



ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ, ΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ
ΑΣΚΗΣΗ»**

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ: ΚΑΝΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΑΜ:16035

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ: ΚΑΝΕΛΛΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΑΘΗΝΑ, 2023



DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

Thesis:

<<ERGOGENIC AIDS,AMINO ACIDS,AND THEIR ROLE IN EXERCISE>>

Student Name : KANNAS CHRISTOS

Registration Number: 16035

Supervisor: KANELLOU ANASTASIA

ATHENS, 2023

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΚΛΟΠΗΣ/COPYRIGHT

Έχοντας επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, για την παρούσα πτυχιακή εργασία δηλώνω με την υπογραφή μου πως είμαι αποκλειστικός συγγραφέας και κάθε βοήθεια για την ολοκλήρωση της είναι αναγνωρισμένη και αναγράφεται λεπτομερώς μέσα σε αυτή. Η αποτυχία στην υλοποίηση των ανωτέρων προειρημένων σημαίνει αποτυχία στην πτυχιακή μου εργασία και απόκτησης του πτυχίου μου ως Επιστήμονας και Τεχνολόγος Τροφίμων, αλλά και άλλων συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Επομένως, δηλώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα μόνο και αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, οποιαδήποτε στιγμή, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει και δεν αναφέρεται, καθώς είναι προϊόν λογοκλοπής πνευματικών δικαιωμάτων.

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή συγγραφέα:

ΚΑΝΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ



ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Κανέλλου Αναστασία

Χούγουλα Δήμητρα

Ελευθερίου Σοφία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Κυρία Αναστασία Κανέλλου για την υπόδειξη του θέματος και τη βοήθειά της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς και για εμπυχωτικά λόγια της προς εμένα κατά το χρονικό διάστημα της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αυτής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Θεό, κυρίως, επειδή μου έστειλε την Κυρία Κανέλλου.

Την Εργασία αυτή την αφιερώνω στην Κυρία Αναστασία Κανέλλου και εμένα...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι να αναλυθούν αμινοξέα τα οποία έχουν βρεθεί βάσει μελετών ότι συμβάλλουν στον αθλητισμό ως βοηθήματα για την αύξηση της απόδοσης του αθλητή, καθώς και να διαπιστωθεί εάν αξίζει κανείς να συμπληρώσει τη δίαιτα του με σκευάσματα των ουσιών αυτών. Αναλύθηκε και ελέγχθηκε επίσης η κρεατίνη που παρότι δεν είναι αμινοξύ είναι πολύ διαδεδομένο συμπλήρωμα διατροφής στο χώρο του αθλητισμού. Για κάθε εργογόνα ουσία που αναφέρεται στην εργασία αυτή, αναγράφονται οι δράσεις, η δοσολογία, η φυσική πηγή λήψης της από τη διατροφή, οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι που επέρχονται με τη λήψη της και αποτελέσματα από μελέτες σε αθλητές. Αρχικά έγινε μία σύντομη περιγραφή των συμπληρωμάτων διατροφής. Στη συνέχεια αναγράφηκαν περιληπτικά τα αμινοξέα και η πρωτεΐνη. Έπειτα αναλύθηκαν η κρεατίνη, η L-αργινίνη, η L-κιτρουλλίνη, η β-αλανίνη, το HMB, τα BCAA's, η γλουταμίνη, και η ταυρίνη. Τέλος αναγράφονται τα συμπεράσματα, στα οποία μπορεί κανείς να εντοπίσει συνοπτικά στοιχεία σχετικά με τις ουσίες που αναλύθηκαν στην εργασία αυτή. Στα συμπεράσματα μπορεί επίσης κανείς να βρει και σχόλια σχετικά με το εάν αξίζει να καταναλώσει κάποιος τέτοιες ουσίες ως συμπλήρωμα διατροφής, με σκοπό την αύξηση της αθλητικής του απόδοσης.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to analyze amino acids that have been found, based on studies, to contribute to sports performance as supplements for enhancing athletes' performance. This thesis also aims to determine whether it is worth supplementing one's diet with these substances to enhance athletic performance. Additionally, creatine was analyzed and examined, despite not being an amino acid, as it is a very famous dietary supplement in the field of sports. For each ergogenic substance mentioned in this work, their actions, dosage, natural dietary sources from foods, potential risks associated with their intake, and results from studies on athletes are presented. Initially, a brief description of dietary supplements was provided. Then, amino acids and proteins were summarized. Furthermore, creatine, L-arginine, L-citrulline, beta-alanine, HMB, BCAAs, glutamine, and taurine were analyzed. Finally, the conclusions are presented, which include condensed information about the substances analyzed in this thesis. The conclusions also contain comments on whether it is worth consuming such substances as dietary supplements for enhancing athletic performance.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΚΛΟΠΗΣ/COPYRIGHT	3
ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	11
ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ	13
MIPS (multi-ingredient pre-workout supplements)	14
ΑΜΙΝΟΞΕΑ	14
ΠΡΩΤΕΙΝΗ	15
ΚΡΕΑΤΙΝΗ	16
Μορφές κρεατίνης.....	17
Χορήγηση απλής κρεατίνης.....	17
Δοσολογία κρεατίνης.....	18
Κρεατίνη και ποδόσφαιρο	19
Αθλητική επίδοση από μείγματα με κρεατίνη	20
Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα χορήγηση κρεατίνης.....	21
Θεραπευτικές και άλλες ιδιότητες κρεατίνης	22
Αρνητικές επιπτώσεις χρήσης κρεατίνης	23
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	24
L-ΑΡΓΙΝΙΝΗ	25
L-ΚΙΤΡΟΥΛΛΙΝΗ	26
Μορφές.....	27
Αθλητική απόδοση.....	27
Ασφάλεια – δοσολογία.....	29
B-ΑΛΑΝΙΝΗ	29
Καρνοσύνη	29
Δοσολογία.....	30
Εργογόνος δράση.....	31
Ασφάλεια	33
HMB- β-υδροξυ-β-μεθυλοβουτυρικό οξύ	34

Πηγές - δοσολογία	34
Μορφές.....	35
Δράση.....	35
Ασφάλεια - Δοσολογία	38
BCAA's	38
Σεροτονίνη	39
Αμμωνία.....	40
Η Δράση των BCAAs.....	40
Ασφάλεια	43
ΓΛΟΥΤΑΜΙΝΗ	44
Δράση.....	44
Ανοσοποιητικό σύστημα	45
Ασφάλεια - Δράση	46
ΤΑΥΡΙΝΗ	48
Ασφάλεια	51
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	57
Πίνακας 1 ΣΥΝΟΨΗ ΕΡΓΟΓΟΝΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	52
Πίνακας 2 ΣΧΟΛΙΑ ΓΙΑ ΕΡΓΟΓΟΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	55

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεδομένου της αυξανόμενης προτίμησης πρόσληψης συμπληρωμάτων διατροφής (Patrícia Molz, 2023) όπως αμινοξέα και άλλων εργογόνων ουσιών, όπως η Κρεατίνη, από αθλητές όλων των επιπέδων, καθώς και από ανθρώπους που δεν αθλούνται, και δεδομένου της αύξησης των πωλήσεων τέτοιων συμπληρωμάτων διατροφής (Portal S, 2010), θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η συμβολή τους στην αθλητική απόδοση. Έγινε εκτενής ανασκόπηση εγκύρων ηλεκτρονικών επιστημονικών βιβλιοθηκών (PubMed) και τα αποτελέσματα την ανασκόπησης είναι αντικείμενο της πτυχιακής αυτής της εργασίας. Κάποια αμινοξέα όπως π.χ. η β-αλανίνη φαίνεται να συμβάλλουν θετικά στην αύξηση της αθλητικής απόδοσης του αθλητή (Quesnele JJ, 2014), ενώ κάποιες άλλες φαίνεται να μην έχουν ιδιαίτερη επίδραση ή να χρειάζονται παραπάνω μελέτη, όπως π.χ. το HMB (Portal S, 2010). Επίσης ενώ κάποια αμινοξέα όπως π.χ. η γλουταμίνη φαίνονται ακίνδυνη μεγάλες δόσεις (Shao A, 2008), κάποια άλλα, π.χ. η L-αργινίνη, σε μεγάλες δόσεις μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις όπως γαστροεντερικά προβλήματα (Álvares TS, 2011).

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Στην προσπάθεια τους να είναι και να παραμένουν υγιείς, πολλοί άνθρωποι καταναλώνουν συμπληρώματα διατροφής. Τα προϊόντα αυτά βοηθούν στην πρόληψη και την αντιμετώπιση της ανεπάρκειας θρεπτικών συστατικών στον άνθρωπο (Health, National Center for Complementary and Integrative, 2023). Χρησιμοποιούνται παράλληλα από αθλητές και μη με σκοπό να ενισχύσουν την σωματική αποκατάσταση και να ρυθμίσουν την σύσταση του σώματος τους για να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ημερήσιες ενεργειακές τους ανάγκες καθώς και να αυξήσουν την σωματική τους απόδοση κατά την εξάσκηση ή την καθημερινή τους ζωή (Berti Zanella P, 2017). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται άνοδος στο ποσοστό του πληθυσμού το οποίο γυμνάζεται ερασιτεχνικά κάνοντας ασκήσεις με αντιστάσεις (βάρη). Παράλληλα, όμως, με την αύξηση των ανθρώπων αυτών που κάνουν τέτοιου είδους γυμναστική έχει αυξηθεί και ο αριθμός των ατόμων που καταναλώνουν συμπληρώματα διατροφής με σκοπό, όπως αναφέρθηκε, την αύξηση της απόδοσης τους αλλά καθώς και την ενίσχυση την σωματικής τους σύστασης και πιο συγκεκριμένα στόχος αυτών των ερασιτεχνών όσον αφορά το γυμναστήριο, είναι η μυϊκή υπερτροφία. Για αυτό το λόγο η διεθνής κοινότητα διατροφολογίας αθλητών (International Society of Sports Nutrition), έχει προτείνει να χωριστούν τα συμπληρώματα αυτά που προορίζονται για το χτίσιμο των μυών σε 3 κατηγορίες, με βάση το πόσο εκτενής μελέτη έχει γίνει στο συμπλήρωμα διατροφής. Περιληπτικά, οι 3 κατηγορίες είναι: Συμπληρώματα με ισχυρά στοιχεία για την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια τους, συμπληρώματα με περιορισμένα στοιχεία καθώς και συμπληρώματα με λίγα έως καθόλου στοιχεία για την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια τους. Ακόμα, ενώ πολλοί από τους ερασιτέχνες αυτούς ανθρώπους, χρησιμοποιούν τα συμπληρώματα διατροφής για μυϊκή υπερτροφία με σκοπό να δουν άμεσα αποτελέσματα, τις περισσότερες φορές τα σκευάσματα αυτά δεν έχουν κάποιο αποτέλεσμα (Patrícia Molz, 2023). Τα συμπληρώματα διατροφής διατίθενται στην αγορά υπό τη μορφή κάψουλας, σκόνης, χαπιών, ποτών (National library of medicine-NIH, 2018). Περιέχουν βιταμίνες ή/και απαραίτητα ιχνοστοιχεία ενώ παράλληλα υπάρχουν και συμπληρώματα με αμινοξέα τα οποία είναι και αυτά θρεπτικά απαραίτητα για τον άνθρωπο (National Academies Press (US)., 1994). Παρόλο τον τρόπο και τη μορφή (κάψουλες

π.χ.) κατά την οποία χορηγούνται τα συμπληρώματα διατροφής δεν είναι θεσμοθετημένα ως φάρμακα, αλλά αντιθέτως ως μορφή τροφίμου. Συμπληρώματα διατροφής υπάρχουν και διατίθενται στον καταναλωτή με σκοπό να συμπληρώνει την δίαιτα του ή/και τις διατροφικές του ανάγκες και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει το άτομο να αντικαταστήσει τη σωστή διατροφή με τη χορήγηση μεγάλων ποσοτήτων συμπληρωμάτων διατροφής για να πετύχει όλο το σύνολο των διατροφικών του αναγκών. Τα συμπληρώματα διατροφής είναι γνωστά και καταναλώνονται από ένα μεγάλο φάσμα ηλικιών το οποίο περιλαμβάνει από παιδιά έως και ηλικιωμένους. Κάθε ηλικιακή ομάδα από το φάσμα αυτό χρησιμοποιεί τα συμπληρώματα για τους δικούς της σκοπούς και τις δικές της ανάγκες. Χρειάζεται, όμως, περισσότερη μελέτη επάνω στα συμπληρώματα διατροφής για διαπιστωθεί εάν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη πρόληψη ασθενειών ή τουλάχιστον για τη μείωση των πιθανοτήτων να νοσήσει κάποιος (Wierzejska, 2021). Λόγω της ανόδου της φήμης των συμπληρωμάτων διατροφής που προορίζονται για το χτίσιμο των μυών υπάρχει, επίσης, και αυξανόμενη άνοδος ανησυχίας στην επιστημονική κοινότητα, όσον αφορά το συσχετισμό των συμπληρωμάτων διατροφής αυτών και της βλάβης του ανθρώπινου DNA. Μετά από μελέτη πάνω σε αυτό το θέμα, όμως, παρότι υπάρχουν κάποιες οξειδωτικές καταστροφές στο DNA του χορηγούμενου, με συμπληρώματα μυϊκής υπερτροφίας, δεν παρατηρήθηκαν χρωμοσωμικές ανωμαλίες. Ακόμα, βρέθηκε ότι, όσον αφορά τις φθορές του DNA, σημαντικό ρόλο παίζει ο τύπος της άσκησης που κάνει ο άνθρωπος, η ένταση, η διάρκεια, καθώς και το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται ο αθλητής. Βρέθηκε, επίσης, ότι η κρεατίνη και η πρωτεΐνη γάλακτος, δύο πολύ γνωστά συμπληρώματα διατροφής στον χώρο της γυμναστικής, που συσχετίζονται με τη μυϊκή υπερτροφία, μπορούν να συντελέσουν στη μείωση της οξειδωτικής καταστροφής του DNA. Πάνω στο συσχετισμό μεταξύ συμπληρωμάτων διατροφής για μυϊκή υπερτροφία και το DNA χρειάζονται παραπάνω μελέτες (Patrícia Molz, 2023).

ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

Ο άνθρωπος που ασκείται σωματικά χρειάζεται μια διατροφικά επαρκή δίαιτα για να μεγιστοποιήσει την απόδοση του. Αυτό είναι περισσότερο αναγκαίο όταν ο άνθρωπος αυτός είναι αθλητής ο οποίος αγωνίζεται σε αγώνες. Τα συμπληρώματα που διαφημίζονται ότι αυξάνουν την αθλητική απόδοση ονομάζονται και εργογόνα βοηθήματα. Λαμβάνοντας υπόψη την ένταση και το είδος της άσκησης τα εργογόνα βοηθήματα ίσως έχουν κάποια αξία ως προς την απόδοση του αθλητή, όμως δεν μπορούν να αντικαταστήσουν μια υγιή διατροφή. Παράλληλα ορισμένα συμπληρώματα μπορεί να μη δρουν ή να είναι ακόμα και επιβλαβή για τον άνθρωπο (National Institutes of Health, 2021), εκτός από κάποιες εξαιρέσεις όπως είναι για παράδειγμα η μονοϋδρική κρεατίνη, που φαίνεται να είναι ασφαλής και αποτελεσματική για μακροχρόνια χρήση (Portal S, 2010). Υπάρχει κίνδυνος για αρνητικές επιπτώσεις όταν κάποιος λαμβάνει εργονομικά βοηθήματα καθώς οι παραγωγοί των συμπληρωμάτων αυτών συνήθως δεν κάνουν μελέτες για να συμπεράνουν εάν τα προϊόντα τους λειτουργούν και είναι ασφαλή (National Institutes of Health, 2021), ενώ οι μελέτες που γίνονται είναι κυρίως πάνω σε υγιή νέα αρσενικά, και όχι γυναίκες ή μεσήλικες/ηλικιωμένους και για διάστημα μόνο μερικών ημερών ή εβδομάδων. Παρότι, βέβαια, κάποιες από αυτές τις μελέτες μπορεί να διαρκέσουν μήνες, αυτό δεν δίνει απαραίτητα πληροφορίες μακροχρόνια για το συμπλήρωμα αυτό (National Institutes of Health, 2021). Στον κόσμο του αθλητισμού και πιο ειδικά του πρωταθλητισμού, κάθε μέτρο που διανύει ο αθλητής ή κάθε δευτερόλεπτο όπου είναι πιο γρήγορος κατά τον αγώνα είναι ζωτικής σημασίας για την καριέρα του. Οι εταιρείες οι οποίες κατασκευάζουν τα εργογόνα συμπληρώματα διατροφής, μέσω των πωλήσεων τέτοιων συμπληρωμάτων διατροφής, τα οποία φαίνεται να ενισχύουν τη σωματική απόδοση του ανθρώπου, όπως για παράδειγμα να αυξάνουν τη δύναμη του, έχουν καταφέρει λοιπόν, να γίνουν πολύ κερδοφόρες. Κυρίως, διότι ισχυρίζονται ότι τα συμπληρώματα τα οποία διακινούν μπορούν να βοηθήσουν τους αθλητές ανώτατου επιπέδου και πρωταθλητισμού και όχι μόνο, να πετύχουν τους αθλητικούς τους στόχους. Παρά τα λίγα στοιχεία που υπάρχουν για τα εργογόνα αυτά βοηθήματα, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί έξαρση όσον αφορά τη χρήση τους από νέους ανθρώπους, ακόμα και έφηβους, οι οποίοι μάλιστα σπάνια συμβουλευούνται κάποιο

γιατρό ή κάποιον ειδικό πάνω στα σκευάσματα αυτά, προτού προχωρήσουν στην κατανάλωση των εργογόνων αυτών σκευασμάτων (Portal S, 2010).

MIPS (multi-ingredient pre-workout supplements)

Μια καινούργια κατηγορία συμπληρωμάτων διατροφής που προορίζονται για χρήση πριν την προπόνηση είναι τα MIPS (multi-ingredient pre-workout supplements), όπου είναι σκευάσματα τα οποία συνήθως περιέχουν μείγμα από συστατικά όπως καφεΐνη, αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας, κρεατίνη, β-αλανίνη και άλλες ουσίες οι οποίες συντελούν στην άμεση αύξηση της απόδοσης στην προπόνηση μετά από επαναλαμβανόμενη χρήση. Συνδυάζοντας τα περισσότερα MIPS του εμπορίου με ένα δομημένο πρόγραμμα γυμναστικής μπορεί να υπάρξει σημαντική βελτίωση στην απόδοση του ατόμου ενώ παράλληλα σημειώνεται καλύτερη προσαρμογή στις προπονήσεις που υποβάλλεται (Harty PS, 2018).

