσαρμογές που λαμβάνουν χώρα από την προπόνηση. Επίσης, η κατανάλωση χυμού παντζαριού για μεγάλο διάστημα, μπορεί να ενισχύει την μιτοχονδριακή αναπνοή και την οξειδωτική φωσφορυλίωση. Το παντζάρι θα μπορούσε να ενισχύσει την απόδοση σε αερόβια αθλήματα ακόμα και σε περιβάλλον υποξίας όπως η προπόνηση σε υψηλό υψόμετρο, μέσω της καλύτερης οξυγόνωσης των μυών. Η εργογόνος δράση του χυμού από παντζάρι μπορεί επίσης να αποδοθεί και σε παραμέτρους όπως η ηλικία, η διαίτα, η προπονητική και φυσιολογική κατάσταση, στην ένταση, φύση και διάρκεια της άσκησης αλλά και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η υψηλότερη συγκέντρωση  $\text{NO}_2$  στο αίμα παρουσιάζεται 2-3 ώρες μετά τη χορήγηση, και η εργογόνος δράση του χυμού από παντζάρι παρατηρείται 150 λεπτά μετά την πρόσληψη. Οι αθλητές αντοχής πρέπει να λαμβάνουν το βοήθημα αυτό, 90 λεπτά πριν την άσκηση. Στοματικά αντιμικροβιακά διαλύματα δεν πρέπει να καταναλώνονται μαζί με τον χυμό, διότι μπορούν να αποτρέψουν την μετατροπή του  $\text{NO}_3$  σε  $\text{NO}_2$ . Η δοσολογία που απαιτείται είναι 6-8mmol/L αλλά είναι πιθανόν οι ελίτ αθλητές που ασχολούνται με αθλήματα που κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούν τα άνω άκρα και άνω μέρη του κορμού, να χρειάζονται υψηλότερες δόσεις της τάξης των 9-10 mmol/L.

### 3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα έχουν αδιαμφισβήτητα αποτελέσει αντικείμενο εκτενούς μελέτης και ενδιαφέροντος τα τελευταία 20 χρόνια και ο κύριος λόγος είναι η ολοένα και μεγαλύτερη επιδίωξη της μεγιστοποίησης της αθλητικής αποδόσεως. Η συνεχής και αυξανόμενη επιδίωξη του επάθλου και της αθλητικής πρωτιάς ως αυτοσκοπός, αντικατοπτρίζει μια όψη του αθλητισμού η οποία αποκλίνει πολλές φορές από τις αρχές του ευ αγωνίζεσθαι και για αυτήν ευθύνονται η έντονη βιομηχανοποίηση του αθλητισμού και το μάρκετινγκ. Λόγω της αυξημένης ζήτησης και με σαφή στόχο την αύξηση του κέρδους, οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο των διατροφικών συμπληρωμάτων και διατροφικών εργογόνων βοηθημάτων, προωθούν στην αγορά σκευάσματα που είτε δεν έχουν αποδεδειγμένη εργογόνο δράση, είτε δεν έχουν καμία εργογόνο δράση, στηριζόμενοι στην ελλιπή πληροφόρηση αλλά και παραπληροφόρηση που υπάρχει στον αθλητικό χώρο.

Ανακεφαλαιώνοντας, τα διατροφικά εργογόνα βοηθήματα που έχουν αποδεδειγμένη εργογόνο δράση είναι:

Υδατάνθρακες, διότι αποτελούν το κύριο ενεργειακό καύσιμο για την λειτουργία του οργανισμού και η πρόσληψή τους μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί μέσω της διατροφής με στόχο την αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου, με στόχο την αύξηση της απόδοσης, σε αθλήματα τόσο αερόβιας, όσο και αναερόβιας φύσεως.

Κρεατίνη, διότι αυξάνει και αναπληρώνει ταχύτερα τα ενδομυϊκά αποθέματα ATP του οργανισμού, που φυσιολογικώς είναι περιορισμένα, επιμηκύνοντας την διάρκεια και αντοχή σε αναερόβιες συνθήκες καθώς και ενισχύοντας την δράση του ανοσοποιητικού συστήματος.

L-Καρνιτίνη, λόγω της δράσης της στο βιοχημικό μονοπάτι της β-οξειδωσης, που ενισχύει την χρησιμοποίηση του λίπους για τη παραγωγή ενέργειας, εξοικονομώντας γλυκογόνο, καθιστώντας την L-Καρνιτίνη ως μια σημαντική ουσία για αθλητές αερόβιων αγωνισμάτων, ιδιαίτερα όταν καταναλώνεται μαζί με υδατάνθρακες.

Διττανθρακική Σόδα, κυρίως λόγω της αντίστασης στη μείωση του pH που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της μέτριας προς υψηλής εντάσης άσκησης λόγω αυξημένης εμφάνισης υδρογονοκατιόντων (H<sup>+</sup>) στο αίμα. Η χορήγηση διττανθρακικής σόδας έχει ως αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου εμφάνισης μυϊκού καμάτου στον αθλητή.