AMINOΞΕΑ

Τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες είναι δομικές λίθοι της ζωής. Τα αμινοξέα συνδυάζονται και φτιάχνουν πρωτεΐνες. Τα αμινοξέα συμβάλλουν στην ανάπτυξη των ιστών και παράλληλα την διάσπαση των τροφών. Δεν είναι αναγκαία η κατανάλωση των απαραίτητων και μη αμινοξέων σε κάθε γεύμα αλλά η ισορροπημένη πρόσληψη τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μία δίαιτα βασιζόμενη σε μονάχα φυτικά γεύματα δεν αρκεί. Παράλληλα ο συνδυασμός πρωτεϊνών δεν είναι πλέον απαραίτητος, όπως επικρατούσε παλαιότερα (για παράδειγμα η κατανάλωση ενός οσπρίου με ρύζι σε μεμονωμένα γεύματα). Αντίθετα, είναι σημαντικό να υπάρχει επάρκεια συνολικά κατά τη διάρκεια της μέρας, όσον αφορά την πρόσληψη των απαραίτητων αμινοξέων (National Library of Medicine, 2023). Τα 20(+2) αμινοξέα από τα οποία αποτελούνται οι πρωτεΐνες είναι: Αλανίνη, Αργινίνη, Ασπαραγίνη, Ασπαρτικόξύ, Κυστεΐνη, Γλουταμινικόξύ, Γλουταμίνη, Γλυκίνη, Ιστιδίνη, Ισολευκίνη, Λευκίνη, Λυσίνη, Μεθειονίνη, Φαινυλαλανίνη, Προλίνη, Σερίνη, Θρεονίνη, Τρυπτοφάνη, Τυροσίνη, Βαλίνη, Σεληνοκυστεΐνη, Πυρρολυσίνη (δε χρησιμοποιείται στην ανθρώπινη πρωτεϊνοσύνθεση). Τα αμινοξέα χωρίζονται σε Απαραίτητα και

Μη Απαραίτητα. Ο άνθρωπος, είναι δυνατόν να συνθέσει μέσω ενδιάμεσων μεταβολιτών αμινοξέα. Από τα περίπου 20(συν 2) πρωτεϊνογόνα αμινοξέα που συναντάμε στις πρωτεΐνες 9 από αυτά δεν είναι δυνατόν να παραχθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα 9 αυτά αμινοξέα ονομάζονται Απαραίτητα αμινοξέα (essential amino acids-EAA's). Αυτά είναι: η Φαινυλανίνη, η Βαλίνη, η Τρυπτοφάνη, η Θρεονίνη, η Ισολευκίνη, η Μεθειονίνη, η Κυστεΐνη, η Λευκίνη και η Λυσίνη. Τα απαραίτητα αυτά αμινοξέα πρέπει να προσληφθούν από την τροφή που λαμβάνει ο άνθρωπος (Lopez & Mohiuddin., 2023). Τα απαραίτητα αμινοξέα κρίνονται ως το κύριο συστατικό και συνεπώς ως το υπόστρωμα στα προϊόντα πρωτεΐνης με σκοπό την αύξηση της μυϊκότητας και την προαγωγή της πρωτεϊνοσύνθεσης (Hiroyuki Kato, 2018). Η επιλογή αμινοξέων δεν πρέπει να είναι η ίδια για ένα άτομο το οποίο θέλει να συντηρήσει τους μύες τους σε σχέση με ένα άτομο που θέλει να αυξήσει μυϊκή μάζα, η να έχει παραπάνω αντοχή. Κάθε αμινοξύ έχει κάποιον ρόλο στο ανθρώπινο σώμα (Hambraeus, 2014). Περιοριστικά αμινοξέα είναι απαραίτητα αμινοξέα τα οποία είναι σε μικρότερη ποσότητα στο σώμα σε σχέση με τις εκάστοτε ανάγκες του ανθρώπου για πρωτεϊνοσύνθεση. Επίσης, εκτός της πρωτεϊνοσύνθεσης αυτής καθ'αυτής τα περιοριστικά αμινοξέα δεν επιτρέπουν στο σώμα να αξιοποιήσει επαρκώς τα υπόλοιπα αμινοξέα που απαιτούνται για πρωτεϊνοσύνθεση (Paul McSweeney, 2021). Τα 4 απαραίτητα αμινοξέα που κυριαρχούν ως τα πιο περιοριστικά είναι η λυσίνη, η θρεονίνη, τα θειούχα αμινοξέα (ταυρίνη), και η τρυπτοφάνη (Hambraeus, 2014). Για την ανάπτυξη και παράλληλα για την ισορροπία στα επίπεδα Αζώτου στο σώμα είναι απαραίτητη η παρουσία συγκεκριμένων αμινοξέων, ακόμα και αν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες από εναλλακτικά αμινοξέα (Lopez & Mohiuddin., 2023).

ΠΡΩΤΕΙΝΗ

Το σώμα παίρνει από την πρωτεΐνη τα απαραίτητα αμινοξέα(EAA's, Essential Amino Acids), πχ η πρωτεΐνη whey (ορός γάλακτος) παρέχει όλα τα EAA's (National Institutes of Health, 2021). Η προτεινόμενη ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης για ενεργά άτομα έχει καθοριστεί στα 0.8 γραμμάρια ανά κιλό βάρος σώματος την ημέρα. Παρόλα αυτά είναι συνηθισμένο να προτείνεται μεγαλύτερη πρόσληψη πρωτεΐνης της τάξεως του 1.2 έως 2 γραμμάρια ανά κιλό βάρος σώματος ημερησίως. Οι υψηλές τιμές πρότασης αυτής αναφέρονται σε αθλητές ανάλογα με τον όγκο της

άσκησης που υποβάλλονται καθημερινά. Για παράδειγμα, οι ανάγκες για έναν αθλητή που τρέχει 20 χιλιόμετρα μέσα στη μέρα ανέρχονται στα 1.8 γραμμάρια πρωτεΐνης ανά κιλό βάρους σώματος την ημέρα. Τα άτομα που αδιαφορούν για την πρόσληψη της απαραίτητης πρωτεΐνης, έχουν λιγότερο απόδοση στην άθληση από τα άτομα που στοχεύουν να προσλαμβάνουν αρκετή πρωτεΐνη και συμβουλεύονται τις ποσότητες πρωτεΐνης που ορίζονται ανάλογα για της ανάγκες τους καθημερινά. Η διαφορά στην απόδοση λόγω έλλειψης πρωτεΐνης οφείλεται στη μειωμένη πρόσληψη αμινοξέων ως αποτέλεσμα της χαμηλής πρόσληψης πρωτεΐνης (Hiroyuki Kato, 2018). Ατελείς είναι οι πρωτεΐνες, οι οποίες ενώ περιέχουν κάποια από τα απαραίτητα αμινοξέα, δεν τα περιέχουν όλα. Αντίθετα Πλήρεις πρωτεΐνες είναι αυτές οι οποίες περιέχουν και τα 9 απαραίτητα αμινοξέα (Cleveland Clinic, 2022). Οι πλήρεις πρωτεΐνες τις περισσότερες φορές περιέχονται σε ζωϊκά προϊόντα. Υπάρχει δυνατότητα πρόσληψης όμως, Απαραίτητων αμινοξέων και από Ατελείς πρωτεΐνες, οι οποίες συνήθως περιέχονται σε φυτικά προϊόντα (Lopez & Mohiuddin., 2023).

ΚΡΕΑΤΙΝΗ

Η κρεατίνη είναι μία αμίνη η οποία βρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στους σκελετικούς μύες. Περίπου το 95% όλης της κρεατίνης βρίσκεται στους σκελετικούς μύες. Ένας άνθρωπος 70 κιλών έχει περίπου 120 g κρεατίνη στο σώμα του, ενώ ένα παμφάγο άτομο λαμβάνει γύρω στο 1 g κρεατίνη την ημέρα από την δίαιτα του.

Η κρεατίνη μπορεί να συντεθεί ενδογενώς στο σώμα και συγκεκριμένα στα νεφρά, ενώ η σύνθεσή της ξεκινάει από τα αμινοξέα γλυκίνη και αργινίνη. Οι εξωγενείς πηγές λήψης κρεατίνης για τον άνθρωπο είναι ζωϊκά προϊόντα, όπως κόκκινο κρέας και ψάρια. Για παράδειγμα ο άνθρωπος λαμβάνει περίπου 500 mg κρεατίνης ανά 110 g μοσχαριού. Έχει βρεθεί ότι κατά την εξωγενή συμπλήρωση κρεατίνης μέσω συμπληρωμάτων διατροφής, ο ρυθμός παραγωγής της κρεατίνης ενδογενώς μειώνεται, εάν όμως η εξωγενής συμπλήρωση λάβει τέλος, η παραγωγή εντός του σώματος επιστρέφει στα κανονικά επίπεδα (Hall M T. T., 2013) (Hall M M. E., 2021) (National Institutes of Health, 2021). Η κρεατίνη είναι ένα πολύ διαδεδομένο συμπλήρωμα διατροφής το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως από αθλητές ανά τον κόσμο κυρίως για να αυξήσουν τη δύναμη τους σε ασκήσεις με αντιστάσεις όπως βάρη. Είναι από τα πιο

μελετημένα εργογόνα συμπληρώματα διατροφής, με σημαντικά αποτελέσματα σε μικρού χρονικού διαστήματος υψηλής έντασης ασκήσεις.

Όσον αφορά τα αθλητικά αποτελέσματα της κρεατίνης στον άνθρωπο, μελέτες έχουν δείξει ότι η κρεατίνη αυξάνει την απόδοση και τη δύναμη των μυών των αθλητών σε μικρού χρονικού διαστήματος και παράλληλα έντονων ασκήσεων, ενώ στη αερόβια άσκηση παρότι δεν έχουν βρεθεί σημαντικά εργογόνα αποτελέσματα, μπορούν να σημειωθούν κάποια. Παράλληλα, υποστηρίζεται ότι η κρεατίνη βοηθάει στην αύξηση της μάζας των μυών χωρίς λίπος στους εξασκούμενους, όμως δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποστηρίζουν ότι η κρεατίνη συμβάλει στην πρωτεϊνοσύνθεση (Hall M T. T., 2013) (Hall M M. E., 2021).

Μορφές κρεατίνης

Πέρα από τη πιο συνηθισμένη μορφή κρεατίνης που διατίθεται στο εμπόριο, η οποία είναι η μονοϋδρική κρεατίνη, υπάρχουν και άλλες μορφές οι οποίες μελετώνται, όπως για παράδειγμα η άνυδρη κρεατίνη, η φωσφοκρεατίνη, η κρεατίνη μαγνησίου καθώς και άλλες μορφές όπως άλατα κρεατίνης. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι παρότι τα άλατα κρεατίνης είναι λιγότερο σταθερά μπορούν να γίνουν σταθερότερα με τη προσθήκη υδατανθράκων στο μείγμα χορήγησης. Τα άλατα κρεατίνης έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πιο ευδιάλυτα και παρέχουν μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα, κάτι το οποίο μπορεί να μειώσει όποια αρνητικά γαστρεντερικά αποτελέσματα μπορεί να υπάρχουν με την χορήγηση κρεατίνης. Παρόλες τις πολλές μορφές κρεατίνης που αρχίζουν να αναδύονται στο εμπόριο πέρα από τη μονοϋδρική κρεατίνη που μελετάται χρόνια, οι υπόλοιπες χρειάζονται περαιτέρω μελέτη για να κριθεί η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητά τους (Cooper R, 2012).

Χορήγηση απλής κρεατίνης

Διάφορες μελέτες έχουν εξετάσει τα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα (5-7 μέρες) της χορήγησης κρεατίνης ως συμπληρώματος διατροφής σχετικά με την αύξηση της απόδοσης κατά την άσκηση. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι η κρεατίνη μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή μεγαλύτερου έργου σε ασκήσεις όπως πάγκος πιέσεων στήθους, άλματα, εκτάσεις γονάτου με βάρος ενώ μπορεί παράλληλα να βοηθήσει στην ποδηλασία, τα σπριντ, αλλά και στην κολύμβηση. Μελέτες έδειξαν, επίσης, ότι η κρεατίνη μπορεί να συμβάλει και στις ασκήσεις που έχουν μεγάλο χρονικό διάστημα όπως τρέξιμο σε διάδρομο. Συγκεκριμένα, η κρεατίνη μπορεί

να αυξήσει το χρόνο που κάνει ο αθλητής για να κουραστεί, να μειώσει τους ρυθμούς που χτυπάει η καρδιά, ενώ μπορεί να αυξήσει και τη λαμβάνουσα ποσότητα οξυγόνου του αθλητή. Αυτό δίνει κάποια θετικά στοιχεία τόσο για την αερόβια αλλά και την αναερόβια άσκηση αλλά όπως έχει ήδη τονιστεί τα αποτελέσματα στην αερόβια άσκηση είναι μικρά. Ακόμα, κάποιες μελέτες δεν δείχνανε σημαντικά αποτελέσματα για την βραχυπρόθεσμη χρήση κρεατίνης σε ασκήσεις όπως σπριντ, εκτάσεις γονάτου ή σχετικά με την κούραση και την αποκατάσταση του αθλητή. Παρόλα αυτά όμως ακόμα και σε αυτές τις μελέτες μικρά αποτελέσματα παρατηρήθηκαν, απλά δεν μπορούν να κριθούν ως σημαντικά. Γενικά, οι περισσότερες μελέτες υποστηρίζουν ότι η βραχυπρόθεσμη χρήση κρεατίνης αυξάνει το ποσοστό κρεατίνης στους μύες και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση υψηλής εντάσεως ασκήσεων. Περίπου το 70% των μελετών έδειξαν εργονόνα αποτελέσματα βραχυπρόθεσμα. Ακόμα, η κρεατίνη ως συμπλήρωμα διατροφής φάνηκε να έχει αποτελέσματα σε αγύμναστους ανθρώπους, γυμνασμένους αλλά και σε ασθενείς, κάτι το οποίο δείχνει ότι είναι ένα συμπλήρωμα διατροφής για όλους τους ανθρώπους και όχι μόνο για αθλητές. Στις βραχυπρόθεσμες μελέτες οι δόσεις ήταν από 15g έως 30 g την ημέρα ενώ η διάρκεια των μελετών ήταν έως 7 ημέρες. Καμία από τις μελέτες πάνω στις βραχυπρόθεσμες επιδράσεις της κρεατίνης δεν έδειξε κάποια αρνητικά αποτελέσματα (Wax B, 2021) (Kreider., 2003).

[Δοσολογία κρεατίνης](#)

Η πιο μελετημένη μορφή κρεατίνης είναι η μονοϋδρική κρεατίνη η οποία έχει φανεί ότι αυξάνει τα επίπεδα κρεατίνης στους μύες κατά 10-40%. Υπάρχει όριο όμως στο πόσο κρεατίνη μπορεί να αποθηκευτεί στο ανθρώπινο σώμα. Έχει βρεθεί ότι αθλητές με γεμάτες αποθήκες κρεατίνης δεν επωφελούνται από τη χορήγηση κρεατίνης ως συμπληρώματος διατροφής, σε αντίθεση με αυτούς που έχουν χαμηλότερα επίπεδα κρεατίνης στους μύες (Hall M T. T., 2013) (Hall M M. E., 2021) (Trexler ET S.-R. A., 2015). Σχετικά με τη συνιστώμενη δόση κρεατίνης για την μέγιστη αύξηση της αθλητικής επίδοσης συνιστάται στο άτομο να χορηγείται 20-25 g(≈0.3 g κρεατίνης ανα κιλό βάρος σώματος) κρεατίνη για 5-7 μέρες. Αυτή η φάση της χορήγησης λέγεται «φάση φόρτωσης», κατά την οποία επιχειρείται από τον αθλητή ο κορεσμός των μυών από κρεατίνη. Έπειτα ακολουθεί η «φάση συντήρησης» όπου προτείνεται η κατανάλωση 0.03 g κρεατίνης ανά

κιλό βάρος σώματος την ημέρα. Υπάρχει και δυνατότητα χορήγησης κρεατίνης χωρίς τη “φάση φορτώματος” (Hall M T. T., 2013).

Κρεατίνη και ποδόσφαιρο

Σε ανάλυση μελετών που έγινε σχετικά με τη χρήση κρεατίνης ως συμπλήρωμα διατροφής σε αθλητές ποδοσφαίρου βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα. Αρχικά, ο αριθμός των αθλητών που έλαβαν μέρος στις μελέτες αυτές ανέρχεται στα 168 άτομα ενώ το εύρος ηλικίας ήταν από 15 έως 30 ετών. Οι ποδοσφαιριστές ήταν από όλα τα επίπεδα του ποδοσφαιρικού χώρου, από ερασιτέχνες έως και πρωταθλητές. Οι χορηγούμενες δόσεις στις μελέτες αυτές διαφέρουν. Κάποιες χορήγησαν 30 g κρεατίνης την ημέρα, κάποιες 20 g κρεατίνης την ημέρα. Ακόμα και η χρονική διάρκεια χορήγησης διέφερε από μελέτη σε μελέτη. Ενώ σε κάποιες μελέτες η κρεατίνη χορηγήθηκε σε συνδυασμό με κάποιο γεύμα σε άλλες χορηγήθηκε μόνη της. Οι μελέτες διήρκησαν από 5 μέρες έως και 6 εβδομάδες. Σκοπός των μελετών αυτών ήταν η εύρεση εργογόνων αποτελεσμάτων πάνω στην αερόβια και αναερόβια απόδοση των αθλητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συμπλήρωση με κρεατίνη 20-30 g την ημέρα για 6-7 μέρες ακολουθούμενη από 5 g την ημέρα για 1-9 εβδομάδες επέφερε σημαντικά αποτελέσματα στην αναερόβια επίδοση του αθλητή. Σχετικά με την αερόβια επίδοση δεν φάνηκαν σημαντικά αποτελέσματα. Η μελέτη προτείνει μία φάση φορτώματος 0.3 g ανά κιλό βάρος σώματος την ημέρα για 3-5 ημέρες για το σκοπό του κορεσμού των αποθηκών κρεατίνης ακολουθούμενη από 3 έως 5 g την ημέρα για συντήρηση. Τονίστηκε, επίσης, ότι κάποιιοι εξεταζόμενοι δεν ανταποκρίθηκαν σωστά στη φάση φορτώματος, δηλαδή δεν απορροφήθηκε όση κρεατίνη ήταν αναμενόμενο να απορροφηθεί και ως εκ τούτου να αποθηκευτεί. Τέλος, το ποδόσφαιρο είναι ένα άθλημα το οποίο βασίζεται και στον αερόβιο και στον αναερόβιο μεταβολισμό. Παρότι σχετικά με τον αερόβιο δεν βρέθηκαν σημαντικά αποτελέσματα, κατά την αναερόβια άσκηση παρατηρήθηκαν θετικές εκβάσεις, και εάν λάβουμε υπόψιν ότι οι πιο αποφασιστικές δράσεις στο ποδόσφαιρο σχετίζονται με τον αναερόβιο μεταβολισμό, η κρεατίνη ως συμπλήρωμα για αυτούς τους αθλητές μπορεί να κριθεί σημαντική.

Τέλος, μελέτες και στο γυναικείο φύλο είναι αναγκαίες τόσο σχετικά με το ποδόσφαιρο και την κρεατίνη αλλά και γενικά με την κρεατίνη και την επίδραση της στο γυναικείο φύλο καθότι από

το 1992 που έχουν αρχίσει οι εκτενείς μελέτες πάνω στην κρεατίνη οι περισσότερες από αυτές είναι πάνω σε άντρες (Mielgo-Ayuso J, 2019) (Wax B, 2021).

Η κρεατίνη χορηγούμενη μόνη της ως συμπλήρωμα διατροφής δεν φαίνεται να αυξάνει το μέγεθος των αποθηκευτικών χώρων γλυκογόνου των μυών. Όταν, όμως, συνδυάζεται με ασκήσεις που μειώνουν σημαντικά τα επίπεδα γλυκογόνου, η κρεατίνη έχει φανεί ότι μπορεί να βοηθήσει να διατηρηθούν τα επίπεδα γλυκογόνου σε πιο υψηλά επίπεδα σε αντίθεση με το εάν δεν υπήρχε χορήγηση κρεατίνης. Ακόμα, προτείνεται από τους ειδικούς ότι η χορήγηση κρεατίνης σε συνδυασμό με διατροφή υψηλή σε υδατάνθρακες μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην αύξηση γλυκογόνου στις αποθήκες των σκελετικών μυών κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη διάρκεια ασκήσεων υψηλής έντασης ή κατά τη διάρκεια ασκήσεων που γίνονται για μεγάλο χρονικό διάστημα όπως για παράδειγμα τρέξιμο για μεγάλη χρονική διάρκεια (Cooper R, 2012).

Αθλητική επίδοση από μείγματα με κρεατίνη

Η κρεατίνη χορηγούμενη σε συνδυασμό με πρωτεΐνη γάλακτος και β-αλανίνη μπορεί να αυξήσει περισσότερο τα εργογόνα αποτελέσματα στο αθλητή αλλά παραπάνω μελέτη είναι απαραίτητη (Hall M T. T., 2013).

Η κρεατίνη πολύ συχνά καταναλώνεται μαζί με άλλες εργογόνες ουσίες ως μέρος μείγματος το οποίο προορίζεται για κατανάλωση πριν την προπόνηση, καθώς θεωρείται ότι σε συνδυασμό με άλλες ουσίες τα αποτελέσματα της κρεατίνης είναι μεγαλύτερα. Συγκεκριμένα, το πιο σύνηθες είναι η κρεατίνη να συνδυάζεται είτε με υδατάνθρακες, είτε με καφεΐνη, είτε το εργογόνο βοήθημα HMB (Beta-hydrox-beta-methylburyrate), είτε σε συνδυασμό όλων των ουσιών αυτών μαζί. Εν συνεχεία, ο συνδυασμός κρεατίνης με υδατάνθρακες μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα γλυκογόνου στους μύες. Το γλυκογόνο είναι μία πηγή ενέργειας για τους μύες. Ο συνδυασμός καφεΐνης και κρεατίνης έχει βρεθεί ότι μπορεί να αυξήσει τη γενική απόδοση στην άσκηση, τόσο σωματικά ενισχύοντας την αερόβια και την αναερόβια απόδοση αλλά και την εγκεφαλική απόδοση του αθλητή. Συγκεκριμένα μπορούν να παρατηρηθούν καλύτεροι χρόνοι αντιδράσεως ενώ παράλληλα η αίσθηση κόπωσης επέρχεται πιο αργά, κάτι το οποίο επιτρέπει στον αθλητή να γυμναστεί για παραπάνω χρόνο και έτσι να έχει μεγαλύτερα αποτελέσματα

μετά τη χρήση κρεατίνης. Σχετικά με τη χρήση κρεατίνης και HMB έχει βρεθεί μέσω μελετών ότι ο συνδυασμός των δύο αυτών ουσιών μπορεί να αυξήσει τη δύναμη του αθλητή, την αναερόβια απόδοση του, ενώ σχετικά με την αερόβια απόδοση δεν φάνηκαν σημαντικά εργογόνα αποτελέσματα. Ακόμα, ο συνδυασμός HMB και κρεατίνης έδειξε θετικά αποτελέσματα στη σωματική σύσταση του αθλητή στις μελέτες αυτές, δηλαδή αύξηση καθαρής μυϊκής μάζας ή μείωση ποσοστού καθαρού λίπους. Όμως ο συνδυασμός HMB-κρεατίνης δεν έδειξε να έχει κάποιο σημαντικό αποτέλεσμα στην μείωση των μικροτραυματισμών των μυών που γίνονται φυσικά λόγω της προπόνησης. Ακόμα, ο συνδυασμός HMB με κρεατίνη σε ποδοσφαιριστές έδειξε ότι μπορεί να βελτιώσει την απόδοσή τους σε επαναλαμβανόμενα σπριντ. Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι σχετικά με το συνδυασμό κρεατίνης και άλλων εργογόνων βοηθημάτων οι μελέτες χρησιμοποίησαν διάφορες δόσεις και χρονοδιαγράμματα και τα αποτελέσματα ανάμεσα σε κάποιες από αυτές ίσως να μη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως γνώμονες. Ακόμα, πέρα από το ότι κάποιες από αυτές τις μελέτες δεν έδειξαν αποτελέσματα, χρειάζεται ακόμα παραπάνω έρευνα όσον αφορά το συνδυασμό κρεατίνης και άλλων εργογόνων ουσιών (Hall M M. E., 2021) (Trexler ET S.-R. A., 2015).

Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα χορήγηση κρεατίνης

Η χορήγηση κρεατίνης ως συμπληρώματος διατροφής πέρα από βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα, έχει σύμφωνα με μελέτες και σημαντικά μακροπρόθεσμα αποτελέσματα, και συγκεκριμένα όσον αφορά την προσαρμογή του αθλητή στο είδος της προπόνησης το οποίο κάνει, μέσω μερικών εκ των αποτελεσμάτων που θα αναφερθούν. Αρχικά, οι μελέτες διήρκησαν για διάστημα πάνω από μήνα, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έφτασαν και τους 3 μήνες. Ενώ οι χορηγούμενες δόσεις περιλαμβάνανε και φάση φορτώματος και φάση συντήρησης. Τα γραμμάρια κρεατίνης που χορηγήθηκαν σε αυτές τις φάσεις ήταν από 15-25 g την ημέρα για 5-7 μέρες για τη φάση φορτώματος ενώ για τη φάση συντήρησης χορηγήθηκαν από 2 g έως και 6 g (10g σε μία μόνο μελέτη) ανάλογα τη μελέτη, καθώς κάθε μελέτη είχε διαφορετικές δόσεις τόσο στη φάση φορτώματος αλλά και στη φάση συντήρησης, αλλά και επίσης, διαφορετική χρονική διάρκεια. Η χορήγηση, λοιπόν, με κρεατίνη μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα κρεατίνης στο άτομο αλλά και το μέγεθος των αποθηκευτικών χώρων κρεατίνης στους μύες το οποίο μπορεί να ενισχύσει την εργογόνα δράση της και να αυξήσει τα ήδη θετικά της αποτελέσματα.

Μακροπρόθεσμα η χρήση κρεατίνης έδειξε ότι μπορεί να αυξήσει τη σωματική μάζα του αθλητή, και συγκεκριμένα της καθαρής μυϊκής μάζας, ενώ παράλληλα φαίνεται να αυξάνει σημαντικά τη διάμετρο των ινών των μυών. Η αύξηση μάζας φαίνεται να είναι λόγω κυρίως της μυϊκής μάζας που προστέθηκε και όχι λόγω της κατακράτησης υγρών. Παρόλο που η κρεατίνη δεν φαίνεται να βοηθάει σημαντικά κάποιο άθλημα, δείχνει αρκετά υποσχόμενη σε ασκούμενους αθλημάτων όπως powerlifters, παίκτες ποδοσφαίρου αλλά και ανθρώπους που εξασκούνται στα βάρη, επαγγελματικά και μη. Η κρεατίνη χρειάζεται απαραίτητα για τους αθλητές αυτούς καθώς βοηθάει στο σπριντ, στα άλματα, και στη γενική μυϊκή δύναμη. Παράλληλα, τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της κρεατίνης μπορούν να παρατηρηθούν σε μεγάλο εύρος ανθρώπων όσο αφορά την ηλικία ενώ μπορεί να φανούν τόσο σε προπονημένους αλλά και σε απροπόνητους ανθρώπους. Ακόμα, σχετικά με τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα δεν φάνηκαν κάποιες παρενέργειες κάτι που κάνει την κρεατίνη ένα συμπλήρωμα διατροφής αρκετά σημαντικό και το χρήζει και απαραίτητο σε όσους χρησιμοποιούν συμπληρώματα διατροφής με σκοπό να δουν εργογόνα αποτελέσματα.

Θεραπευτικές και άλλες ιδιότητες κρεατίνης

Τέλος, μακροπρόθεσμα η κρεατίνη έχει φανεί ότι μπορεί να συμβάλει θεραπευτικά σε νόσους που περιλαμβάνουν αδυναμία μυών ή/και αποδόμηση μυών. Συνολικά το 90% των μακροπρόθεσμων μελετών έδειξαν σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά την κρεατίνη (Kreider., 2003) (Wax B, 2021).

Εχουν βρεθεί πολύ σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά τη χρήση κρεατίνης ως συμπλήρωμα διατροφής σε ηλικιωμένους ανθρώπους σχετικά με τη καταπολέμηση προβλημάτων που επέρχονται με τη γήρανση του ατόμου. Συγκεκριμένα έχει βρεθεί ότι με τη χορήγηση κρεατίνης παράλληλα με ένα πρόγραμμα αντιστάσεων, είναι δυνατή η αύξηση της μυϊκής μάζας, της δύναμης, της σωματικής απόδοσης γενικά, ενώ ακόμα είναι δυνατόν να παρατηρηθεί και η αύξηση των ιχνοστοιχείων στα κόκκαλα με αποτέλεσμα να είναι πιο γερά, κάτι πολύ σημαντικό για τους ηλικιωμένους ανθρώπους. Εάν δεν συνδυαστεί με πρόγραμμα γυμναστικής η χορήγηση κρεατίνης στους ηλικιωμένους, τα αποτελέσματα αυτά μπορεί και να φανούν μετά από 1 με 2 χρόνια, ενώ σχετικά με την πυκνότητα των οστών τα αποτελέσματα δεν επέρχονται χωρίς άθληση (Hall M M. E., 2021).

Υπάρχουν υποθέσεις για θετικά αποτελέσματα στην εγκεφαλική λειτουργία του ανθρώπου με τη χορήγηση κρεατίνης, και συγκεκριμένα σε αθλητές. Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι η κρεατίνη μπορεί να αυξήσει τη γνωστική λειτουργία, να μειώσει την εγκεφαλική κούραση, να μειώσει τα αρνητικά αποτελέσματα της έλλειψης ύπνου και παράλληλα να βελτιώσει τη μνήμη του αθλητή. Παραπάνω μελέτες, όμως, είναι αναγκαίες επί του θέματος. Τέλος, η κρεατίνη φαίνεται να βοηθάει και στη αποφυγή ή/και την ελάφρυνση των εγκεφαλικών διασεισεων (Hall M M. E., 2021).

Αρνητικές επιπτώσεις χρήσης κρεατίνης

Σχετικά με την κρεατίνη και το εύρος κίνησης κατά τη διεξαγωγή διαφόρων κινήσεων κατά την άθληση, μετά από μελέτη που έγινε, φάνηκαν αρνητικά αποτελέσματα στην κάμψη του αστραγάλου του αθλητή καθώς και στο εύρος κίνησης των ώμων του, ακολουθώντας το πρωτόκολλο που περιλαμβάνει τη “φάση φόρτωσης” και τη “φάση συντήρησης”. Αυτή η μείωση στο εύρος κίνησης του αθλητή ίσως οφείλεται στη στιφνότητα και την αντίσταση του μυ (μικρότερη ελαστικότητα), λόγω της κατακράτησης υγρών που επέρχεται με τη χορήγηση κρεατίνης ως συμπληρώματος διατροφής.

Ακόμα, παρατηρήθηκε και πρήξιμο (οίδημα) χαμηλά στα πόδια των αθλητών κάτι το οποίο ίσως να είναι ένας ακόμα λόγος για το οποίο παρατηρείται μειωμένο εύρος κίνησης στον αστράγαλο του αθλητή. Τα αρνητικά αποτελέσματα στο εύρος κίνησης παρατηρήθηκαν αμέσως μετά τη “φάση φορτώματος”, κάτι το οποίο σημαίνει ότι μετά το πέρας μερικών εβδομάδων “συντήρησης”, μπορεί αυτά τα προβλήματα στην κινητικότητα να εξασθενήσουν (Cooper R, 2012).

Το μυαλό έχει περιορισμένες ποσότητες κρεατίνης σε σχέση με τους σκελετικούς μύες αλλά μπορεί να συνθέσει κρεατίνη και παράλληλα να αξιοποιήσει κρεατίνη από εξωγενείς πηγές. Βέβαια, σε σχέση με τους σκελετικούς μύες χρειάζεται περισσότερο φόρτωμα κρεατίνης για να αυξηθεί η κρεατίνη στον εγκέφαλο.

Η κρεατίνη σε γενικές γραμμές θεωρείται ασφαλής όταν χορηγείται στις συνιστώμενες δόσεις. Παρόλο αυτού, όμως, κατά την αρχική φάση της χορήγησης μπορεί να παρατηρηθεί υψηλή έκκριση κρεατινίνης στα ούρα ενώ μπορεί να παρατηρηθεί και κατακράτηση υγρών στο σώμα,

με αποτέλεσμα την ανεπιθύμητη αύξηση του σωματικού βάρους. Η κρεατίνης είναι μεταβολικό απόβλητο των μυών και χρησιμοποιείται ως δείκτης για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας των νεφρών και του ουροποιητικού συστήματος. Όταν ο αθλητής παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στη “φάση φορτώματος” είναι πιθανόν να δημιουργήσει πρόβλημα στα νεφρά του. Καμία επίπτωση δεν έχει αναφερθεί ότι υπάρχει στο συκώτι, εφόσον χρησιμοποιούνται οι συνιστώμενες δόσεις.

Έχουν υπάρξει ανησυχίες σχετικά με την κρεατίνη και την ενυδάτωση του σώματος και παράλληλα τη σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας στο ανθρώπινο σώμα αλλά μελέτες δεν έχουν βρει τέτοιες επιπτώσεις.

Σχετικά με αθλητές κάτω των 18 ετών και την κρεατίνη χρειάζεται παραπάνω μελέτη το θέμα για να μπορεί να χορηγηθεί κρεατίνη σε αυτά τα άτομα (Hall M T. T., 2013). Όπως αναφέρθηκε, οι έρευνες σε αθλητές κάτω των 18 είναι ελάχιστες και δεν μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τα εργογόνα αποτελέσματα της κρεατίνης σε αυτό το ηλικιακό γκρουπ (Hall M M. E., 2021) (Hall M T. T., 2013).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Μπορεί κανείς να συναντήσει , παρότι βέβαια δεν είναι απαραίτητο να είναι αισθητές οι επιδράσεις τους, πολλά οξείδια του αζώτου στη καθημερινότητα του, εκ των οποίων το πιο διάσημο είναι το υποξείδιο του αζώτου(N_2O), το οποίο έχει αναισθητικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται στην ιατρική, και είναι πιο γνωστό ως αέριο του γέλιου.

Ένα άλλο οξείδιο το οποίο μάλιστα που δύναται να είναι πολύ σημαντικό για αθλητές και όχι μόνο, είναι το μονοξείδιο του αζώτου(NO), το οποίο φαίνεται να αυξάνει την κυκλοφορία του αίματος στο σώμα και πιο σημαντικά για τους αθλητές την κυκλοφορία του αίματος στους μύες, κάτι το οποίο θεωρητικά μπορεί να αυξήσει την απόδοση του ατόμου κατά την προπόνηση (Harty PS, 2018) (Bruckdorfer, 2005) (Oral, 2021).

Στο ανθρώπινο σώμα το μονοξείδιο του αζώτου μπορεί να βιοσυντεθεί, από το αμινοξύ L-Αργινίνη η οποία αργινίνη στη συνέχεια μετατρέπεται σε L-κιτρουλλίνη και εν τέλη παράγεται το μονοξείδιο του αζώτου. Η αργινίνη ανιχνεύεται σε μεγάλες ποσότητες στο αίμα και σε ακόμα

μεγαλύτερες ποσότητες στο κύταρρο (Shannon OM, 2022) (Arefirad T, 2022) (Bruckdorfer, 2005). Εκτός από την L-Αργινίνη το ανθρώπινο σώμα μπορεί να βιοσυνθέσει μονοξειδίο του αζώτου και από το αμινοξύ L-Κιτρουλλίνη η οποία μπορεί να μετατραπεί σε L-Αργινίνη (Bescós R, 2012). Έχει επίσης προταθεί ότι το διατροφικό συμπλήρωμα GPLC (glycine-propionyl-L-carnitine), το οποίο χρησιμοποιείται από πολλούς αθλητές για την δράση του ως διεγερτικό ανάπτυξης των μυών εκτός άλλων δράσεων, μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα του μονοξειδίου του αζώτου στο σώμα. Οι μηχανισμοί όμως κατά τους οποίους γίνεται αυτό όμως δεν έχουν ακόμα διευκρινιστεί (Bescós R, 2012). Παρά τις εργογόνες ιδιότητες του μονοξειδίου του αζώτου εντός του σώματος στο αίμα, η ένωση αυτή όταν βρίσκεται στην ατμόσφαιρα, κρίνεται ως ρύπος, καθώς το μονοξειδίο του αζώτου το οποίο στις μεγαλούπολεις εκπέμπεται από τις μηχανές των τροχοφόρων και τα εργοστάσια, έχει βρεθεί ότι είναι τοξικό για την ατμόσφαιρα. Μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του αζώτου μπορεί κανείς να ανιχνεύσει επίσης και στον καπνό του τσιγάρου (Bruckdorfer, 2005).