Καφεΐνη, λόγω της διέγερσης του ΚΝΣ και των ποικίλων θετικών για την αθλητική έκβαση μεταβολών που προκαλεί στον αθλητή (εγρήγορση, μείωση χρόνου αντίδρασης

κ.α.), αλλά και της απευθείας δράσης της στους ασκούμενους μύες, καθιστώντας την χρήσιμη σε αθλήματα ακρίβειας (π.χ. σκοποβολή) αλλά και σε αθλήματα μέτριας προς υψηλής έντασης.

Beta vulgaris και Νιτρικό (NO<sup>-</sup>-3), διότι σηματοδοτεί την αύξηση της αιματικής ροής και της αγγειοσύσπασης, οδηγώντας έτσι στην καλύτερη οξυγόνωση των μυών και επιμηκύνοντας την εμφάνιση κοπώσεως.

Αναφορικά με τις ουσίες που δύναται να βελτιώσουν κυρίως τη σύσταση σώματος, αυτές είναι οι πρωτεΐνες-αμινοξέα, το CLA αλλά μόνο σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα, το HMB, το συνένζυμο Q10 καθώς και η α-GPC, ωστόσο η δυνατότητα μονάχα της διαφοροποίησης της σύστασης σώματος δεν αρκεί για να χαρακτηρισθούν ως εργογόνες.

Τέλος, οι ουσίες που μπορούν να βοηθήσουν στην ταχύτερη αποκατάσταση, είναι οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες-αμινοξέα, η κρεατίνη, η L-Καρνιτίνη και η γλουταμίνη. Αναφορικά με τις αντιοξειδωτικές ουσίες και τις βιταμίνες-μέταλλα, αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν εργογόνες διότι οι πρώτες έχουν κύρια δράση στην μείωση του οξειδωτικού στρες που λαμβάνει χώρα μετά το τέλος της άσκησης και οι δεύτερες έχουν θετική δράση μονάχα σε υφισταμένη ανεπάρκεια βοηθώντας στην καλύτερη ευρωστία του αθλητή, χωρίς ωστόσο να οδηγούν σε καλύτερες επιδόσεις σχετικά με βελτίωση χρόνου κλπ.

Προσθέτως, σε αυτό το σημείο θα ήταν απαραίτητο να αναφέρουμε τον ρόλο της διατροφής στην άσκηση και στο κατά πόσο αυτή δύναται να καλύψει τις ανάγκες του αθλητή. Η διατροφή ενός αθλητή πρέπει να του πληροί τις αυξημένες ενεργειακές του ανάγκες και φυσικά να του προσφέρει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά (τιμές RDA), με σαφή στόχο την ευρωστία του αθλητή και την αποφυγή ανεπάρκειας σε θρεπτικά συστατικά, ιδίως σε αυτά που προαναφέρθηκαν στην ενότητα «Βιταμίνες-Μέταλλα». Η διατροφή ενός αθλητή μπορεί να πληροί αυτές τις ανάγκες εάν είναι προσεγμένα σχεδιασμένη και εφόσον υπάρχει ποικιλία τροφίμων στο διαιτολόγιο. Σε περιπτώσεις που ο αθλητής αποκόπτει ορισμένες ομάδες τροφίμων από το διαιτολόγιό του λόγω θρησκευτικών/πολιτισμικών πεποιθήσεων, λόγω δυσανεξίας ή προσωπικής επιλογής (π.χ. φυτοφαγία), τότε κρίνεται απαραίτητη η πρόσληψη διατροφικών συμπληρωμάτων, των οποίων την ακριβή σύσταση και δοσολογία πρέπει να ορίσει ο διαιτολόγος.

Όσον αφορά τα εργογόνα βοηθήματα που αναφέραμε στο κεφάλαιο 2, αυτά κρίνονται απαραίτητα μονάχα σε περιπτώσεις που ο αθλητής επιθυμεί τον πρωταθλητισμό και την μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων του, μιας και τα εργογόνα βοηθήματα δημιουργήθηκαν για αυτό ακριβώς το λόγο. Είναι σαφώς δύσκολο (από άποψη συγκέντρωσης σε φυσικά