L-ΑΡΓΙΝΙΝΗ

Η L-αργινίνη συναντάται στα τρόφιμα που περιέχουν πρωτεΐνη, όπως πουλερικά, ψάρια, αυγά, προϊόντα γάλακτος και φακές. Μία ισορροπημένη διαίτα προσφέρει περίπου 4-5 γραμμάρια L-αργινίνης την ημέρα (National Institutes of Health, 2021). Η L-αργινίνη δεν είναι απαραίτητο αμινοξύ, αλλά όταν συναντιούνται συγκεκριμένες συνθήκες στο άτομο, όπως καταβολικό στρες, γίνεται απαραίτητο (Álvares TS, 2011). Η L-Αργινίνη είναι ουσία απαραίτητη για τη σύνθεση του μονοξειδίου του αζώτου (Harty PS, 2018) (Arefirad T, 2022). Οι εταιρείες συμπληρωμάτων ισχυρίζονται ότι η L-αργινίνη αυξάνει την απόδοση κατά την προπόνηση εν μέρει λόγω της μετατροπής της σε μονοξειδίο του αζώτου το οποίο φέρει ως αποτέλεσμα διαστολή των αιμοφόρων αγγείων και καλύτερη κυκλοφορία του αίματος. Καλύτερη κυκλοφορία του αίματος σημαίνει ότι περισσότερο οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά θα μπορούν να παραδοθούν στους μύς και παράλληλα επιταχύνεται η αποβολή αποβλήτων ουσιών που έχουν ως αποτέλεσμα την κόπωση των μυών (National Institutes of Health, 2021) (Harty PS, 2018). Κάποιες έρευνες δείχνουν ότι στοματική πρόσληψη της έχει λιγοστά αποτελέσματα στην αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος ή στην βελτίωση της προπόνησης (Harty PS, 2018). Παρόλα αυτά μελέτες έχουν δείξει αύξηση στην αερόβια δύναμη ακόμα και βελτίωση της απόδοσης και σε

ασκήσεις με βάρη, ενώ σημαντικές βελτιώσεις παρατηρούνται και κατά την συμπλήρωση λίγο πριν την προπόνηση, όπου βρέθηκε αύξηση στη μέγιστη δύναμη των αθλητών, στο ολικό έργο ενώ φαίνεται να υπάρχει και μειωμένη κόπωση των μυών. Στους αθλητές που υποβλήθηκαν στις μελέτες χορηγήθηκαν από 3 γραμμάρια έως 12 γραμμάρια αργινίνης σε διαφορετικές μορφές για διαστήματα από 3 μέρες έως και 3 εβδομάδες (Álvares TS, 2011). Σημαντικό είναι να αναφερθεί το ένζυμο αργινάση, όπου υδρολύει την L-αργινίνη σε L-ορνιθίνη και ουρία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρούνται χαμηλά επίπεδα L-αργινίνης η οποία λειτουργεί ως υπόστρωμα για σύνθεση του μονοξειδίου του αζώτου. Αυτό σημαίνει χαμηλότερα επίπεδα μονοξειδίου του αζώτου στο σώμα (Shannon OM, 2022) (Figueroa A, 2017) (Tsukiyama Y, 2017). Σχετικά με την ασφάλεια χορήγησης αργινίνης, 30 γραμμάρια L-αργινίνης έχουν δείξει ότι μπορούν να προκαλέσουν αρνητικά αποτελέσματα στα υπό εξέταση άτομα όπως για παράδειγμα διάρροια και ταχυκαρδία ενώ εξεταζόμενοι που τους έχουν χορηγηθεί 21 γραμμάρια παρουσίαζαν διάρροια και ναυτία. Αντιθέτως, δόσεις κάτω των 20 γραμμαρίων έχουν φανεί να είναι ανεκτές και να έχουν σπάνια αρνητικές επιπτώσεις. Κατά τις μελέτες σε αθλητές χορηγούνται από 3 γραμμάρια έως και σε κάποιες περιπτώσεις 15 γραμμάρια, ανάλογα τον χρονοδιάγραμμα της μελέτης και τις δοκιμασίες που υποβάλλονται οι αθλητές (Álvares TS, 2011). Για την αύξηση της αερόβιας επίδοσης προτείνεται 1.5 g έως 2 g αργινίνης την ημέρα για 4-7 εβδομάδες, ενώ για την αύξηση της αναερόβιας επίδοσης προτείνεται 10-12 g αργινίνης την ημέρα (Viribay A, 2020).

L-KITΡΟΥΛΛΙΝΗ

Η L-κιτρουλλίνη είναι μη απαραίτητο αμινοξύ όπου παράγεται στον οργανισμό αλλά παράλληλα συναντάται κυρίως στα καρπούζια ή παρασκευάζεται συνθετικά, ενώ έχει βρεθεί ότι λειτουργεί σαν αγγειοδιασταλτικό λόγω της έμμεσης μετατροπής της σε μονοξείδιο του αζώτου, το οποίο μπορεί να αυξήσει την απόδοση κατά την άσκηση (National Institutes of Health, 2021) (Harty PS, 2018) (Figueroa A, 2017). Στα νεφρά κατά τον κύκλο της ουρίας μετατρέπεται σε ένα άλλο αμινοξύ, την L-αργινίνη, η οποία αργινίνη στην συνέχεια μετατρέπεται σε μονοξείδιο του αζώτου (National Institutes of Health, 2021) (Figueroa A, 2017). Σε αντίθεση με την L-αργινίνη, η L-κιτρουλλίνη δεν καταβολίζεται από το ένζυμο αργινάση ενώ παράλληλα μελέτες σε ζώα και ανθρώπους έχουν δείξει ότι μπορεί να λειτουργήσει ακόμα και σαν αναστολέας του ενζύμου

αυτού. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να προσπεράσουμε το πρόβλημα που υπάρχει με την υδρόλυση της L-αργινίνης , κατά την στοματική της λήψη από το ένζυμο αργινάση, με τη χορήγηση συμπληρωμάτων L-κιτρουλλίνης (Figueroa A, 2017).

Μορφές

Η L- κιτρουλλίνη είναι πολύ συνηθισμένο να χορηγείται υπό τη μορφή μηλικής κιτρουλλίνης. Το μηλικό οξύ βοηθάει στην παραγωγή ενέργειας καθώς και στην παραγωγή ATP. Παράλληλα το μηλικό οξύ φαίνεται να μειώνει την παραγωγή γαλακτικού οξέος στους μύες. Ο συνδυασμός L-κιτρουλλίνης και μηλικού οξέος φαίνεται να έχει συνδυαστικό αποτέλεσμα σε ενδομυϊκό επίπεδο.

Η μηλική κιτρουλλίνη μπορεί να αυξήσει την κυκλοφορία του αίματος στον σκελετικό μυϊκό ιστό, να αυξήσει την παραγωγή ATP και να ενισχύσει την απόδοση του αθλητή κατά την άσκηση. Παρόλα αυτά, όμως , δεν υπάρχουν μελέτες που να συγκρίνουν τα αποτελέσματα της L-κιτρουλλίνης σε σχέση με τη μηλική κιτρουλλίνη (Gonzalez AM, 2020).

Αθλητική απόδοση

Πιο συγκεκριμένα για τους μηχανισμούς που καθιστούν το αμινοξύ αυτό ως μια ουσία η οποία μπορεί να επηρεάσει θετικά την απόδοση κατά την προπόνηση , η L-κιτρουλλίνη μπορεί να λειτουργήσει ως ένας ρυθμιστής οξυγόνου, καθώς ενισχύει την βιοδιαθεσιμότητα του μονοξειδίου του αζώτου. Το μονοξείδιο του αζώτου διευκολύνει την μεταφορά του οξυγόνου εντός των σκελετικών μυών. Λόγω αυτού η L-Κιτρουλλίνη μπορεί να κάνει πιο πιθανή την επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ οξυγόνωσης των μυών και της μεταβολικής τους ανάγκης (Figueroa A, 2017).

Παράλληλα το αμινοξύ αυτό έχει βρεθεί ότι βελτιώνει τα επίπεδα αμμωνίας. Η αμμωνία σχετίζεται με την κόπωση των μυών καθώς αυξάνει την αναερόβια γλυκόλυση και παράγει γαλακτικό οξύ το οποίο σχετίζεται άμεσα με την κούραση στους μυς (Figueroa A, 2017). Κατά την συμπλήρωση με L-κιτρουλλίνη μέχρι και εντός 24 ωρών πριν από την άσκηση σε διάδρομο τρεξίματος , δεν βρέθηκε ότι L-κιτρουλλίνη μεταβάλλει τα επίπεδα της αναερόβιας γλυκόλυσης ή να ενισχύει την αγγειοδιασταλτική λειτουργία, ενώ παράλληλα δεν βελτίωσε την απόδοση στην ασκήσεις με μεγαλύτερη ένταση στους αθλητές (Figueroa A, 2017). Κατά τη χορήγηση, για

τον έλεγχο εργογόνων αποτελεσμάτων, 6 γρ/ημέρα για 7 μέρες L-κιτρουλλίνης, παρατηρήθηκε βελτίωση στη οξυγόνωση των σκελετικών μυών, κατά τη διάρκεια μέτριας και υψηλής έντασης γυμναστική. Παράλληλα βρέθηκε αύξηση στα επίπεδα L-αργινίνης στο πλάσμα η οποία αργινίνη λειτουργεί σαν υπόστρωμα για τη σύνθεση του μονοξειδίου του αζώτου όπου και παρατηρήθηκε αύξηση του κατά 28%. Ακόμα, παρατηρήθηκε αύξηση στην μέγιστη δύναμη των αθλητών, ενώ επιπλέον ο χρόνος που χρειαζόταν ο αθλητής για να κουραστεί είχε αυξηθεί κατά 12% (Goron A, 2018).

Μελέτες που χρησιμοποίησαν καρπούζι πλούσιο σε κιτρουλλίνη ως συμπλήρωμα αντί για L-κιτρουλλίνη σε ελεύθερη μορφή δεν παρουσίασαν βελτίωση στην απόδοση παρά την αύξηση των επιπέδων της L-αργινίνης στο πλάσμα και της μεγαλύτερης βιοδιαθεσιμότητας του μονοξειδίου του αζώτου (Figueroa A, 2017).

Σχετικά με τη χορήγηση μηλικής κιτρουλλίνης και τα εργογόνα της αποτελέσματα σε ασκήσεις με βάρη βρέθηκαν τα εξής σε ανάλυση μελετών. Αρχικά οι δόσεις που χορηγήθηκαν στις μελέτες ήταν από 6g έως 8 g και η χορήγηση λάμβανε μέρος 40 με 60 λεπτά πριν την προπόνηση. Οι ασκήσεις που υποβλήθηκαν οι εξεταζόμενοι ήταν ασκήσεις με βάρη όπως πχ πάγκος πιέσεων στήθους, κάμψεις δικεφάλων, πιέσεις ποδιών ενώ ο σκοπός των μελετών ήταν να εξετάσουν εάν υπάρχουν διαφορές στις επαναλήψεις που μπορεί να εκτελέσει ο αθλητής στο 60-80% του βάρους που μπορεί να σηκώσει για μία μόνο επανάληψη. Οι εξεταζόμενοι ήταν 25+-5 χρονών ενώ έπρεπε να γυμνάζονται για τουλάχιστον 6 μήνες πριν τις μελέτες. Οι μελέτες έγιναν ελεγχόμενες από χάπι placebo. Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν ότι μετά τη χορήγηση μηλικής κιτρουλλίνης υπήρξε αύξηση στον αριθμό των επαναλήψεων που μπορεί να κάνει ο αθλητής και συγκεκριμένα οι επαναλήψεις του αυξήθηκαν κατά 3+-5. Επίσης, μετρήθηκε αύξηση κατά 6.4% στη συνολική απόδοση των εξεταζόμενων μετά τη χορήγηση μηλικής κιτρουλλίνης. Τα αποτελέσματα αυτά, στην αύξηση των επαναλήψεων και της συνολικής απόδοσης δείχνουν ότι η χορήγηση μηλικής κιτρουλλίνης ίσως να είναι αποτελεσματική για αυτούς που γυμνάζονται με ασκήσεις με βάρη (Vårnik FT, 2021).

Ασφαλεια – δοσολογία

Σχετικά με την ασφάλεια της κιτρουλλίνης ως συμπληρώματος διατροφής προτείνεται μια ημερήσια δόση 3g έως 6g την ημέρα για να φανούν τα εργογόνα αποτελέσματά της. Κατά την κατανάλωση L-κιτρουλλίνης ως συμπληρώματος διατροφής, ιδιαίτερα σε μεγάλες δόσεις, μπορούν να παρατηρηθούν αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, όπως πρήξιμο στην κοιλιακή χώρα, κράμπες, διάρροια καθώς και αυξημένη εφίδρωση. Σε μελέτη που χορηγήθηκε 15 g κιτρουλλίνης δεν φάνηκαν αρνητικές επιπτώσεις. Όμως, δεν παρατηρήθηκε πλήρης απορρόφηση όλης της ποσότητας της κιτρουλλίνης, οπότε δε συνιστώνται δόσεις παραπάνω από 10 g καθώς δεν έχουν σημαντικά αποτελέσματα. Παρόλες τις αρνητικές επιπτώσεις όπου μπορεί να έχει η L-κιτρουλλίνη σε μεγάλες δόσεις, σε σχέση με την L-αργινίνη, η κιτρουλλίνη φέρεται να επιφέρει σπανιότερα αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο σε μεγάλες ποσότητες (Cleveland Clinic, 2023) (Allerton TD, 2018).

B-ΑΛΑΝΙΝΗ

Ένα μη-απαραίτητο αμινοξύ το οποίο μπορεί να παραχθεί στο συκώτι ή/και να ληφθεί από τη διατροφή του ατόμου ειδικά από το λευκό και το κόκκινο κρέας είναι η β-αλανίνη (Berti Zanella P, 2017). Χρησιμοποιείται από ανταγωνιστικούς αθλητές για να αυξήσουν την αθλητική τους επίδοση και θεωρείται από τα πιο δημοφιλή συμπληρώματα διατροφής που προορίζονται για το σκοπό αυτό, δηλαδή της σωματικής τους βελτίωσης (Hoffman JR, 2018). Μέσω μίας διατροφής η οποία περιλαμβάνει όλο το φάσμα των τροφών κυρίως πρωτεϊνούχων ο άνθρωπος λαμβάνει περίπου 1 γραμμάριο β-αλανίνη την ημέρα. Το αμινοξύ αυτό το ανθρώπινο σώμα το χρησιμοποιεί για να παράγει καρνοσύνη στους σκελετικούς μυϊκούς ιστούς (National Institutes of Health, 2021).

Καρνοσύνη

Η καρνοσύνη είναι ένα διπεπτίδιο το οποίο συνθέτει το ανθρώπινο σώμα από τη β-αλανίνη και τη L-ιστιδίνη, η οποία είναι επίσης αμινοξύ. Η καρνοσύνη βρίσκεται κυρίως στο σκελετικό μυϊκό ιστό (Jukić I, 2021).

Ενώ ο ρόλος της καρνοσύνης δεν έχει ακόμα εδραιωθεί πλήρως, έχει φανεί ότι λειτουργεί θετικά στη σωστή συστολή και διαστολή των σκελετικών μυών ενώ παράλληλα μπορεί να παρατείνει τον χρόνο που χρειάζεται ο μυς για να κουραστεί. Ακόμα, παίζει σημαντικό ρόλο στην

ομοιόσταση των μυών. Συγκεκριμένα, η καρνοσύνη λειτουργεί ως ρυθμιστής του Ph στους μυς, το οποίο Ph όταν είναι σε χαμηλά επίπεδα, είναι η αιτία της αίσθησης πόνου και κούρασης στους σκελετικούς μυς, κάτι το οποίο συμβαίνει λόγω της συνεχόμενης αύξησης και συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στους μύες κατά τη διάρκεια της προπόνησης (National Institutes of Health, 2021) (Jukić I, 2021). Η ρύθμιση του Ph πραγματοποιείται καθώς η καρνοσύνη δεσμεύει τα πρωτόνια(γαλακτικό οξύ) που παράγονται κατά την έντονη σωματική άσκηση, με αποτέλεσμα να υπάρχει πιο ομαλή πτώση του Ph, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στον αθλητή να γυμναστεί για παραπάνω χρονικό διάστημα (Hoffman JR, 2018).

Η καρνοσύνη είναι ένα θρεπτικό συστατικό που περιέχεται σε αφθονία , εκτός και άλλων πρωτεϊνούχων τροφών όπως πουλερικά και ψάρια σε βαθιά νερά, στο μοσχάρι. Μια καθημερινή κατανάλωση 30 γραμμαρίων ξηρού μοσχαριού μπορεί να προσφέρει όλη την ημερήσια αναγκαία ποσότητα καρνοσύνης που χρειάζεται ένας άνθρωπος για 70 κιλών για να καλυτερεύσει την υγεία του, αλλά όχι απαραίτητα την αθλητική του επίδοση (Jukić I, 2021).

Ο σκελετικός μυϊκός ιστός δεν μπορεί να συνθέσει τα αμινοξέα β-αλανίνη και L-ιστιδίνη και συνεπώς την καρνοσύνη για αυτό βασίζεται στην κυκλοφορία του αίματος για να λάβει την καρνοσύνη. Επιπρόσθετα , η L-ιστιδίνη είναι σε μεγαλύτερη αφθονία στο πλάσμα για αυτό και θεωρείται ότι η β-αλανίνη είναι περιοριστικός παράγοντας όσον αφορά τη συγκέντρωση της καρνοσύνης στο σκελετικό μυϊκό ιστό, και συνήθως συμπληρώνεται στους αθλητές μέσω σκευασμάτων έναντι της L-ιστιδίνης (Bellinger, 2014).

Δοσολογία

Για να μεγιστοποιήσει κανείς τα αποτελέσματα της β- αλανίνης όσον αφορά τα επίπεδα καρνοσύνης, και ως συνέπεια να αυξήσει την αθλητική του απόδοση, προτείνεται μια “φάση φόρτωσης “ , όπως συνηθίζεται και με την κρεατίνη. Έχει βρεθεί ότι η λήψη 4-6 g β- αλανίνης για τουλάχιστον δυο εβδομάδες μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα καρνοσύνης στους μύες κατά 20-30%, ενώ μετά από 4 εβδομάδες τα επίπεδα καρνοσύνης μπορούν να ανέβουν κατά 40-60%. Χωρίζοντας τα 6 γραμμάρια της β-αλανίνης σε 4 δόσεις ημερησίως είναι πιο αποτελεσματικό. Η κατανάλωση μονών μεγάλων δόσεων δεν είναι αποτελεσματική και μπορεί να προκαλέσει φαγούρα (κνησμό). Η κατανάλωση β-αλανίνης σε συνδυασμό με γεύματα κατά τη φάση

φόρτωσης , ενισχύει παραπάνω τα επίπεδα καρνοσύνης στους μύες. Παρόλα αυτά οι κατάλληλες δόσεις για τη “φάση φόρτωσης” αλλά και για τη “φάση συντήρησης” κατά τη χορήγηση β-αλανίνων δεν είναι ακόμα τελείως γνωστές (Trexler ET S.-R. A., 2015).

Λόγω της χρήσης της ως ρυθμιστής του pH των μυών, όταν μετατρέπεται σε καρνοσύνη η β-αλανίνη χρησιμοποιείται και σε αρκετά συμπληρώματα διατροφής τα οποία έχουν μείγμα συστατικών και προορίζονται πριν την προπόνηση. Συνήθως περιλαμβάνεται στα σκευάσματα αυτά που βοηθούν τον αθλητή σε ασκήσεις με μεγάλη ένταση (Harty PS, 2018).