τρόφιμα) και σε κάποιες περιπτώσεις δαπανηρό, για έναν αθλητή να προσλάβει όλες τις απαραίτητες ποσότητες ουσιών, για την επίτευξη του αγωνιστικού πλεονεκτήματος το οποίο επιζητεί και για αυτό το λόγο τα εργογόνα βοηθήματα, ιδιαίτερα στη μορφή σκόνης, έχουν εμπορική επιτυχία, διότι οι εταιρείες κατάφεραν να απομονώσουν και να πετύχουν μεγάλες συγκεντρώσεις των επιθυμητών ουσιών, σε μικρές φαινομενικά ποσότητες (π.χ. πρωτεΐνες-αμινοξέα), καθιστώντας έτσι τα προϊόντα τους ως ελκυστικά στον αθλητή-καταναλωτή.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να επισημάνουμε τον σημαντικό ρόλο του διαιτολόγου στο σχεδιασμό και την διατροφική καθοδήγηση του αθλητή. Ο διαιτολόγος αρχικά, οφείλει να συνδυάζει γνώσεις επιστήμης της διατροφής, κλινικής διατροφής και φυσιολογίας της άσκησης, σε επαρκές βαθμό, έτσι ώστε να γνωρίζει σφαιρικά την επίδραση της άσκησης στο σώμα και τον οργανισμό του αθλητή. Ο διαιτολόγος είναι αυτός ο οποίος θα οδηγήσει τον αθλητή στην βέλτιστη πρόσληψη ενέργειας, θρεπτικών συστατικών και υγρών για την υποστήριξη και ενίσχυση της επίδοσής τους, με γνώμονα το καθημερινό αλλά και αγωνιστικό πρόγραμμα του αθλητή, με στόχο την επίτευξη των αγωνιστικών στόχων του αθλητή, πάντα σε συνδυασμό με τον προπονητή του αθλητή. Επιπλέον, ο διαιτολόγος οφείλει να ενημερώνεται συνεχώς για όλα τα νέα στο έδαφος της αθλητικής διατροφής, μέσω σεμιναρίων, μέσω του διαδικτύου και μέσω εγγραφής σε επιστημονικά περιοδικά. Επιπρόσθετα, πρέπει να γνωρίζει τα πάντα για την χορήγηση συμπληρωμάτων διατροφής, όσον αφορά την ισχύουσα νομοθεσία, την ασφάλεια αλλά και την αποτελεσματικότητά τους.

Τη δεδομένη χρονική στιγμή στην χώρα μας το έργο του ελέγχου των συμπληρωμάτων διατροφής και των εργογόνων βοηθημάτων αναλαμβάνει ο Ε.Ο.Φ., ωστόσο μεγάλος αριθμός σκευασμάτων και ουσιών κυκλοφορούν στην αγορά (φυσική και διαδικτυακή) και καταναλώνονται από αθλητές χωρίς να είναι εγκεκριμένα σχετικά με την ασφάλεια, τη ποιότητα και την αποτελεσματικότητά τους. Σε κάθε περίπτωση, τα αρμόδια άτομα που θα πρέπει να προτείνουν την αγορά καθώς και την σωστή χρήση των ουσιών αυτών, είναι οι διαιτολόγοι, διότι γνωρίζουν τις ξεχωριστές ατομικές ανάγκες του κάθε αθλητή αλλά και τις δράσεις τους σε βιοχημικό και όχι μόνο επίπεδο στον οργανισμό του αθλητή, και η αγορά τους θα πρέπει να γίνεται από φαρμακεία ή αδειοδοτημένα καταστήματα που ασχολούνται με την διακίνηση τέτοιων σκευασμάτων, τα οποία σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να είναι εγκεκριμένα από τον Ε.Ο.Φ. Ο διαιτολόγος ως επαγγελματίας υγείας, είναι αυτός ο οποίος έχει αν μη τι άλλο την ηθική υποχρέωση να σέβεται και να ενδιαφέρεται για την ευρωστία του πελάτη/καταναλωτή/αθλητή, προσπαθώντας σε κάθε

περίπτωση να προλάβει βλαβερές συνέπειες στην υγεία τους, αλλά και στην πρόληψη πιθανούς εξαπάτησής του από τις διάφορες εταιρείες παραγωγής και διακίνησης τέτοιων ουσιών. Οι έρευνες στο τομέα των εργογόνων βοηθημάτων θα πρέπει να συνεχίζονται αέναα, μιας και το ενδιαφέρον και οι ανάγκες των αθλητών ολοένα και αυξάνονται αλλά επίσης τα αμφιλεγόμενα εργογόνα βοηθήματα θα πρέπει να επανεξετάζονται διαρκώς.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abel T, Knechtle B, Perret C, Eser P, Von Arx P, Knecht H (2005) 'Influence of chronic supplementation of arginine aspartate in endurance athletes on performance and substrate metabolism.' *International journal of sports medicine*; 26(05):344-349
- Abidov M, Crendal F, Grachev S, Seifulla R, Ziegenfuss T (2003) 'Effect of extracts from *Rhodiola rosea* and *Rhodiola crenulata* (Crassulaceae) roots on ATP content in mitochondria of skeletal muscles.' *Bulletin of experimental biology and medicine*; 136(6):585-587
- Ackerman J, Clifford T, McNaughton LR, Bentley DJ (2014) "The effect of an acute antioxidant supplementation compared with placebo on performance and hormonal response during a high volume resistance training session.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; 11(1):10
- Ahrendt DM (2001) 'Ergogenic aids: counseling the athlete.' *Am Fam Physician.*; 63(5):913-22
- Albert FJ, Morente-Sánchez J, Ortega FB, Castillo MJ, Gutiérrez Á (2015) 'Usefulness of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (hmb) supplementation in different sports: an update and practical implications.' *Nutrition Hospitalaria*; 32(1):20-33
- Alf D, Schmidt ME, Siebrecht SC (2013) 'Ubiquinol supplementation enhances peak power production in trained athletes: a double-blind, placebo controlled study.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; 10(1):24
- Al-Kuraishy HM, Ali TL (2016) 'Panax ginseng and Ergogenic Profile: Randomized, Placebo Controlled Study' *British Journal of Medicine & Medical Research*; 17(5): 1-7
- Alvares TS, Meirelles CM, Bhambhani YN, Paschoalin VM, Gomes PS (2011) 'L-Arginine as a Potential Ergogenic Aid in Healthy Subjects.' *Sports Medicine*; 41(3);233-248
- Apostu M (2014) 'The Effect of Ergogenic Substances Over Sports Performance' *Procedia - Social and Behavioral Sciences*; 117:329 – 334
- Applegate E (1999) 'Effective nutritional ergogenic aids.' *Int J Sport Nutr.*; 9(2):229-39
- Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J, Lancha AH Jr (2010) 'Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance.' *Med Sci Sports Exerc*; 42(6):1162-1173