Εργογόνος δράση

Σε μελέτες που γίνανε πάνω στα εργογόνα αποτελέσματα της β-αλανίνης βρέθηκαν τα εξής: αρχικά κατά τις μελέτες ελέγχθηκαν τα εργογόνα αποτελέσματα στην αερόβια επίδοση, την αναερόβια επίδοση και στη σωματική σύσταση του ανθρώπου. Παράλληλα κατά τις μελέτες αυτές χορηγήθηκαν διάφορες ημερήσιες δόσεις και συγκεκριμένα 2 g - 6,4 g, με κάποιες μελέτες να αυξάνουν σταδιακά τη χορηγούμενη δόση. Η χορήγηση και κατ’ επέκταση οι μελέτες κράτησαν 4 με 13 εβδομάδες, ενώ η β-αλανίνη χορηγήθηκε στους εξεταζόμενους είτε υπό τη μορφή σκόνης είτε υπό τη μορφή καψουλών. Ακόμα στους εξεταζόμενους σε κάποιες από τις μελέτες χορηγήθηκε και πρόγραμμα γυμναστικής. Το εύρος ηλικίας στο σύνολο των μελετών ήταν από 18 έως 85 ενώ οι άνθρωποι που εξετάστηκαν ήταν από επαγγελματίες αθλητές μέχρι και ηλικιωμένοι άνθρωποι που κάνουν μια απλή ζωή. Τα αποτελέσματα που θα αναφερθούν προκύπτουν από συνολικά 19 μελέτες. Οι μελέτες αυτές γίνανε ελεγχόμενες με χάπια placebo. Σχετικά με τα αποτελέσματα στην αερόβια επίδοση, 9 από τις 19 μελέτες εξέτασαν τα αποτελέσματα σχετικά με την αερόβια επίδοση του αθλητή. Συγκεκριμένα, 1 από τις 9 μελέτες βρήκαν αυξημένη πρόσληψη οξυγόνου, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για τον αερόβιο μεταβολισμό και μεγαλύτερο χρόνο που χρειάστηκε ο εξεταζόμενος για να κουραστεί. Οι υπόλοιπες 8 μελέτες δε βρήκαν σημαντικές αλλαγές στο οξυγόνο ή το χρόνο που χρειάστηκε ο αθλητής για να κουραστεί με τη χορήγηση β-αλανίνης. Στις μελέτες αυτές παρατηρήθηκε καλύτερη οξυγόνωση αφότου είχε κουραστεί ο αθλητής. Σχετικά με τη χορήγηση β-αλανίνης και τα επίπεδα γαλακτικού οξέος στο σώμα, κάποιες μελέτες δείξαν ότι η β-αλανίνη χορηγούμενη ως συμπλήρωμα μπορεί να καθυστερήσει τη συσσώρευση γαλακτικού οξέος το οποίο έχει ως αποτέλεσμα οι πόνοι στον αθλητή λόγω της άσκησης να καθυστερήσουν να επέλθουν. Άλλες

μελέτες δεν είδαν σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τη συσσώρευση γαλακτικού οξέος . Πρέπει να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα της β- αλανίνης σε αυτές τις μελέτες δεν ήταν σταθερά και παραπάνω έρευνα με τη β- αλανίνη και τα αποτελέσματά της στην αερόβια επίδοση είναι αναγκαία. Σχετικά με την αναερόβια επίδοση του αθλητή μετά τη χορήγηση της β- αλανίνης ως συμπληρώματος διατροφής, παρατηρήθηκαν θετικά αποτελέσματα στην παραγωγή έργου από τον αθλητή μετά από 4 εβδομάδες χορήγησης (13% αύξηση στην παραγωγή έργου) ενώ μετά από 10 εβδομάδες παρατηρήθηκε 3,2% επιπλέον αύξηση στην παραγωγή έργου. Ακόμα, βρέθηκε αύξηση στη δύναμη των εξεταζόμενων μετά από 4 εβδομάδες χορήγησης β-αλανίνης. Υπήρξαν , όμως και μελέτες που δε βρήκαν αλλαγές στη δύναμη ή την παραγωγή έργου στους εξεταζόμενους. Ακόμα , με τη χορήγηση β-αλανίνης φάνηκε να υπάρχει αυξημένη επίδοση των εξεταζόμενων ατόμου είχαν κουραστεί. Επιπλέον, κατά τη χορήγηση βρέθηκαν βελτιώσεις σε σπριντ 30 δευτερολέπτων, όπως αυξημένη δύναμη κατά τη διάρκεια του σπριντ. Τέλος, σχετικά με τη χορήγηση β-αλανίνης και την αναερόβια επίδοση μέσω των μελετών παρατηρήθηκε ότι η χορήγηση του αμινοξέος αυτού μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην δύναμη, στην παραγωγή έργου και την αθλητική καταπόνηση που μπορεί να αντέξει ο εξεταζόμενος. Παρόλα αυτά παραπάνω μελέτες είναι αναγκαίες σχετικά με τη β-αλανίνη και τα θετικά της αποτελέσματα στην αναερόβια επίδοση των αθλητών. Όσον αφορά τις επιδράσεις τη β-αλανίνης στη σωματική σύσταση του ανθρώπου βρέθηκε σε 4 από τις 7 μελέτες ότι μπορεί να αυξήσει την μυϊκή μάζα του αθλητή. Σε καμία μελέτη δε βρέθηκαν αλλαγές στις ορμόνες των εξεταζόμενων , όπως π. χ την τεστοστερόνη. Κατά τη συμπλήρωση με β-αλανίνη τα επίπεδα καρνοσύνης αυξήθηκαν κατά 80% μετά από 10 εβδομάδες, κάτι το οποίο μπορεί να αυξήσει την αθλητική επίδοση του ατόμου. Τέλος, η β-αλανίνη φάνηκε ότι μπορεί να αυξήσει το καθαρό βάρος των αθλητών, να αυξήσει δηλαδή το βάρος τους χωρίς να αυξηθεί το λίπος τους κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για ανθρώπους του αθλητικού χώρου και ιδιαίτερα για αυτούς που εξασκούν πολεμικές τέχνες. Πρέπει να αναφερθεί ότι τόσο σχετικά με την αερόβια επίδοση όσο και την αναερόβια αλλά και τη σωματική σύσταση του αθλητή μετά τη χορήγηση της β- αλανίνης ως συμπληρώματος χρειάζονται επιπλέον μελέτες (Quesnele JJ, 2014).

Ασφάλεια

Σχετικά με τις παρενέργειες της β-αλανίνης, έχει βρεθεί ότι η κατανάλωση ποσοτήτων άνω των 800 mg, σε μονή δόση και σε μορφή που απελευθερώνεται αμέσως στο σώμα μπορεί να προκαλέσει παραισθήσεις, και συγκεκριμένα μπορεί να δημιουργήσει φαγούρα στον άνθρωπο, η οποία εμφανίζεται κυρίως στο πρόσωπο, στο λαιμό αλλά και στα χέρια του. Η ένταση της παραισθησης φαγούρας που προκαλεί η β-αλανίνη είναι ανάλογη με τη δόση, ενώ παράλληλα μπορεί να μειωθεί εάν το αμινοξύ καταναλωθεί σε μορφή όπου διαλύεται σταδιακά στο σώμα. Ακόμα, τα αποτελέσματα μακροπρόθεσμης (>1 χρόνο) χρήσης της β-αλανίνης είναι άγνωστα, αλλά θεωρείται γενικά ασφαλής για χρόνια χρήση. Ένα ακόμα αρνητικό αποτέλεσμα της β-αλανίνης είναι ότι μπορεί να μειώσει τη συγκέντρωση ταυρίνης στο σώμα. Αυτό βασίζεται στο ότι κατά μελέτες σε ζώα βρέθηκε ότι η συμπλήρωση με β-αλανίνη μπορεί να μειώσει τα επίπεδα ταυρίνης στην κυκλοφορία του αίματος κατά 60%. Σε μελέτες σε ανθρώπους που χορηγήθηκε β-αλανίνη για 4 εβδομάδες, δεν βρέθηκαν σημαντικές αλλαγές στα επίπεδα ταυρίνης στο σκελετικό μυ. Τέλος, δεν υπάρχουν δεδομένα για να υποστηρίξουν τις αρνητικές επιδράσεις της β-αλανίνης πάνω στην ταυρίνη, στους ανθρώπους αλλά και εάν υπάρχει μείωση της ταυρίνης στον άνθρωπο, αυτό δεν επηρεάζει τη φυσιολογία του (Trexler ET S.-R. A., 2015) (Dolan E, 2019).

HMB- β-υδροξυ-β-μεθυλοβουτυρικό οξύ

Το β-ύδροξυ-β-μεθυλοβουτυρικό οξύ η αλλιώς HMB (Beta-hydrox-beta-methylburyrate) είναι μεταβολίτης του απαραίτητου αμινοξέος λευκίνη, η οποία λειτουργεί ως μόριο σηματοδότης για την έναρξη της πρωτεϊνοσύνθεσης. Μεταβολίτης είναι ένα ενδιάμεσο η τελικό προϊόν μίας μεταβολικής αντίδρασης. Συγκεκριμένα μέρος λευκίνης μετατρέπεται σε HMB (Holeček, 2017). Περίπου το 5% της λευκίνης μεταβολίζεται σε HMB (Portal S, 2010).

Το HMB έχει φανεί ότι αυξάνει την πρωτεϊνοσύνθεση, ενώ παράλληλα φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικό σε αυτό σε σχέση με τη λευκίνη στον ίδιο ρόλο. Εν συνεχεία έχει παρατηρηθεί σε μελέτες, η μείωση της πρωτεόλυσης στους μύες μέσω του HMB. Κατά τη πρωτεόλυση οι πρωτεΐνες στους μύες αποδομούνται κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό καθώς οι πρωτεΐνες λειτουργούν και ως θρεπτικά συστατικά. Με βάση αυτά τα δύο το HMB διατηρεί μια ισορροπία στους μύες μεταξύ πρωτεϊνοσύνθεσης και πρωτεόλυσης. Συμπλήρωση με εξωγενή HMB έχει δείξει ότι αυξάνει την οξείδωση του λίπους στον σκελετικό μυ και ως συνέπεια απώλεια λίπους προσδίδοντας πιο αισθητική όψη στους μυς, κάτι το οποίο είναι επιθυμητό από πολλούς αθλητές του bodybuilding, καθώς λιγότερο λίπος στους μύες, σημαίνει μεγαλύτερη ευκρίνεια του σώματος (Holeček, 2017).

Το μεγαλύτερο μέρος του HMB παράγεται στο συκώτι μέσω της μεταβολικής πορείας της λευκίνης (Holeček, 2017). Η ουσία αυτή είναι πολύ διαδεδομένη σε αθλητές που είναι σε γυμναστήρια για γενική εξάσκηση και ενδυνάμωση, με πολλούς χρήστες της να είναι νέοι άνθρωποι και έφηβοι (Portal S, 2010).

Πηγές - δοσολογία

Πηγή HMB για τον άνθρωπο είναι τροφές όπως το γκρέϊπφρουτ, ορισμένα ψάρια, το κρέας, και φυσικά τα γαλακτοκομικά προϊόντα αφού έχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, και συγκεκριμένα τη λευκίνη που χρειάζεται για τη παραγωγή HMB (Portal S, 2010). Ημερησίως προτείνεται η πρόσληψη 3 γραμμαρίων HMB ως συμπλήρωμα διατροφής από κατασκευαστές σκευασμάτων για τη συντήρηση ή την βελτίωση των μυών (υπερτροφία, δύναμη, αντοχή). Πρόσληψη

μικρότερης ποσότητας έδειξε αισθητά μειωμένα αποτελέσματα ενώ κατά τη χορήγηση δόσης μεγαλύτερης των 3 γραμμαρίων δεν παρατηρήθηκαν διαφορές. Γενικά, 3 γραμμάρια HMB ισοδυναμούν με 60 γραμμάρια λευκίνης (Holeček, 2017) (Portal S, 2010).

Η χορήγηση HMB, σε αντίθεση με άλλα συμπληρώματα που ίσως έχουν άμεσα αποτελέσματα, βάση μελετών έχει προταθεί πριν την προπόνηση να γίνεται έως και για δύο εβδομάδες πριν την προπόνηση όπου θέλει κανείς να παρατηρήσει αποτελέσματα. Επίσης, για την επίτευξη των θετικών αποτελεσμάτων όπως μυϊκή υπερτροφία και μυϊκή δύναμη είναι απαραίτητο ο αθλούμενος να έχει σωστό πρόγραμμα γυμναστικής με βάση τους στόχους του (Holeček, 2017).

Μορφές

Στο εμπόριο το HMB μέχρι σχετικά πρόσφατα παρέχονταν σε μορφή άλατος του ασβεστίου (HMB-Ca), ενώ πλέον έχουν επικρατήσει στο εμπόριο και σκευάσματα που περιέχουν HMB σε ελεύθερη μορφή. Οι μελέτες πάνω στις δύο μορφές αυτές έδειξαν ότι κατά τη χορήγηση HMB σε ελεύθερη μορφή υπήρξε αυξημένη συγκέντρωση HMB στο πλάσμα του αίματος, που συνεπάγεται μεγαλύτερη διαθεσιμότητα HMB στους ιστούς.

Παρόλο της υψηλότερης διαθεσιμότητας HMB κατά τη πρόσληψη σε ελεύθερη μορφή, κατά την χορήγηση του HMB σε μορφή άλατος παρατηρήθηκε μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα HMB. Η βιοδιαθεσιμότητα συσχετίζεται με την ποσότητα HMB που εν τέλει απορροφάται. Μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα σημαίνει μεγαλύτερη απορρόφηση της ουσίας από τον οργανισμό, όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το HMB (Holeček, 2017) (Kaczka P, 2019).

Δράση

Με βάση τη μεταβολική πορεία του HMB μπορεί κανείς να υποθέσει ότι με τη χορήγηση HMB στον άνθρωπο θα επηρεαστούν και τα επίπεδα λευκίνης. Αντιθέτως, η συγκέντρωση της λευκίνης τόσο στους μύες όσο και το πλάσμα του αίματος δεν μεταβλήθηκε μετά τη στοματική πρόσληψη HMB, κατά την άσκηση, κάτι το οποίο μπορεί να ευθύνεται στις χαμηλές χορηγούμενες δόσεις (έως 6 γραμμάρια την ημέρα). Παρατηρήθηκε, όμως, ότι παρότι τα επίπεδα λευκίνης δεν μεταβλήθηκαν, η ποσότητα της λευκίνης που απαιτήθηκε για να παρατηρηθούν τα θετικά της αποτελέσματα κατά την άσκηση μειώθηκε.

Σχετικά με το HMB δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία σχετικά με τη παραγωγή HMB στο πλάσμα του αίματος κατά τη διάρκεια ή μετά την προπόνηση (Holeček, 2017). Χάρη στις μελέτες τα τελευταία 20 χρόνια έχει φανεί ότι το HMB μπορεί ενδεχομένως να αυξήσει την απόδοση στην αερόβια άθληση, να αυξήσει τον όγκο και τη συνολική δύναμη των μυών ενώ παράλληλα βοηθάει στην αντιμετώπιση της κούρασης που προκαλείται από γυμναστική (Holeček, 2017).

Η χρήση του είναι σημαντική λοιπόν στην βιομηχανία συμπληρωμάτων που προάγουν συμπληρώματα για αθλητές καθώς συσχετίζεται με αντικαταβολικές δράσεις στο σκελετικό μυϊκό ιστό (Holeček, 2017) (Portal S, 2010). Χρησιμοποιείται πολύ συχνά από αθλητές και ανθρώπους που δεν αθλούνται για την απώλεια λίπους και τη δράση του ενάντια στην απώλεια μυ λόγω ηλικίας ή/και ασθένειας. Τα θετικά αποτελέσματα του HMB δεν παρατηρούνται σε υγιείς ανθρώπους, που δεν αθλούνται (Holeček, 2017). Έχει ακόμα παρατηρηθεί ότι το HMB είναι πιο αποτελεσματικό σε αθλητές που δεν είναι προπονημένοι ή σε αθλητές που υποβάλλονται σε μεγάλες περιόδους υψηλού σωματικού στρες (Holeček, 2017). Παρόλο που οι αθλητές χρησιμοποιούν το HMB ως συμπλήρωμα για λόγους όπως απώλεια λίπους ή μυϊκή ανάπτυξη, παραπάνω μελέτη χρειάζεται για να μπορούμε να είμαστε σίγουροι για τις επιδράσεις της ουσίας σύμφωνα πάντα με τους μελετητές που έχουν διεξάγει τις έρευνες πάνω στις οποίες βασίζονται οι βιομηχανίες συμπληρωμάτων και οι αθλητές (Kaczka P, 2019). Άρθρα έχουν δείξει ότι η χορήγηση HMB σε ασθενείς που είναι καθηλωμένοι σε κρεβάτι για μεγάλο χρονικό διάστημα μείωσε το ρυθμό ατροφίας των μυών ενώ παράλληλα άλλα άρθρα έδειξαν μειωμένη απώλεια μυϊκής μάζας σε άτομα με ασθένειες που χαρακτηρίζονται από καταβολικές διεργασίες όπως το AIDS. Ακόμα, ενώ ο άνθρωπος όταν βρίσκεται σε θερμιδικό έλλειμμα τείνει να καταβολίζει τους μύες του ως προσπάθεια για να βρει τα θρεπτικά συστατικά που του λείπουν, κατά τη χορήγηση HMB σε άτομα υπό θερμιδικό έλλειμμα σημειώθηκε μικρότερη απώλεια καθαρής μυϊκής μάζας. Κάτι το οποίο κρίνεται σημαντικό διότι κατά την προσπάθεια πολλών αθλητών να χάσουν βάρος μόνο υπό τη μορφή λίπους από το σώμα τους, είτε για διαγωνισμούς bodybuilding είτε για απώλεια βάρους, χωρίς μείωση της δύναμης τους, καταλήγουν να χάνουν σημαντική ποσότητα καθαρής μυϊκής μάζας. Τα αποτελέσματα του HMB στις τρεις αυτές περιπτώσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως βάσεις για την εδραίωση του

HMB ως αντικαταβολική ουσία αλλά όπως αναφέρουν και τα περισσότερα άρθρα και μελέτες περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη (Portal S, 2010).

Σε ανάλυση μελετών που έγινε πάνω στο HMB για να ελεγχθεί εάν έχει εργογόνα αποτελέσματα και εάν επιφέρει αλλαγές στη σύσταση του σώματος των αθλητών, όπως για παράδειγμα, αύξηση της καθαρής μυϊκής μάζας, μείωση του λίπους στο σώμα και αύξηση της δύναμης βρέθηκαν τα εξής. Αρχικά, στις μελέτες αυτές η χορηγούμενη δόση ήταν 3 g HMB την ημέρα, σε άτομα ηλικίας 18-50 χρονών, ενώ οι εξεταζόμενοι που υποβλήθηκαν στις έρευνες αυτές εξετάστηκαν για διάστημα 4 με 12 εβδομάδων, όπου ήταν απαραίτητο να γυμναστούν τουλάχιστον 2 φορές την εβδομάδα. Συγκεκριμένα, οι έρευνες είχαν ως σκοπό να ελέγξουν εάν υπάρχει αλλαγή στη συνολική μάζα, στην καθαρή μυϊκή μάζα, στη μάζα του καθαρού λίπους καθώς και να ελέγξουν αλλαγές στο μέγιστο φορτίο που μπορούν να σηκώσουν οι αθλητές για μία μόνο επανάληψη. Η ανάλυση των μελετών αυτών έδειξε εν τέλει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές αλλαγές στην συνολική μάζα των αθλητών, όπως ακόμα δεν βρέθηκε ότι η χορήγηση με HMB μπορεί να χαμηλώσει σημαντικά το λίπος ή να αυξήσει την μάζα των αθλητών χωρίς την αύξηση του λίπους στο σώμα. Ακόμα δε βρέθηκε σημαντική αλλαγή στην επίδοση των εξεταζόμενων σχετικά με το μέγιστο φορτίο που μπορούν να σηκώσουν για μία μόνο επανάληψη. Στις έρευνες αυτές χορηγήθηκε και χάλπι placebo έτσι ώστε να μπορούν τα αποτελέσματα να είναι πιο καίρια (Jakubowski JS, 2020).

Μελέτη που έγινε πάνω σε αθλητές **πολεμικών τεχνών**, ηλικίας κατά μέσο όρο 25 ετών, με χορήγηση 3 g HMB χωρισμένη σε 3 δόσεις για 12 εβδομάδες, ενώ παράλληλα έπρεπε εντός αυτών των 12 εβδομάδων να γυμνάζονται 3-6 φορές την εβδομάδα, έγινε λοιπόν, με σκοπό να εξετασθεί εάν η χορήγηση του HMB θα επηρεάσει τόσο την αερόβια αλλά και την αναερόβια επίδοση τους. Κατά την έρευνα αυτή ελέγχθηκε επίσης, και εάν υπάρχει αλλαγή στη σωματική σύσταση των αθλητών, όπως για παράδειγμα στο συνολικό βάρος τους ή το ποσοστό καθαρού λίπους. Τα αποτελέσματα των ερευνών μετά την πάροδο των 12 εβδομάδων έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική αύξηση της αερόβιας απόδοσης των αθλητών καθώς και ότι υπήρξε βελτίωση στην αναερόβια δύναμη των αθλητών. Παράλληλα όσον αφορά τη σωματική σύσταση των εξεταζόμενων βρέθηκε αύξηση της καθαρής μυϊκής μάζας καθώς και παρατηρήθηκε μείωση του λίπους στο σώμα χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά η μυϊκή μάζα των αθλητών η το συνολικό τους

βάρος. Οι αλλαγές αυτές στη σωματική σύσταση είναι αρκετά ευνοϊκές, ειδικά για άτομα τα οποία εξασκούν πολεμικές τέχνες καθώς για να λάβουν μέρος σε αγώνες χρειάζεται να είναι σε συγκεκριμένα κιλά ανάλογα την κατηγορία που αγωνίζονται ενώ παράλληλα πρέπει να διατηρούν υψηλή μυϊκή μάζα σε σχέση με τη μάζα του λίπους στο σώμα τους. Η μελέτη αυτή έγινε, επίσης, ελεγχόμενη με χάπι πλασέμπο να μπορούν τα αποτελέσματα να είναι όσο πιο τεκμηριωμένα γίνεται (Durkalec-Michalski K, 2017).

Ασφάλεια - Δοσολογία

Σχετικά με την ασφάλεια του HMB δεν έχουν γίνει πολλές μελέτες και τα στοιχεία σχετικά με τη δοσολογία και την ασφάλεια του συμπληρώματος διατροφής αυτού έχουν αντληθεί από τις μελέτες που γίνανε σχετικά με τα εργογόνα αποτελέσματα του HMB. Συγκεκριμένα, η χορήγηση HMB σε δόσεις 3 g τη μέρα δεν έχει κάποιο αρνητικό αποτέλεσμα εκτός από μια περίπτωση μελέτης όπου παρατηρήθηκε μειωμένος αιματοκρίτης κατά 0.5%. Σχετικά με τη χορήγηση μεγαλύτερων δόσεων και συγκεκριμένα 6 γραμμαρίων τη μέρα δε φάνηκαν αποτελέσματα στη λειτουργία του συκωτιού, στις αιματολογικές παραμέτρους του ανθρώπου ή στη λειτουργία των νεφρών, αλλά παράλληλα δε σημειώθηκαν επιπλέον θετικά αποτελέσματα σε σχέση με τη χορήγηση 3 γραμμαρίων. Τέλος, η χορήγηση 3 γραμμαρίων την ημέρα HMB φαίνεται να είναι η καλύτερη επιλογή για τα εργογόνα αποτελέσματα και παρότι μεγαλύτερες δόσεις (6g) δε φαίνεται να προκαλούν ζημιά στα όργανα, δεν έχουν παραπάνω αποτελέσματα οπότε δε συνιστώνται (Nissen S, 2000).

BCAA's

Τα BCAA's ή αλλιώς Αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας αναφέρονται στα αμινοξέα λευκίνη βαλίνη και ισολευκίνη τα οποία δίνουν ενέργεια στην προπόνηση (National Institutes of Health, 2021). Τα αμινοξέα αυτά διαφέρουν από τα άλλα απαραίτητα αμινοξέα λόγω του ότι μεταβολίζονται κυρίως στους μύες του ανθρώπου (Roya Riazzi, 2003). Κύριες πηγές πρόσληψης BCAA's για τον άνθρωπο είναι ζωϊκές τροφές όπως κόκκινο κρέας, ψάρια και γάλα (National Institutes of Health, 2021).

Τα απαραίτητα αυτά αμινοξέα, κατά την άσκηση μπορούν να μειώσουν την υποβάθμιση της πρωτεΐνης στους μύες και να μειώσουν επίσης μικροτραυματισμούς στους μύες. Παράλληλα,

μπορεί να γίνει υπόστρωμα ούτως ώστε το ανθρώπινο σώμα να έχει την απαραίτητη ενέργεια κατά την άσκηση, καθώς κατά τη διάρκεια ενεργειακού ελλείματος, τα BCCA's στους μύες χρησιμοποιούνται από το σώμα για την παραγωγή ενέργειας μέσω την υποβάθμισής τους (Tang FC).

Οι περισσότερες μελέτες πάνω στα BCAA's έχουν γίνει για τη λευκίνη συγκεκριμένα, η οποία θεωρείται ότι βοηθάει στην μυϊκή ανάπτυξη (Roya Riazi, 2003) (National Institutes of Health, 2021). Παρόλα αυτά και τα τρία αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας(λευκίνη , ισολευκίνη, βαλίνη) είναι ιδιαίτερα απαραίτητα για τον οργανισμό, διότι συμβάλλουν στην πρωτεϊνοσύνθεση που τελείται όχι μόνο στο σκελετό του ανθρώπου αλλά και στο συκώτι του (Hiroyuki Kato, 2018).

Σεροτονίνη

Κατά τη διάρκεια της προπόνησης το κεντρικό νευρικό σύστημα παίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς η συσσώρευση εγκεφαλικής σεροτονίνης κατά την άσκηση, θεωρείται ότι μπορεί να είναι παράγοντας αίσθησης κούρασης στον αθλητή. Ακόμα, μπορεί να κάνει το άτομο να χάσει το κίνητρο του, να προκαλέσει κακό έλεγχο των μυών, ενώ επηρεάζει και τις αθλητικές δεξιότητες του όπως τους χρόνους αντιδράσεως του. Αυτό βασίζεται στο ότι κατά τη χορήγηση ουσιών που δρουν συναγωνιστικά στον ίδιους υποδοχείς με τη σεροτονίνη παρατηρήθηκε μείωση της αντοχής, ενώ με την χορήγηση ανταγωνιστών ουσιών παρατηρήθηκε αύξηση στην απόδοση σε ασκήσεις αντοχής (Chen IF, 2016). Η σεροτονίνη στο σώμα δρα ως νευροδιαβιβαστής, δηλαδή είναι χημική ένωση όπου χρησιμεύει στη μεταβίβαση πληροφοριών από τον έναν νευρώνα στον άλλον. Η σεροτονίνη μπορεί να επηρεάσει το άτομο καθώς οι ρόλοι της στο σώμα περιλαμβάνουν , την καλή εγκεφαλική λειτουργία, το σωστό ύπνο, και την ρύθμιση της πείνας καθώς και την επούλωση των πληγών. Χαμηλά επίπεδα σεροτονίνης είναι πολύ πιθανό να συσχετίζονται με πολύ συνηθισμένα προβλήματα στην κοινωνία όπως άγχος, κατάθλιψη, προβλήματα στον ύπνο, ακόμα και αυτοκτονικές τάσεις. Επαρκής σωματική άσκηση 30 λεπτά την ημέρα 5 φορές την εβδομάδα παράλληλα με δύο προπονήσεις με αντιστάσεις μπορούν σημαντικά να αυξήσουν τα επίπεδα σεροτονίνης (Cleveland Clinic, 2022).

Τα αμινοξέα με διακλαδισμένη αλυσίδα(λευκίνη, ισολευκίνη, βαλίνη), έχουν θεωρηθεί ότι ομαλύνουν την εγκεφαλική κούραση λόγω άσκησης, καθώς μειώνουν το ρυθμό έκκρισης της σεροτονίνης.Μελέτες όμως σε ανθρώπους δεν δείχναν κάποιο θετικό αποτέλεσμα όσον αφορά το κεντρικό νευρικό σύστημα μετά την χορήγηση BCCA's αποκλειστικά. Εν συνεχεία, παρόλο που η μελέτη με χορήγηση αποκλειστικά BCCA's δεν είχε κάποιο εργογόνο αποτέλεσμα ως αποτέλεσμα της μείωσης της εγκεφαλικής κούρασης, η συμπλήρωση με συνδυασμό BCAA's, αργινίνης και κιτρουλλίνης σε άλλη μελέτη έδειξε ότι ο συνδυασμός αυτός μπορεί να ομαλύνει την αύξηση της εγκεφαλικής κούρασης σε αθλητές, κάνοντας τους να αποδίδουν πιο αποτελεσματικά σε δοκιμασίες που δοκιμάζουν την εγκεφαλική ικανότητα τους, συγκεκριμένα τους χρόνους αντίδρασης τους (Chen IF, 2016).

Αμμωνία

Η μελέτη με χορήγηση αποκλειστικά BCAA's ίσως δεν έδειξε αποτελέσματα διότι ενώ τα BCAA's φαίνεται να μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο του εγκεφαλικού στρες, κατά τη συμπλήρωση με σκευάσματα φαίνεται να συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες αμμωνίας λόγω του μεταβολισμού των αμινοξέων αυτών κατά την άσκηση. Συγκεκριμένα, κατά την άσκηση η οξείδωση των BCAA's είναι δύο με τρεις φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τις περιόδους της ημέρας όπου το άτομο δεν αθλείται . Η αυξημένη συγκέντρωση της αμμωνίας μπορεί να δράσει αρνητικά έναντι της δράσης των BCAA's όσον αφορά την εγκεφαλική κούραση. Η αργινίνη επειδή προάγει τον κύκλο της ουρίας και την βιοσύνθεση μονοξειδίου του αζώτου μπορεί να μειώσει τα επίπεδα αμμωνίας που είναι αυξημένα λόγω της προπόνησης. Παράλληλα η κιτρουλλίνη επειδή είναι πρόδρομη ουσία στη παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου και ενδιάμεση ουσία στον κύκλο της ουρίας μπορεί και αυτή να βοηθήσει στη καταπολέμηση της αυξανόμενης συγκέντρωσης αμμωνίας κατά την άσκηση (Chen IF, 2016) (Holeček, 2017).

Η Δράση των BCAAs

Ενώ τα Αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας(BCAA's) που συμπεριλαμβάνονται στα MIPS, προστίθενται με σκοπό να αυξήσουν τους ρυθμούς της μυϊκής ανάπτυξης ή να μειώσουν τον τραυματισμό των μυών που σχετίζονται με την άσκηση, δε φαίνεται να ενισχύουν σημαντικά την απόδοση κατά την άσκηση η να διεγείρουν την μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση (Harty PS, 2018).

Σε Μελέτη που έγινε πάνω στα BCAA's, οι ερευνητές, έλεγξαν εάν η λήψη BCAA's πριν την προπόνηση, έχει θετικά αποτελέσματα σε παραμέτρους όπως κούραση, μυϊκούς τραυματισμούς και ακόμα και εάν επηρεάζεται η συνολική ενέργεια των εξεταζόμενων. Συγκεκριμένα, στα άτομα χορηγήθηκαν 80 mg ανά κιλό βάρος σώματος BCAA's, 50 λεπτά πριν την άσκηση, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την παρατήρηση των αποτελεσμάτων. Η άσκηση αυτή ήταν ποδηλασία. Η μελέτη έγινε ελεγχόμενα καθώς σε κάποιους εξεταζόμενους χορηγήθηκε χάπι placebo. Σχετικά με τα επίπεδα κούρασης, βρέθηκε ότι η χορήγηση BCAA's, οδήγησε σε μείωση σεροτονίνης ενώ παράλληλα βρέθηκαν μειωμένα επίπεδα γαλακτικού οξέος σε σχέση με τα άτομα που χορηγήθηκαν χάπι placebo. Σχετικά με τους μυϊκούς τραυματισμούς, ως φυσικό αποτέλεσμα της άσκησης, βρέθηκε ότι οι αθλητές που χορηγήθηκαν BCAA's εμφάνισαν μικρότερες συγκεντρώσεις ουσιών που συσχετίζονται με τους μικροτραυματισμούς κατά την άσκηση, σε σχέση με τα άτομα που χορηγήθηκαν χάπι placebo. Τέλος αναφορικά με τα επίπεδα ενέργειας, δεν μπόρεσε η μελέτη να καταλήξει σε συγκεκριμένο συμπέρασμα καθώς παράγοντες όπως η δοσολογία ίσως να επηρέασε αυτό το μέρος της μελέτης (Kim DH, 2013).

Από ανάλυση μελετών οι οποίες εξετάζουν την αποδοτικότητα της χορήγησης BCAA's στην συνολική απόδοση, στην καταπολέμηση των πόνων των μυών μετά την προπόνηση, την αποκατάσταση των αθλητών καθώς και τη σωματική σύσταση των αθλητών μετά την προπόνηση βρέθηκαν τα εξής. Αρχικά, οι χορηγούμενες δόσεις στις μελέτες καθώς και το χρονοδιάγραμμα λήψεως δεν ήταν ίδιες και ίδιο σε όλες τις περιπτώσεις, καθότι σε μία από τις μελέτες αυτές χορηγήθηκε στους αθλητές 10 γραμμάρια BCAA's 5 λεπτά πριν την άσκηση, ενώ σε άλλη χορηγήθηκαν 6 γραμμάρια BCAA's για ένα μήνα. Μέσω την ανάλυσης των μελετών αυτών βρέθηκε ότι η χορήγηση BCAA's ως συμπλήρωμα διατροφής έχει μικρό αποτέλεσμα στην απόδοση ενώ όσον αφορά τα αποτελέσματα πάνω στην σωματική σύσταση των αθλητών, τα αποτελέσματα ήταν αμελητέα. Η ανάλυση κατέληξε ότι η επίδραση των BCAA's στους αθλητές εξαρτάται σημαντικά από το άθλημα και τον τύπο της άσκησης που κάνει το άτομο. Ακόμα ενώ υποστηρίζεται από τους επιστήμονες ότι 200 mg BCAA's ανά κιλό βάρους σώματος για 10 μέρες είναι αρκετό για να μειώσει τους μικροτραυματισμούς λόγω άσκησης και να αυξήσει την απόδοση του αθλητή, μετά από ανάλυση των μελετών, έχει αποφανθεί, ότι ίσως είναι

απαραίτητη η λήψη BCAA's σε συνδυασμό με πρωτεΐνη γάλακτος και υδατάνθρακες για να παρατηρηθούν αποτελέσματα τα οποία συσχετίζονται με τα BCAA's (Martinho DV, 2022). Πολύ σημαντικός, όπως ήδη έχει αναφερθεί είναι ο ρόλος των BCAA's στο κεντρικό νευρικό σύστημα και την έκκριση σεροτονίνης.

Στη συνέχεια θα αναφερθούν τα αποτελέσματα μελέτης η οποία έγινε για τον έλεγχο της επίδρασης των BCAA's πάνω στη μυϊκή κούραση καθώς και την εγκεφαλική κούραση που συσχετίζεται με τα επίπεδα σεροτονίνης. Η μελέτη αυτή όπως κάθε μελέτη που αποφέρει όσο πιο τεκμηριωμένα αποτελέσματα γίνεται, έγινε και παράλληλα με τη χορήγηση χαπιού placebo. Συγκεκριμένα 16 δρομείς μεγάλων αποστάσεων έλαβαν μέρος στη μελέτη όπου και χορηγήθηκαν είτε 20 γραμμάρια BCAA's είτε χάπι placebo, 1 ώρα πριν την μελέτη της απόδοσης και λοιπών παραμέτρων πάνω σε διάδρομο τρεξίματος. Η μελέτη έδειξε ότι οι αθλητές που χορηγήθηκαν BCAA's, είχαν χαμηλότερα επίπεδα σεροτονίνης έναντι των αθλητών που κατανάλωσαν το χάπι placebo. Ακόμα φάνηκαν να κάνουν παραπάνω χρόνο μέχρι να κουραστούν σε σχέση με τους χορηγούμενους με placebo αθλητές. Αυτή η αύξηση του χρόνου για να κουραστούν οι αθλητές, υποστηρίζει η μελέτη ότι ίσως οφείλεται στα χαμηλά επίπεδα σεροτονίνης. Σχετικά με τη μυϊκή κούραση, η μελέτη δεν έδειξε κάποια ιδιαίτερη σχέση μεταξύ των BCAA's και την μείωση των παραγόντων ουσιών στις οποίες οφείλονται οι μικροτραυματισμοί, και οι πόνοι στους μύες μετά την προπόνηση, καθώς οι αθλητές δεν έφτασαν σε μυϊκή αποτυχία λόγω κούρασης, έτσι ώστε να μπορούν να μετρηθούν οι παράγοντες ουσίες που ευθύνονται για τους μικροτραυματισμούς και τους πόνους στους μύες. Συνεπώς η έρευνα προτείνει ότι 20 γραμμάρια BCAA's 1 ώρα πριν την προπόνηση μπορεί να χαμηλώσει τα επίπεδα σεροτονίνης και ως αποτέλεσμα να αυξήσει το χρόνο που χρειάζεται ο αθλητής για να κουραστεί (AbuMoh'd MF, 2020).

Σε άλλη ανάλυση μελετών η οποία εξέτασε τα αποτελέσματα συμπληρωμάτων BCAA's, βρέθηκαν τα εξής. Αρχικά οι μελέτες αυτές ασχολήθηκαν με τον έλεγχο των εκβάσεων λόγω έντονης άσκησης, όπως μικροτραυματισμούς στους μύες και πόνους κατά τη διάρκεια ή και μετά την προπόνηση, η οποία προπόνηση που εξετάσθηκε ήταν κυρίως ασκήσεις με αντιστάσεις ενώ κάποιες από τις μελέτες που ελέγχθηκαν αφορούσαν και αθλητές συγκεκριμένων αθλημάτων, όπως για παράδειγμα αθλητές ποδοσφαίρου, πάλης και ποδηλασίας. Ο συνολικός

αριθμός των εξεταζόμενων όλων των μελετών ανέρχεται στα 278 άτομα, ηλικίας 21 έως 25 χρονών με σωματικό βάρος από 61. 7 κιλά έως και 86. 4 κιλά. Η χορήγηση έλαβε χώρα για ένα διάστημα 1 έως 28 μέρες ενώ παράλληλα οι δόσεις που χορηγήθηκαν ήταν από 0, 20 γραμμάρια έως και 1, 76 γραμμάρια ανά κιλό βάρους σώματος και οι οποίες δόσεις χορηγήθηκαν πριν η και μετά την άσκηση. Τα αποτελέσματα ελέγχθηκαν με βάση ασκήσεις αντιστάσεων όπως καθίσματα με βάρος. Εν τέλει, τα αποτελέσματα της μεγάλης αυτής ανάλυσης ήταν τα εξής. Σε ήδη προπονημένους αθλητές που τους χορηγήθηκε BCAA's, μετά την προπόνηση, φάνηκαν μικρότερες εκροές παραγόντων ουσιών που συσχετίζονται με τη μυϊκή αποδόμηση ή τον πόνο μετά τη γυμναστική, ενώ παράλληλα βρέθηκε ότι η χορήγηση με BCAA's μπορεί να μειώσει τις φλεγμονές των μυών που οφείλονται στην άσκηση. Αντιθέτως, η χορήγηση BCAA's δεν φάνηκε να μειώνει τα επίπεδα συσσώρευσης γαλακτικού οξέος ή να αποτρέπει τελείως την καταστροφή των μυών. Συνολικά όμως, τα BCAA's βρέθηκε ότι μπορούν να μειώσουν κάποιο ποσοστό της φυσικής καταστροφής των μυών λόγω μεγάλου φόρτου σε εκκεντρικές κινήσεις ενώ μετά την προπόνηση με αντιστάσεις τα BCAA's μπορούν να επιταχύνουν την ανάρρωση των μυών (Khemtong C, 2021).