- Assi HN, Bottoms L (2014) 'The effects of caffeine on rugby passing accuracy while performing the Reactive Agility Test.' *Science & Sports*; 29(5):275-281
- Bahrke MS, Morgan WP, Stegner A (2009) 'Is ginseng an ergogenic aid?' *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*; 19(3):298-322
- Bassini-Cameron A, Monteiro A, Gomes A, Werneck-de-Castro JPS, Cameron L (2008) 'Glutamine protects against increases in blood ammonia in football players in an exercise intensity-dependent way.' *British journal of sports medicine*; 42(4):260-266
- Bazzucchi I, Felici F, Sacchetti M (2009) 'Effect of short-term creatine supplementation on neuromuscular function.' *Medicine and Science in Sports & Exercise*; 41(10):1934-1941
- Bellar D, LeBlanc NR, Campbell B (2015) 'The effect of 6 days of alpha glycerylphosphorylcholine on isometric strength.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; 12(1):42
- Berglund B (1992) 'High-altitude training. Aspects of haematological adaptation.' *Sports Med*; 14(5):289-303
- Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E (1967) 'Diet, muscle glycogen and physical performance.' *Acta Physiol Scand*; 71: 140–50
- Bernstein A, Safirstein J, Rosen JE (2003) 'Athletic ergogenic aids.' *Bull Hosp Jt Dis.*; 61(3-4):164-71
- Beyer RE, Beyer RE. In: Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q. Volume 6. Folkers K, Yamagami T, Littarru GP, editor. Amsterdam: Elsevier; 1991. The role of coenzyme Q in endurance training-acquired resistance to free radical damage; pp. 501–512
- Bhandarkar AP, Bhandarkar AK, Kulkarni SS, Bhat R, Pai Vishal K, Pai Mithum G (2015) 'Ergogenic aids: boon or bane to mankind?' *Int Res J Pharm*; 6: 281–287
- Blancquaert L, Everaert I, Derave W (2015) 'Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance.' *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*; 18(1):63-70
- Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O (2000) 'Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans.' *The Journal of nutrition*; 130(12):2943-2948

- Branch JD (2003) 'Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis.' *Int J Sport Nutr Exerc Metab*; 13(2):198-226
- Brass EP (2000) 'Supplemental carnitine and exercise.' *Am J Clin Nutr.*; 72(2 Suppl):618S-23S
- Burke DG, Candow DG, Chilibeck PD, MacNeil LG, Roy BD, Tarnopolsky MA, Ziegenfuss T (2008) 'Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults.' *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*;18(4):389-98
- Camic CL, Housh TJ, Zuniga JM, Hendrix RC, Mielke M, Johnson GO, Schmidt RJ (2010) 'Effects of arginine-based supplements on the physical working capacity at the fatigue threshold.' *The Journal of Strength & Conditioning Research*; 24(5):1306-1312
- Campbell B, Roberts M, Kerksick C, Wilborn C, Marcello B, Taylor L, Nassar E, Leutholtz B, Bowden R, Rasmussen C, Greenwood M, Kreider R (2006) 'Pharmacokinetics, safety, and effects on exercise performance of L-arginine alpha-ketoglutarate in trained adult men.' *Nutrition.*; 22(9):872-81
- Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, Taylor L, Nelson MT, Greenwood M, Ziegenfuss TN, Lopez HL, Hoffman JR, Stout JR, Schmitz S, Collins R, Kalman DS, Antonio J, Kreider RB (2013) 'International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks.' *J Int Soc Sports Nutr.*; 10(1):1
- Campbell NA, Williamson B, Heyden RJ (2006) *Biology: exploring life*. Boston, Mass, *Pearson/Prentice Hall*
- Candow DG, Chilibeck PD, Burke DG, Davison SK, Smith-Palmer T (2001) 'Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults.' *European journal of applied physiology*; 86(2):142-149
- Chen CK, Muhamad AS, Ooi FK (2012) 'Herbs in exercise and sports.' *J Physiol Anthropol.*; 31:4
- Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP (2016) 'New strategies in sport nutrition to increase exercise performance' *Free Radical Biology and Medicine*; 98:144–158
- Congeni J, Miller S (2002) "Supplements and drugs used to enhance athletic performance." *Pediatric Clinics of North America*; 49(2):435-461



- Cooke M, Iosia M, Buford T, Shelmadine B, Hudson G, Kerksick C, Rasmussen C, Greenwood M, Leutholtz B, Willoughby D, Kreider R (2008) 'Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals.' *J Int Soc Sports Nutr.*;5:8
- Cooke MB, Rybalka E, Williams AD, Cribb PJ, Hayes A (2009) 'Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 6(1):13
- Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. (2012) 'Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update' *J Int Soc Sports Nutr.*; 9(1):33
- De Andrade Kratz C, de Salles Painelli V, de Andrade Nemezio KM, da Silva RP., Franchini E, Zagatto AM, Gualano B, Artioli GG (2017) 'Beta-alanine supplementation enhances judo-related performance in highly-trained athletes.' *Journal of science and medicine in sport*; 20(4):403-408
- Deminice R, Rosa FT, Franco GS, Jordao AA, de Freitas EC (2013) 'Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans.' *Nutrition.*; 29(9):1127-32
- Devlin JT, Williams C (1991) 'Final consensus statement: foods, nutrition and sports performance.' *Journal of Sports Sciences*; 9(suppl.), iii
- Dishman RK (1980) 'Overview of Ergogenic Properties of Hypnosis.' *Journal of Physical Education and Recreation*; 51(2):52-54
- Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MC, Herreros PV, Garnacho-Castaño MV (2017) 'Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review' *Nutrients.*; 9(1)
- Durand-Bush N, Salmela JH (2002) 'The Development and Maintenance of Expert Athletic Performance: Perceptions of World and Olympic Champions.' *Journal of Applied Sport Psychology*; 14:154-171
- Durkalec-Michalski K, Jeszka J (2015) 'The efficacy of a  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation on physical capacity, body composition and biochemical

- markers in elite rowers: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; 12:31
- Ellender L, Linder MM (2005) 'Sports pharmacology and ergogenic aids.' *Prim Care.*; 32(1):277-92
- Favano A, Santos-Silva PR, Nakano EY, Pedrinelli A, Hernandez AJ, Greve JMD (2008) 'Peptide glutamine supplementation for tolerance of intermittent exercise in soccer players.' *Clinics*; 63(1):27-32
- Gaullier JM, Halse J, Høye K, Kristiansen K, Fagertun H, Vik H, Gudmundsen O (2004) 'Conjugated linoleic acid supplementation for 1 y reduces body fat mass in healthy overweight humans.' *The American journal of clinical nutrition*; 79(6):1118-1125
- Geiß KR, Hamm M, Littarru GP, Folkers K, Enzmann FH. In: Energie und Schutz Coenzym Q10 Fakten und Perspektiven in der Biologie und Medizin. Littarru GP (ed) Rome, Italy: *Litografica Iride*; 2004. Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Ausdauerathleten mit Hilfen von Q10 Monopräparat; pp. 84–86
- Gould D, Dieffenbach K, Moffett A (2002) 'Psychological Characteristics and Their Development in Olympic Champions.' *Journal of Applied Sport Psychology*; 14:172-204
- Ha YL, Jeong SB (2010) 'Effects of conjugated linoleic acid on body fat reduction and physical exercise enhancement of obese male middle school students.' *Journal of Life Science*; 20(12): 1844-1850
- Helms ER, Aragon AA, Fitschen PJ (2014) 'Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; 11(1):20
- Hickner RC, Dyck DJ, Sklar J, Hatley H, Byrd P (2010) 'Effect of 28 days of creatine ingestion on muscle metabolism and performance of a simulated cycling road race.' *J Int Soc Sports Nutr.*; 7:26
- Hung SK, Perry R, Ernst E (2011) 'The effectiveness and efficacy of *Rhodiola rosea* L.: a systematic review of randomized clinical trials.' *Phytomedicine*; 18(4):235-244
- Jenkins ND, Buckner SL, Baker RB, Bergstrom HC, Cochrane KC, Weir JP, Housh TJ, Cramer JT (2014) 'Effects of 6 weeks of aerobic exercise combined with conjugated linoleic acid on the physical working capacity at fatigue threshold.' *J Strength Cond Res.*;28(8):2127-35

- Jones AM (2014) 'Dietary nitrate supplementation and exercise performance.' *Sports medicine*; 44(1):35-45
- Jones AM (2014) 'Influence of dietary nitrate on the physiological determinants of exercise performance: a critical review.' *Appl Physiol Nutr Metab.*; 39(9):1019-28
- Jówko E, Sacharuk J, Balasińska B, Ostaszewski P, Charmas M, Charmas R (2011) 'Green tea extract supplementation gives protection against exercise-induced oxidative damage in healthy men.' *Nutrition research*; 31(11):813-21
- Jówko E, Sadowski J, Długołęcka B, Gierczuk D, Opaszowski B, Cieśliński I (2016) 'Effects of Rhodiola rosea supplementation on mental performance, physical capacity, and oxidative stress biomarkers in healthy men.' *Journal of Sport and Health Science*
- Juhn M (2003) 'Popular sports supplements and ergogenic aids.', *Sports Med.*;33(12):921-39
- Kanaley JA (2008) 'Growth hormone, arginine and exercise.' *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*; 11(1):50-54
- Karageorghis CI, Priest DL (2012) 'Music in the exercise domain: a review and synthesis' *Int Rev Sport Exerc Psychol.*;5(1):44-66
- Karageorghis CI, Terry PC, Lane AM, Bishop DT, Priest DL (2011) 'British Association of Sport and Exercise Sciences expert statement on the use of music in exercise.' *The Sport and Exercise Scientist.*; 28:18–19
- Karlic H, Lohninger A (2004) 'Supplementation of l-carnitine in athletes: does it make sense?' *Nutrition*; 20(7-8):709-715
- Kawamura T, Okubo T, Sato K, Fujita S, Goto K, Hamaoka T, Iemitsu M (2012) 'Glycerophosphocholine enhances growth hormone secretion and fat oxidation in young adults.' *Nutrition*; 28(11):1122-1126
- Keisler BD, Hosey RG (2005) 'Ergogenic aids: an update on ephedra.' *Current sports medicine reports*; 4(4):231-235
- Kelly J, Fulford J, Vanhatalo A, Blackwell JR, French O, Bailey SJ, Gilchrist M, Winyard PG, Jones AM (2013) 'Effects of short-term dietary nitrate supplementation on blood pressure, O<sub>2</sub> uptake kinetics, and muscle and cognitive function in older adults.' *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.*; 304(2):73-83
- Kon M, Tanabe K, Akimoto T, Kimura F, Tanimura Y, Shimizu K, Okamoto T, Kono I (2008) 'Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q10.' *Br J Nutr.* ;100(4):903-9