Σχετικά με τα εργογόνα βοηθήματα που έχουν συστατικό αποκλειστικά BCAA's πρέπει να διεξαχθούν παραπάνω μελέτες για την κατανόηση των εργογόνων δράσεων τους (Martinho DV, 2022).

Ασφάλεια

Σχετικά με την ασφάλεια των BCAA's μελέτη επίσης, βρήκε ότι η έκθεση του ατόμου για μεγάλο χρονικό διάστημα σε μεγάλες ποσότητες BCAA's μπορεί να οδηγήσει σε υπερφαγία, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την παχυσαρκία, ενώ παράλληλα μπορεί να μειώσει το χρόνο ζωής του ατόμου. Αυτό ίσως οφείλεται στη μεγάλη διαφορά συγκέντρωσης των BCAA's σε σχέση με τα υπόλοιπα αμινοξέα λόγω υπερκατανάλωσης BCAA's. Παράλληλα μπορεί η χρόνια υπερκατανάλωση BCAA's ως συμπλήρωμα να μειώσει τη σεροτονίνη σημαντικά στο σώμα, κάτι το οποίο, όπως έχει αναφερθεί, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι θανατηφόρο. Αυτές οι εκβάσεις ίσως μπορούν να αποφευχθούν με την κατανάλωση BCAA's μαζί με αλλά αμινοξέα εάν πρόκειται κάποιος να καταναλώσει μεγάλες ποσότητες BCAA's για μεγάλο χρονικό

διάστημα (Solon-Biet SM, 2019). Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων προτείνει από 3 έως κα 12 γραμμάρια BCCA's χορηγούμενα ως συμπλήρωμα διατροφής (Gervasi M, 2020).

ΓΛΟΥΤΑΜΙΝΗ

Η γλουταμίνη είναι ένα μη-απαραίτητο αμινοξύ, η οποία παράγεται φυσικά στο ανθρώπινο σώμα, κυρίως στον σκελετικό ιστό από όπου και διανέμεται στο υπόλοιπο σώμα (Gleeson, 2008) (Castell LM, 1997). Αμέσως μετά τη γλουταμίνη το αμινοξύ το οποίο παρατηρείται να είναι σε μεγαλύτερη αφθονία στο πλάσμα είναι η αλανίνη. Η γλουταμίνη είναι επίσης, το πιο γλυκογονικό οξύ, κατά την αποδόμηση του δηλαδή στο σώμα παρέχει την περισσότερη γλυκόζη, η οποία λειτουργεί ως καύσιμο για το σώμα (Hall JC, 1996).

Ένας ενήλικας άνθρωπος καταναλώνει από τρία έως έξι γραμμάρια γλουταμίνης από πρωτεϊνούχες τροφές, όπως για παράδειγμα αυγά, γαλακτοκομικά προϊόντα, όσπρια, πουλερικά. Είναι δυνατό το σώμα να παράγει γλουταμίνη από BCAA στους σκελετικούς μύες (National Institutes of Health, 2021). Η γλουταμίνη βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 50% της συνολικής ποσότητας των ελεύθερων αμινοξέων στο σκελετικούς μύες (Hall JC, 1996).

Το αμινοξύ αυτό σύμφωνα με μελέτες μπορεί να δράσει και ως αντικαταβολική ουσία, ενώ παράλληλα μπορεί να αυξήσει την απορρόφηση ηλεκτρολυτών στο σώμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί, επίσης, από το σώμα για τη σύνθεση αμινοξέων και πρωτεϊνών (Ramezani Ahmadi A, 2019). Η γλουταμίνη ενώ είναι μη-απαραίτητο αμινοξύ, καθώς η παραγωγή της είναι εφικτή και επαρκής στο σώμα, υπό συνθήκες υψηλής σωματικής καταπόνησης, όπως όταν κάποιος αθλείται, κρίνεται απαραίτητη. Αυτό συμβαίνει, ίσως, διότι οι ανάγκες για ενέργεια και κατά επέκταση για γλουταμίνη είναι τέτοιες όπου το σώμα ίσως να μη μπορεί να παράξει όση γλουταμίνη χρειάζεται (Hall JC, 1996).

Δράση

Τα κύτταρα του οργανισμού χρησιμοποιούν τη γλουταμίνη ισότιμα και με τον ίδιο τρόπο όπως τη γλυκόζη, σχετικά με την αξιοποίηση μέσω ενέργειας για τις ανάγκες τους (Ramezani Ahmadi A, 2019). Η γλουταμίνη στο σώμα σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μη-απαραίτητα αμινοξέα, είναι

ιδιαίτερη, καθώς προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση κατά τη χορήγηση της ως συμπλήρωμα στο σώμα, κάτι το οποίο ίσως ευνοεί τη μυϊκή ανάπτυξη (Córdova-Martínez A, 2021).

Ακόμα, βοηθάει στη σωστή λειτουργία του εντέρου (Holecek, 2013).

Επίσης, έχει προταθεί ότι η γλουταμίνη μειώνει το ρυθμό αποδόμησης των πρωτεϊνών στους μύες κάτι που ίσως δείχνει το θετικό της ρόλο στη μυϊκή υπερτροφία. Σχετικά με τα ανωτέρω επιπλέον μελέτη είναι αναγκαία (Ramezani Ahmadi A, 2019). Μέσω της αύξησης της μυϊκής μάζας, η οποία επιτυγχάνεται με την επαρκή πρόσληψη πρωτεΐνης και συμπληρώματος γλουταμίνης παράλληλα με γυμναστική, ο αθλητής είναι δυνατόν να αυξήσει τις επιδόσεις του όσον αφορά τη συνολική μυϊκή του δύναμη (Ramezani Ahmadi A, 2019). Παρόλα αυτά οι έρευνες σχετικά με τη δράση της γλουταμίνης σχετικά με την αποκατάσταση και εν συνεχεία ενδυνάμωση και υπερτροφίας των μυών είναι λίγες (Córdova-Martínez A, 2021).

Όσον αφορά την αερόβια άσκηση, μελέτη έδειξε ότι η γλουταμίνη δεν έχει κάποια σημαντικά θετικά αποτελέσματα σχετικά με την αντοχή του αθλητή στο **τρέξιμο** για παράδειγμα. Κατά την αναερόβια άσκηση στην ίδια μελέτη βρέθηκε ότι η αντοχή του αθλητή αυξήθηκε όσον αφορά τη συνολική δύναμη του. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι κατά τη χορήγηση γλουταμίνης ως συμπλήρωμα, χρειάστηκε παραπάνω χρόνος μέχρι να επηρεαστεί ο αθλητής από σωματική και μυϊκή κόπωση (Ramezani Ahmadi A, 2019). Έρευνα που έγινε σε αθλητές **μπάσκετ** έδειξε ότι η χορήγηση γλουταμίνης ως συμπλήρωμα 6 γρ την ημέρα για είκοσι μέρες φαίνεται να έχει θετικό αποτέλεσμα στην αποκατάσταση των μυών μετά από εκκεντρικές κινήσεις (Córdova-Martínez A, 2021).

Ανοσοποιητικό σύστημα

Κατά την άσκηση έχει βρεθεί ότι τα επίπεδα γλουταμίνης στο σώμα πέφτουν σημαντικά. Παράλληλα, χαμηλά επίπεδα γλουταμίνης συνηθίζεται να παρατηρούνται σε αθλητές οι οποίοι εξασκούν αθλήματα όπως μαραθώνιους, αθλήματα δηλαδή που καταναλώνουν πολύ ενέργεια και καταπονούν τον οργανισμό. Τέτοιου είδους άθληση, η οποία χαμηλώνει τα επίπεδα γλουταμίνης σημαντικά, έχει συνδεθεί με την εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος του ανθρώπου. Αυτό ίσως και να εξηγεί την καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος η οποία είναι εμφανής σε πολλούς αθλητές αντοχής. Για αυτό το λόγο διάφορες εταιρείες

συμπληρωμάτων υποστηρίζουν ότι με την αγορά των συμπληρωμάτων διατροφής τα οποία διακινούν και έχουν ως συστατικό, κύριο και μη, τη γλουταμίνη, είναι δυνατόν εκτός των άλλων ευεργετικών δράσεων για την υγεία και την άσκηση, να ενισχύσουν και το ανοσοποιητικό σύστημα. Παρά τους ισχυρισμούς, όμως των εταιρειών συμπληρωμάτων, οι περισσότερες μελέτες δεν κατάφεραν να βρουν κάποια σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συγκράτησης υψηλών επιπέδων γλουταμίνης μέσω συμπληρωμάτων διατροφής με γλουταμίνη και της βελτίωσης του ανοσοποιητικού συστήματος (Gleeson, 2008).

Όπως αναφέρθηκε ήδη η ποσότητα γλουταμίνης που λαμβάνει ένας άνθρωπος είναι από 3 έως 6 γραμμάρια την ημέρα. Αυτό βέβαια για να συμβεί είναι απαραίτητη η κατανάλωση 0.8 με 1.6 γραμμάρια πρωτεΐνης την ημέρα ανά κιλό βάρος σώματος.

Τα συμπληρώματα διατροφής τα οποία περιέχουν γλουταμίνη διατίθενται στην αγορά υπό τη μορφή ταμπλετών ή κάψουλων 250mg, 500mg, 1000 mg ή υπό τη μορφή σκόνης. Παράλληλα, η γλουταμίνη παρέχεται υπό τη μορφή L-γλουταμίνης σε αυτά τα σκευάσματα. Ακόμα, σχετικά με τις αρνητικές επιπτώσεις υψηλών δόσεων γλουταμίνης έχει βρεθεί ότι η κατανάλωση 28 γραμμαρίων L-γλουταμίνης την ημέρα χωρισμένη σε 4 δόσεις μέσα στην μέρα για 2 εβδομάδες δεν είχε αρνητικά αποτελέσματα. Βέβαια, παρότι χορηγήθηκε μεγάλη δόση γλουταμίνης καθημερινά δε φάνηκε να βοηθάει στην συγκράτηση των επιπέδων γλουταμίνης στο επιθυμητό στο σώμα μετά από 9 μέρες εντατικής/δύσκολης προπόνησης. Να σημειωθεί ότι κατά τη λήψη 30 γραμμαρίων πρωτεΐνης παραπάνω από αυτά που καταναλώνει το άτομο συνήθως, υπάρχουν στοιχεία ότι η παραπάνω αυτή ποσότητα πρωτεΐνης μπορεί να επαναφέρει τα επίπεδα γλουταμίνης στο σώμα, οπότε και ίσως να είναι καλύτερο να προτείνεται η κατανάλωση παραπάνω πρωτεΐνης για τους αθλητές έναντι των συμπληρωμάτων τα οποία έχουν μόνο γλουταμίνη (Gleeson, 2008).

Ασφάλεια - Δράση

Σχετικά με την χρόνια κατανάλωση γλουταμίνης ως συμπλήρωμα διατροφής σε μεγάλες ποσότητες και έπειτα τη διακοπή της τα ευρήματα είναι σημαντικά. Συγκεκριμένα, παρότι τα ευρήματα τα οποία θα αναφερθούν ήταν βάση μελέτης που έγινε σε αρουραίους, βρέθηκε ότι ο οργανισμός συνηθίζει στην πρόσληψη της γλουταμίνης από εξωγενείς παράγοντες, ακόμα και

μετά από λήψη για μόνο 3 μήνες, και εν τέλει καταστέλλει την ενδογενή παραγωγή γλουταμίνης. Οπότε στην περίπτωση που ο αθλητής αρχίσει να λαμβάνει συμπληρώματα διατροφής γλουταμίνης σε μεγάλες ποσότητες για κάποιο χρονικό διάστημα και έπειτα τα σταματήσει, έχει πιθανότητες να αντιμετωπίσει προβλήματα υγείας λόγω της έλλειψης των πιθανών ευεργετικών δράσεων της γλουταμίνης, όπως την υποτιθέμενη ενίσχυση του ανοσοποιητικού καθώς και την ακεραιότητα του εντέρου. Τα ευρήματα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για ανθρώπους που νοσηλεύονται και τους χορηγούνται συμπληρώματα για μήνες ή χρόνια και εν τέλει σταματούν να τους χορηγούνται μετά το πέρας της νοσηλείας. Ασφαλώς και μελέτες πάνω σε ανθρώπινα πειραματόζωα είναι αναγκαίες (Holecek, 2013).

Η γλουταμίνη έχει βρεθεί σε μελέτη ότι όταν συνδυαστεί με άλλα αμινοξέα, όπως για παράδειγμα BCAAs, αργινίνη, λυσίνη κ. α, βοηθάει στην πιο γρήγορη ανάρρωση από τη γενική κόπωση που μπορεί να αισθάνεται ο αθλητής, χορηγούμενο το μείγμα για 90 μέρες. Παράλληλα, στην ίδια μελέτη βελτιώθηκε και η αξιοποίηση του οξυγόνου από τον οργανισμό, αλλά δεν μπορούν τα αποτελέσματα αυτά να αποδοθούν στην γλουταμίνη συγκεκριμένα. Ακόμα, βάση μελετών, βρέθηκε ότι η γλουταμίνη σε μείγμα μαζί με άλλα αμινοξέα μπορεί να μειώσει την καταστροφή και τις φλεγμονές στους μύες, κατά τη διάρκεια, και μετά από δύσκολη και με καταπόνηση για τον οργανισμό άσκηση.

Το μίγμα γλουταμίνης και λοιπών αμινοξέων μπορεί, επίσης, να μειώσει βάση μελετών πάλι και τη μυϊκή κόπωση. Γλουταμίνη χορηγούμενη με HMB, κρεατίνη και πρωτεΐνη γάλακτος για 12 εβδομάδες, βάσει μελέτης, έδειξε αύξηση των συνολικών επαναλήψεων σε ασκήσεις με βάρη τα οποία περιλαμβάνουν τη τέλεση μίας επανάληψης στο 80% του μέγιστου φορτίου σε ασκήσεις, όπως πιέσεις στήθους, ή τροχαλία πλάτης. Αντιθέτως, η συμπλήρωση με το μείγμα αυτό δεν έδειξε σημαντικά αποτελέσματα στην αύξηση της απόδοσης κατά την πραγματοποίηση 1 επανάληψης στο μέγιστο φορτίο που μπορεί να σηκώσει ο αθλητής σε άσκηση πάνω στην τροχαλία πλάτης.

Ακόμα, σε άλλη μελέτη πάνω στο συνδυασμό γλουταμίνης και λοιπών αμινοξέων, συγκεκριμένα BCAA, δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στην απόδοση ή τη σωματική σύσταση. Αυτό, ίσως, οφείλεται στη διαφορετική σύσταση του εργογόνου μείγματος γλουταμίνης-αμινοξέων. Τέλος, έχει βρεθεί

ότι η χορήγηση γλουταμίνης μαζί με κρεατίνη και καφεΐνη και λοιπά αμινοξέα 10 λεπτά πριν την προπόνηση μπορεί να αυξήσει τη συνολική δύναμη του αθλητή και παράλληλα να αυξήσει τον αριθμό των επαναλήψεων που μπορεί να κάνει ο αθλητής στο 80% του συνολικού βάρους που μπορεί να σηκώσει για 1 μόνο επανάληψη σε πάγκο πιέσεων στήθους, ενώ άλλες μελέτες πάνω σε παρόμοια μείγματα(γλουταμίνης, κρεατίνης, καφεΐνης) , δεν έχουν δείξει κάποια εργογόνα αποτελέσματα (Coqueiro AY, 2019). Σχετικά με την ασφάλεια της γλουταμίνης έχουν γίνει εκτενείς μελέτες. Παράλληλα , έχει μελετηθεί τόσο ο τρόπος χορήγησης αλλά και το διάστημα χρόνου που θα χορηγήθηκε το αμινοξύ, εξαιρώντας από τις μελέτες αυτές άτομα που έχουν γαστρεντερικά προβλήματα έτσι ή προβλήματα υπερκαταβολισμού. Η μεγαλύτερη δόση γλουταμίνης που έχει χορηγηθεί στοματικά είναι 45 γραμμάρια την ημέρα για 6 εβδομάδες. Κατά το διάστημα αυτό δεν παρατηρήθηκαν κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Αν λάβουμε υπόψιν ότι η καθημερινή λήψη γλουταμίνης από τη διατροφή του ανθρώπου είναι περίπου 5 γραμμάρια την ημέρα, δηλαδή 9 φορές μικρότερη σε σχέση με τη μεγαλύτερη δόση που έχει δοκιμαστεί σε άνθρωπο, τότε μπορεί κανείς να είναι αρκετά σίγουρος για την ασφάλεια της γλουταμίνης ως συμπλήρωμα διατροφής (Shao A, 2008).

ΤΑΥΡΙΝΗ

Η ταυρίνη είναι ένα μη-απαραίτητο αμινοξύ το οποίο κατά περιπτώσεις γίνεται απαραίτητο. Έχει αναφερθεί ότι έχει αντιοξειδωτική δράση ενώ παράλληλα πιο σημαντικά για την προπόνηση μεταβολικά και εργογόνα αποτελέσματα. Συνήθως βιοσυνθέτουμε αρκετή ταυρίνη στο σώμα μας, ενώ επίσης τη λαμβάνουμε και από τη διατροφή μας εφόσον η διατροφή αυτή περιλαμβάνει κρέας. Στο ανθρώπινο σώμα η ταυρίνη ανιχνεύεται σε αφθονία στον εγκέφαλο, τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, την καρδιά και τα αναπαραγωγικά όργανα (Harty PS, 2018) (Caine JJ, 2016). Η ταυρίνη, όπως και η γλουταμίνη και η αλανίνη είναι σε μεγάλες ποσότητες στον ιστό του ανθρώπου και φαίνεται να μπορεί να διευκολύνει διάφορες βιολογικές διαδικασίες οι οποίες είναι δυνατό να βοηθήσουν ή και να βελτιώσουν την απόδοση της αερόβιας άσκησης και ίσως στην άσκηση με αντιστάσεις (Waldron M, 2018). Το αμινοξύ αυτό αναγνωρίστηκε και απομονώθηκε αρχικά από την χολή των βοδιών. Η ταυρίνη πήρε το όνομα της λόγω της εναλλακτικής ονομασίας των ζώων αυτών , η οποία είναι Bos Taurus. Στο ανθρώπινο σώμα η

βιοσύνθεση της ταυρίνης γίνεται μέσω μεταβολισμού της κυστεΐνης, η οποία κυστεΐνη είναι ένα εκ των 9 απαραίτητων αμινοξέων (Ripps H, 2012).