- Kraemer WJ, Volek JS, French DN, Rubin MR, Sharman MJ, Gómez AL, Ratamess NA, Newton RU, Jemiolo B, Craig BW, Häkkinen K (2003) 'The effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on hormonal responses to resistance exercise and recovery.' *J Strength Cond Res.*;17(3):455-62
- Kreider RB, Ferreira MP, Greenwood M, Wilson M, Almada AL (2002) 'Effects of conjugated linoleic acid supplementation during resistance training on body composition, bone density, strength, and selected hematological markers.' *The Journal of Strength & Conditioning Research*; 16(3):325-334
- Krome CN, Tucker AM (2003) 'Cardiac arrhythmia in a professional football player: Was ephedrine to blame?' *The Physician and sports medicine*; 31(12), 21-29
- Lenaz G. In: Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q. Volume 6. Folkers K, Yamagami T, Littarru GP, editor. Amsterdam: *Elsevier*; 1991. Coenzyme Q saturation kinetics of mitochondrial enzymes: theory, experimental aspects and biomedical implications; pp. 11–18
- Lin HF, Chou CC, Chao HH, Tanaka H (2016) 'Panax ginseng and Salvia miltiorrhiza supplementation during eccentric resistance training in middle-aged and older adults: A double-blind randomized control trial.' *Complement Ther Med.*; 29:158-163
- Littarru GP (1995) 'Energy and defense: facts and perspectives on coenzyme Q10' *Biology and medicine.*; :14–24
- Liu TH, Wu CL, Chiang CW, Lo YW, Tseng HF, Chang CK (2009) 'No effect of short-term arginine supplementation on nitric oxide production, metabolism and performance in intermittent exercise in athletes.' *The Journal of nutritional biochemistry*; 20(6):462-468
- Lowery LM, Appicelli PA, Lemon PWR (1998) 'Conjugated linoleic acid enhances muscle size and strength gains in novice bodybuilders.' *Med Sci Sports Exerc.*; 30:182
- Macaluso F, Morici G, Catanese P, Ardizzone NM, Marino Gammazza A, Bonsignore G, Lo Giudice G, Stampone T, Barone R, Farina F, Di Felice V (2012) 'Effect of conjugated linoleic acid on testosterone levels in vitro and in vivo after an acute bout of resistance exercise.' *J Strength Cond Res.*;26(6):1667-74
- Macnaughton LS, Wardle SL, Witard OC, McGlory C, Hamilton DL, Jeromson S, Lawrence CE, Wallis GA, Tipton KD (2016) 'The response of muscle protein synthesis

- following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein.’ *Physiol Rep.*; 4(15)
- Mahoney MJ, Avener M (1977) ‘Psychology of the elite athlete: an exploratory study.’ *Cognitive Therapy and Research*; 1:135–141
- Marcus LR (2016) ‘Evaluation of the Effects of Alpha Glyceryl Phosphoryl Choline and Caffeine on Strength, Explosive Ability, Cognition and Growth Hormone Levels’ Ph.D. thesis. Lafayette: University of Louisiana
- Marriott M, Krstrup P, Mohr M (2015) ‘Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise.’ *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; 12(1):13
- Maughan RJ (1999) ‘Nutritional ergogenic aids and exercise performance.’, *Nutr Res Rev.*; 12(2):255-80
- McConnell GK, Huynh NN, Lee-Young RS, Canny BJ, Wadley GD (2006) ‘L-Arginine infusion increases glucose clearance during prolonged exercise in humans.’ *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*; 290(1): E60-E66
- McLellan TM, Caldwell JA, Lieberman HR (2016) ‘A review of caffeine’s effects on cognitive, physical and occupational performance.’ *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; 71:294-312
- Miller P, Robinson AL, Sparks SA, Bridge CA, Bentley DJ, McNaughton LR (2016) ‘The effects of novel ingestion of sodium bicarbonate on repeated sprint ability.’ *The Journal of Strength & Conditioning Research*; 30(2):561-568
- Mizuno K, Tanaka M, Nozaki S, Mizuma H, Ataka S, Tahara T, Sugino T, Shirai T, Kajimoto Y, Kuratsune H, Kajimoto O, Watanabe Y (2008) ‘Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue.’ *Nutrition.*;24(4):293-9
- Mora-Rodríguez R, Pallarés JG, López-Gullón JM, López-Samanes Á, Fernández-Elías VE, Ortega JF (2015) ‘Improvements on neuromuscular performance with caffeine ingestion depend on the time-of-day.’ *Journal of science and medicine in sport*; 18(3):338-342
- Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E (2012) ‘Whole beetroot consumption acutely improves running performance.’ *J Acad Nutr Diet.*; 112(4):548-52

- Noland RC, Koves TR, Seiler SE, Lum H, Lust RM, Ilkayeva O, Stevens RD, Hegardt FG, Muoio DM (2009) 'Carnitine Insufficiency Caused by Aging and Overnutrition Compromises Mitochondrial Performance and Metabolic Control' *J Biol Chem.*; 284(34): 22840–22852
- Noreen EE, Buckley JG, Lewis SL, Brandauer J, Stuempfle KJ (2013) 'The effects of an acute dose of Rhodiola rosea on endurance exercise performance.' *The Journal of Strength & Conditioning Research*; 27(3):839-847
- Panossian A, Wikman G, Sarris J (2010) 'Rosenroot (Rhodiola rosea): traditional use, chemical composition, pharmacology and clinical efficacy.' *Phytomedicine*; 17(7):481-493
- Pappa E, Kennedy E (2012) 'It was my thought - he made it a reality': Normalization and responsibility in athletes' accounts of performance enhancing drug use.' *International Review for the Sociology of Sport*; 48(2):1-18
- Parisi A, Tranchita E., Duranti G, Ciminelli E, Quaranta F, Ceci R, Cerulli C, Borrione P, Sabatini S (2010) 'Effects of chronic Rhodiola Rosea supplementation on sport performance and antioxidant capacity in trained male: preliminary results.' *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*; 50(1):57
- Parolin ML, Spriet LL, Hultman E, Hollidge-Horvat MG, Jones NL, Heigenhauser GJ (2000) 'Regulation of glycogen phosphorylase and PDH during exercise in human skeletal muscle during hypoxia.' *Am J Physiol Endocrinol Metab.*; 278(3): E522-34
- Peart DJ, Kirk RJ, Hillman AR, Madden LA, Siegler JC, Vince RV (2013) 'The physiological stress response to high-intensity sprint exercise following the ingestion of sodium bicarbonate.' *European journal of applied physiology*; 113(1):127-134
- Percário S, Domingues SP, Teixeira LF, Vieira JL, de Vasconcelos F, Ciarrocchi DM, Almeida ED, Conte M (2012) 'Effects of creatine supplementation on oxidative stress profile of athletes.' *J Int Soc Sports Nutr.*; 9(1):56
- Petróczi A, Aidman E (2008) 'Psychological drivers in doping: the life-cycle model of performance enhancement.' *Subst Abuse Treat Prev Policy.*; 3:7
- Phillips GC (2004) "Medicolegal issues and ergogenic aids: trade, tragedy, and public safety, the example of Ephedra and the Dietary Supplement Health and Education Act." *Current sports medicine reports*; 3(4):224-228

- Pinkoski C, Chilibeck PD, Candow DG, Esliger D, Ewaschuk JB, Facci M, Farthing JP, Zello GA (2006) 'The effects of conjugated linoleic acid supplementation during resistance training.' *Medicine & Science in Sports & Exercise*; 38(2):339-348
- Polito MD, Souza DB, Casonatto J, Farinatti P (2016) 'Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis' *Science & Sports*; 31(3):119-128
- Poortmans JR, Gualano B, Carpentier A (2015) 'Nitrate supplementation and human exercise performance: too much of a good thing?' *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*;18(6):599-604
- Portal S, Zadik Z, Rabinowitz J, Pilz-Burstein R, Adler-Portal D, Meckel Y, Cooper DM, Eliakim A, Nemet D (2011) 'The effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal and inflammatory mediators in elite adolescent volleyball players: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled study.', *European Journal of Applied Physiology*; 111(9):2261-9
- Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine (2016) Nutrition and Athletic Performance. *Can J Diet Pract Res.*; 77(1):54
- Quesnele JJ, Laframboise MA, Wong JJ, Kim P, Wells GD (2014) 'The Effects of Beta-Alanine Supplementation on Performance: A Systematic Review of the Literature' *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*; 24(1):14-27
- Rahimi R (2011) 'Creatine supplementation decreases oxidative DNA damage and lipid peroxidation induced by a single bout of resistance exercise.' *J Strength Cond Res.*; 25(12):3448-55
- Rawson ES, Volek JS. (2003) 'Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance.' *J Strength Cond Res*; 17(4):822-31
- Robergs RA (2010) 'Introduction to Ergogenic Aids', University of Western Sidney
- Saremi A, Gharakhanloo R, Sharghi S, Gharaati MR, Larijani B, Omidfar K (2010) 'Effects of oral creatine and resistance training on serum myostatin and GASP-1.' *Mol Cell Endocrinol.*; 317(1-2):25-30
- Scheindlin S (2003) 'Ephedra: once a boon, now a bane.' *Molecular interventions*; 3(7):358

- Sedman A, Vessby B (1999) 'Metabolic Effect of CLA Supplementation on Human Subjects—A Brief Report.' *Clinical nutrition research*, Uppsala University
- Sestili P, Martinelli C, Colombo E, Barbieri E, Potenza L, Sartini S, Fimognari C (2011) 'Creatine as an antioxidant.' *Amino Acids*;40(5):1385-96
- Shekelle PG, Hardy ML, Morton SC, Maglione M, Mojica WA, Suttorp MJ, Rhodes SL, Jungvig L, Gagné J (2003) 'Efficacy and Safety of Ephedra and Ephedrine for Weight Loss and Athletic Performance a Meta-analysis.' *JAMA*; 289(12):1537–1545
- Sherman WM, Costill DL, Fink WJ, Miller JM (1981) 'Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance.' *Int J Sports Med.*; 2(2):114-8
- Silver MD (2001) 'Use of ergogenic aids by athletes.' *J Am Acad Orthop Surg*; 9(1):61-70
- Spector SA, Jackman MR, Sabounjian LA, Sakas C, Landers DM, Willis VVT (1995) 'Effect of choline supplementation on fatigue in trained cyclists.' *Journal of Medical Science and Sports Exercise*; 27(5):669–673
- Sung DJ, Kimb S, Kimc J, And HS, So WY (2016) 'Role of l-carnitine in sports performance: Focus on ergogenic aid and antioxidant' *Science & Sports*; 31(4):177–188
- Tajmanesh M, Aryaeian N, Hosseini M, Mazaheri R, Kordi R (2015) 'Conjugated linoleic acid supplementation has no impact on aerobic capacity of healthy young men.' *Lipids*; 50(8): 805-809
- Tallis J, Muhammad B, Islam M, Duncan MJ (2016) 'Placebo effects of caffeine on maximal voluntary concentric force of the knee flexors & extensors.' *Muscle & Nerve*; 54(3): 479-486
- Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM (2009) 'Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men.' *Journal of applied physiology*; 107(3):987-992
- Tobias G, Benatti FB, Painelli V, Roschel H, Gualano B, Sale C, Harris RC, Lancha AH Jr., Artioli GG (2013) 'Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance' *Amino Acids*; 45(2):309–317



- Tsao JP, Liao SF, Korivi M, Hou CW, Kuo CH, Wang HF, Cheng IS (2014) ‘Oral conjugated linoleic acid supplementation enhanced glycogen resynthesis in exercised human skeletal muscle. *J Sports Sci.*; 33(9):915-23
- Volek JS, Kraemer WJ, Rubin MR, Gómez AL, Ratamess NA, Gaynor P (2002) ‘L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress.’ *Am J Physiol Endocrinol Metab.*; 282(2): E474-82
- Walker TB, Altobelli SA, Caprihan A, Robergs RA (2007) ‘Failure of Rhodiola rosea to alter skeletal muscle phosphate kinetics in trained men.’ *Metabolism*; 56(8):1111-1117
- Walker TB, Robergs RA (2006) ‘Does Rhodiola rosea possess ergogenic properties?’ *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*; 16(3):305-315
- Wall BT, Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Kanagaraj M, Macdonald IA, Greenhaff PL (2011) ‘Chronic oral ingestion of L-carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans.’ *Journal of Physiology*; 589(4):963-973 ref.40
- Warber JP, Patton JF, Tharion WJ, Zeisel SH, Mello RP, Kemnitz CP, Lieberman HR (2000) ‘The effects of choline supplementation on physical performance.’ *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*; 10(2):170
- Wiefferink CH, Detmar SB, Coumans B, Vogels T, Paulussen TG (2008) ‘Social psychological determinants of the use of performance-enhancing drugs by gym users.’ *Health Education Research*; 23: 70-80
- Wylie LJ, Mohr M, Krstrup P, Jackman SR, Ermidis G, Kelly J, Black MI, Bailey SJ, Vanhatalo A, Jones AM (2013) ‘Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance.’ *Eur J Appl Physiol.*; 113(7):1673-84
- Wyss V, Lubich T, Ganzit GP, Cesaretti D, Fiorella PL, Dei Rocini C, Bargossi AM, Battistoni R, Lippi A, Grossi G. In: Highlights in ubiquinone research: proceedings of the international symposium, May 18–22, 1989. Lenaz G, Rabbi O, Battino M (ed.) London: *Taylor & Francis*; 1990. Remarks on prolonged ubiquinone administration in physical exercise; pp. 303–306
- Zheng A, Moritani T (2008) ‘Influence of CoQ10 on autonomic nervous activity and energy metabolism during exercise in healthy subjects.’ *Journal of nutritional science and vitaminology*; 54(4):286-290

Ziegenfuss T, Landis J, Hofheins J (2008) 'Acute supplementation with alpha-glycerolphosphorylcholine augments growth hormone response to, and peak force production during, resistance exercise.' *Journal of the International Society of Sports Nutrition*: 5: P15.