Πηγή πρόσληψης ταυρίνης για τον άνθρωπο είναι κυρίως τα περισσότερα κρέατα και τα θαλασσινά, ενώ είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά στα ενεργειακά ποτά, τα οποία ποτά αυτά είναι και η κύρια πηγή πρόσληψης ταυρίνης ως συμπλήρωμα για μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού του κόσμου (Waldron M, 2018) (Caine JJ, 2016).

Η ταυρίνη συμβάλλει στο σχηματισμό των αλάτων της χολής, τα οποία αυτά άλατα συμβάλλουν στην πιο εύκολη απορρόφηση των λιπών και των λιποδιαλυτών βιταμινών στο σώμα. Παράλληλα, συμβάλλει και στη ρύθμιση της συγκέντρωσης του ελεύθερου ασβεστίου εντός των μυϊκών κυττάρων. Η ρύθμιση του ελεύθερου ασβεστίου από τη ταυρίνη φαίνεται να συντελεί στην αύξηση της απόδοσης των μυών καθώς η ταυρίνη διευκολύνει τη διαχείριση του ασβεστίου από τα μυϊκά κύτταρα της καρδιάς και του σκελετού του ανθρώπου (Ripps H, 2012) (Waldron M, 2018).

Εκτός της ρύθμισης του ασβεστίου, στην ταυρίνη έχουν αποδοθεί και αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Οι δράσεις αυτές, η λειτουργία της ταυρίνης ως ρυθμιστής αλάτων και η αντιοξειδωτική της δράση, θεωρούνται ότι μπορεί να ενισχύσει την αντοχή του αθλητή (Waldron M, 2018). Η ταυρίνη ως συμπλήρωμα διατροφής έχει επίσης βρεθεί ότι έχει αντιφλεγμονώδη δράσεις, ενώ μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση του διαβήτη (Caine JJ, 2016).

Τα επίπεδα ταυρίνης στο ανθρώπινο σώμα είναι περίπου 1 g ταυρίνη ανά κιλό βάρος σώματος. Λόγω του ότι η κύρια πηγή πρόσληψης ταυρίνης είναι το κρέας και τα θαλασσινά, οι άνθρωποι οι οποίοι είναι χορτοφάγοι έχουν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα ταυρίνης σε σχέση με τους ανθρώπους που τρώνε κρέας, καθώς τα φυτά έχουν ταυρίνη σε αρκετά χαμηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα, μια δίαιτα ισορροπημένη παρέχει από 123 mg έως 178 mg ταυρίνη ημερησίως, ενώ μία χορτοφαγική δίαιτα παρέχει μόνο 17 mg ταυρίνη ημερησίως (Caine JJ, 2016). Η ταυρίνη ως συμπλήρωμα διατροφής διατίθεται υπό τη μορφή στοματικών καψουλών ή υπό τη μορφή ποτών εμπλουτισμένων με ταυρίνη, τα λεγόμενα ενεργειακά ποτά, τα οποία έχουν εκτός από ταυρίνη και άλλες ουσίες όπως καφεΐνη (Kurtz JA, 2021). Οι περισσότερες μελέτες που έχουν γίνει πάνω στην ταυρίνη έχουν διεξαχθεί χορηγώντας τους αθλητές με μείγμα ταυρίνης και

άλλων συστατικών, όπως για παράδειγμα καφεΐνη και κρεατίνη, καθώς και επίσης σπάνια η ταυρίνη χορηγείται ως συμπλήρωμα απομονωμένη. Αυτό συμβαίνει διότι στα περισσότερα ενεργειακά ποτά την ταυρίνη τη συναντάει κανείς ως συστατικό το οποίο δρα εντός και σε συνδυασμό με το εκάστοτε μείγμα (Waldron M, 2018).

Οι διαθέσιμες μελέτες και πληροφορίες πάνω στη χορήγηση απομονωμένης ταυρίνης δεν επαρκούν για να καθοριστεί εάν η συμπλήρωση μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τον αθλητή (Caine JJ, 2016). Παρόλα αυτά, σε ανάλυση μελετών οι οποίες περιλαμβάνανε χορήγηση απομονωμένης ταυρίνης ως συμπλήρωμα σε αθλητές, και είχαν εύρος χορήγησης από 1 έως 6 γραμμάρια βρέθηκε ότι είναι δυνατή κάποια αύξηση της αερόβιας επίδοσης του ατόμου, καθώς για παράδειγμα παρατηρήθηκε αυξημένη πρόσληψη οξυγόνου από στους αθλητές ή/και αυξημένος χρόνος μέχρι να επέλθει κούραση. Οι αθλητές υποβλήθηκαν σε ασκήσεις, όπως τρέξιμο σε διάδρομο, ποδηλασία και σπριντ, ενώ το τελικό συμπέρασμα της ανάλυσης αυτής έδειξε ότι πράγματι η χορήγηση ταυρίνης σε δόσεις 1-6 γραμμαρίων, μπορεί να βελτιώσει την αντοχή του αθλητή. Στις μελέτες αυτές που αναλύθηκαν η χορήγηση της ταυρίνης έγινε στοματικά ενώ αποτελέσματα από τις έρευνες παρατηρήθηκαν και άμεσα. Για παράδειγμα, με τη χορήγηση 6 g ταυρίνης 1.5 ώρα πριν την άσκηση παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος που χρειάστηκε ο αθλητής για να κουραστεί αυξήθηκε.

Παράλληλα, μέσω των ίδιων αυτών μελετών που αναλύθηκαν, βρέθηκε ακόμα ότι η συμπλήρωση για ένα διάστημα 14 ημερών, 4 γραμμαρίων ταυρίνης την ημέρα έχει εργογόνα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, κατά τη μονή δόση 6 γραμμαρίων 1.5 ώρα πριν την άσκηση βρέθηκε ότι ο χρόνος για να κουραστεί ο αθλητής αυξήθηκε κατά 2.9%, κάτι το οποίο βέβαια, μπορεί να είναι και αμελητέο, ενώ κατά τη χορήγηση 4 γραμμαρίων τη μέρα για 14 μέρες ο χρόνος για να κουραστεί ο αθλητής αυξήθηκε κατά 8.1% (Waldron M, 2018). Μελέτη η οποία περιλάμβανε τη χορήγηση 1.6 γραμμαρίων σε αθλητές ποδηλασίας 1 ώρα πριν τη προπόνηση δεν βρήκε σημαντικά αποτελέσματα πάνω στην απόδοση των αθλητών (Caine JJ, 2016). Ενώ η ταυρίνη φαίνεται να βοηθάει στη μείωση των επιπέδων γαλακτικού οξέος κατά την άσκηση, κάτι το οποίο σημαίνει αύξηση της απόδοσης καθώς ο αθλητής μπορεί να προπονηθεί για παραπάνω χρόνο, μετά από μελέτη σε αθλητές οι οποίοι χορηγήθηκαν με 1.66 γραμμάρια

ταυρίνη, δε βρέθηκαν αλλαγές στα επίπεδα γαλακτικού οξέος μετά την προπόνηση (Kurtz JA, 2021).

Ασφάλεια

Σχετικά με τα αρνητικά αποτελέσματα υψηλών δόσεων ταυρίνης έχουν βρεθεί τα εξής. Χορηγούμενες δόσεις ταυρίνης έως 10 γραμμάρια την ημέρα για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα φαίνονται να είναι ασφαλείς, αλλά παράλληλα δεν έδειξαν κάποιο κλινικό αποτέλεσμα που να θωρακίζει την ασφάλεια της χορήγησης αυτής, συνεπώς και τέτοιες δόσεις δεν μπορούν να προταθούν. Ακόμα, μελέτη πάνω στη χορήγηση 3 γραμμαρίων ταυρίνης σε υγιείς υπέρβαρους ανθρώπου, για 7 εβδομάδες δεν είχε κανένα αρνητικό αποτέλεσμα, οπότε και έχει χρησιμοποιηθεί ως το προτεινόμενο ανώτατο ασφαλές όριο σχετικά με την καθημερινή χορήγηση ταυρίνης. Επίσης, έχει χορηγηθεί και 1.5 γραμμάρια την ημέρα ως συμπλήρωμα διατροφής σε νέους με ασθένεια στο συκώτι χωρίς να επηρεαστεί το όργανο αυτό σημαντικά, κάτι το οποίο για τους ειδικούς που ορίζουν τα ανώτατα όρια πρόσληψης, μπορεί να υποστηρίξει την απόφαση τους να θέσουν το ανώτατο όριο πρόσληψης ταυρίνης ως συμπλήρωμα διατροφής στα 3 γραμμάρια την ημέρα, το οποίο όριο φαίνεται να είναι ασφαλές ακόμα και για κατανάλωση για 3 μήνες (Shao A, 2008).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πίνακας 1 ΣΥΝΟΨΗ ΕΡΓΟΓΟΝΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

ΟΝΟΜΑ	ΤΡΟΦΕΣ	ΣΥΝΙΣΤΟΜΕΝΗ ΔΟΣΗ (ΓΙΑ ΕΡΓΟΓΟΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)	ΔΡΑΣΗ	ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ
ΚΡΕΑΤΙΝΗ	Κυρίως ζωϊκά προϊόντα, π.χ. κόκκινο κρέας, ψάρια.	≈0.3g ανά κιλό βάρος σώματος για 5-7 ημέρες για τον κορεσμό των αποθήκων κρεατίνης στο σώμα, και στη συνέχεια ≈0.03 g ανά κιλό βάρος σώματος την ημέρα για συντήρηση.	Αύξηση δύναμης σε ασκήσεις με αντιστάσεις, ειδικά σε έντονες ασκήσεις μικρού χρονικού διαστήματος. Καλύτερη προσαρμογή του αθλητή στην προπόνηση. Ενδεχόμενη αύξηση καθαρής μυϊκής μάζας.	Παρατεταμένη “φάση φορτώσης” μπορεί να προκαλέσει κατακράτηση υγρών, και ως συνέπεια αύξηση του σωματικού βάρους. Ακόμα μπορεί να προκαλέσει μειωμένο εύρος κίνησης.
L-ΑΡΓΙΝΙΝΗ	Πρωτεϊνούχα τρόφιμα, π.χ. πουλερικά, προϊόντα γάλακτος, ψάρια, και φακίες.	1.5 έως 12 g την ημέρα.	Προάγει την παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη διαστολή των αιμοφόρων αγγείων, και αυξάνει την κυκλοφορία του αίματος.	Δόσεις άνω των 20 g μπορούν να προκαλέσουν ναυτία, διάρροια, και ταχυκαρδία.
L-ΚΙΤΡΟΥΛΛΙΝΗ	Συναντάται κυρίως στα καρπούζια.	3g έως 6g την ημέρα.	Προάγει την παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου (μέσω της μετατροπής της σε L-αργινίνη), το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη διαστολή των αιμοφόρων αγγείων, και αυξάνει	Μεγάλες δόσεις (>15g) μπορεί να προκαλέσουν πρήξιμο στην κοιλιακή χώρα, κράμπες, διάρροια, και αυξημένη εφίδρωση.

			την κυκλοφορία του αίματος.	
B-ΑΛΑΝΙΝΗ	Συναντάται κυρίως στο λευκό και κόκκινο κρέας.	4 g έως 6 g την ημέρα για 2 έως 4 εβδομάδες για την αύξηση των επιπέδων καρνοσύνης στο σώμα.	Αύξηση των επιπέδων καρνοσύνης στους σκελετικούς μύες. Η καρνοσύνη βοηθάει στην σωστή συστολή και διαστολή των σκελετικών μυών και παράλληλα λειτουργεί ως ρυθμιστής του pH στους μύες. Η καρνοσύνη επίσης μπορεί να παρατείνει τον χρόνο χρόνο συνήθως επέρχεται κούραση στους μύες.	Μονές δόσεις άνω των 800 mg μπορεί να προκαλέσουν παραισθήσεις.
HMB	Συναντάται στο γκρεϊπφρουτ, σε ορισμένα ψάρια, στο κρέας, και στα γαλακτοκομικά προϊόντα.	3 g την ημέρα.	Προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση στο σώμα, και παράλληλα βοηθάει στην απώλεια λίπους στους σκελετικούς μύες. Μπορεί να ενισχύσει την μυϊκή υπερτροφία, την δύναμη αλλά και την αντοχή των μυών.	Δεν φαίνεται να έχει παρενέργειες σε μεγάλες δόσεις, παραπάνω μελέτη είναι αναγκαία πάνω στην ασφάλεια του HMB.
BCAA's	Ζωϊκές τροφές, π.χ. κόκκινο κρέας, τα ψάρια, και τα γαλακτοκομικά προϊόντα.	3 έως 12 g την ημέρα.	Παραγωγή ενέργειας κατά την προπόνηση. Μείωση της εγκεφαλικής κούρασης που επέρχεται κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Καλύτε	Χρόνια υπερκατανάλωση μπορεί να οδηγήσει σε παχυσαρκεία. Χρόνια υπερκατανάλωση επίσης μπορεί να μειώσει σημαντικά

			ρη μυϊκή αποκατάσταση.	τα επίπεδα σεροτονίνης στο σώμα
ΓΛΟΥΤΑΜΙΝΗ	Πρωτεϊνούχα τρόφιμα, π.χ. αυγά, γαλακτοκομικά προϊόντα, όσπρια, και πουλερικά.	Ενάντι συμπλήρωσης με γλουταμίνη, προτείνεται καθημερινή λήψη 30 g παραπάνω πρωτεΐνης από τη συνιστώμενη για το άτομο καθημερινή λήψη, για τον σκοπό της αύξησης των επιπέδων γλουταμίνης.	Παραγωγή ενέργειας στο σώμα ενώ παράλληλα μπορεί να δράσει ως αντικαταβολική ουσία. Υποθέσεις για βελτίωση του ανοσοποιητικού συστήματος.	Δεν έχουν φανεί παρενέργειες σχετικά με την υπερκατακατανάλωση γλουταμίνης (45 g την ημέρα) για μικρό χρονικό διάστημα. Μετά από 3 μήνες, ο οργανισμός συνηθίζει στην εξωγενή λήψη γλουταμίνης και ως αποτέλεσμα σταματάει την ενδογενή παραγωγή της το οποίο καθιστάται ως αρνητικό αποτέλεσμα.
ΤΑΥΡΙΝΗ	Συναντάται στο κρέας.	3 g την ημέρα έως 3 μήνες.	Αντιοξειδωτική δράση και παράλληλα ρυθμίζει τα επίπεδα ελεύθερου ασβεστίου εντός των μυϊκών κυττάρων. Η ρύθμιση του ελεύθερου ασβεστίου βοηθάει στην αύξηση της απόδοσης των μυών.	Δόσεις έως 10 γραμμάρια την ημέρα από συμπληρώματα διατροφής δείχνουν να μην έχουν αρνητικές επιδράσεις.

ΟΝΟΜΑ	ΣΧΟΛΙΑ
ΚΡΕΑΤΙΝΗ	Λειτουργικό και παράλληλα σημαντικό συμπλήρωμα διατροφής/εργογόνο βοήθημα το οποίο είναι πολύτιμο για τους αθλητές που κοιτάνε να βρουν κάποια ουσία η οποία είναι όντως εργογόνα και θα τους βοηθήσει να αυξήσουν την απόδοση τους.Κρίνεται μάλιστα ιδιαίτερα σημαντική σε αθλητές που κάνουν ασκήσεις με βάρη, ή αθλητές που θέλουν να αυξήσουν την σωματική τους μάζα.Τα αποτελέσματα της είναι ακόμα πιο μεγάλα συνδιαζόμενη με άλλες ουσίες όπως π.χ. πρωτεΐνη.Το γεγονός οτι δεν φαίνεται να έχει παρενέργειες στον οργανισμό,και παράλληλα ότι σε μεγάλο ποσοστό μελετών πάνω στην κρεατίνη επέρχονται αποτελέσματα και μάλιστα θετικά, θωρακίζει ακόμα παραπάπανω τη θέση αυτού του εργογόνου βοηθήματος στο χώρο του αθλητισμού.
L-ΑΡΓΙΝΙΝΗ	Παρότι διαφιμίζεται για τα εργογόνα αποτελέσματα της,κυρίως βάση της αύξησης των επιπέδων του μονοξειδίου το αζώτου,δεν φαίνεται εν τέλη να αξίζει να χρησιμοποιηθεί ως εργογόνο βοήθημα,ειδικά εαν λάβει κανείς υπόψιν του ότι τα περισσότερα εργογόνα αποτελέσματα(εάν υπάρχουν)επέρχονται μετά απο κατανάλωση μεγάλων δόσεων,οι οποίες φλερτάρουν τα όρια των δόσεων κατά των οποίων επέρχονται αρνητικά αποτελέσματα.Παραπάνω μελέτη είναι αναγκαία στο αμινοξύ αυτό.
L-ΚΙΤΡΟΥΛΛΙΝΗ	Σε αντίθεση με την L-αργινίνη,η L-κιτρουλλίνη φαίνεται να είναι πιο ασφαλής στην κατανάλωση της,αλλά όπως και η L-αργινίνη δεν δείχνει να έχει σημαντικά εργογόνα αποτελέσματα ούτως ώστε να αξίζει κανείς να συμπληρώσει τη δίαιτα του με συμπληρώματα διατροφής L-Κιτουλλίνης.Ακόμα, ίσως ο καλύτερος δρόμος να ακολουθήσει κανείς θα ήταν να χορηγείται συμπληρώματα μιληκής κιτρουλλίνης,η οποία μιληκή κιτουλλίνη δείχνει σημαντικά αποτελέσματα,και ειδικά σε ασκήσεις με βάρη.Παραπάνω μελέτη είναι αναγκαία πάνω στην L-κιτρουλλίνη.Σημαντικός κρίνεται και ο ρόλος της κιτρουλλίνης στο πρόβλημα της υδρόλυσης της αργινίνης απο το ένζυμο αργινάση.
B-ΑΛΑΝΙΝΗ	Φαίνεται να είναι λειτουργικό αμινοξύ όσον αφορά τη χορήγηση του ως συμπλήρωμα διατροφής.Ενώ στην αερόβια ασκηση δεν φαίνεται να έχει μεγάλα αποτελέσματα,αθλητές που κάνουν κυρίως αναερόβια άσκηση μπορούν να λάβουν την ουσία αυτή ως συμπλήρωμα και να δουν σημαντικά αποτελέσματα στη δύναμη τους,αλλά παραλλήλα μπορεί να βοηθήσει και αθλητές οι οποίοι έχουν ως σκοπό την αύξηση της καθαρής μυϊκής τους μάζας.Βάση τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν στις μελέτες φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ανθρώπου που κάνουν βάρη.Το γεγονός οτι η β-αλανίνη δείχνει να αυξάνει το χρόνο που χρειάζεται ο μυς για να κουραστεί και να αρχίσει να πονάει,οχυρώνει ακόμα πιο πολύ τη θέση του αμινοξέος αυτό στον χώρο του αθλητισμού και ειδικά στον χώρο των ασκήσεων με βάρη.Δείχνει να είναι ακίνδυνη σε δόσεις εντός των ορίων,κάτι το οποίο είναι ένα ακόμα υπέρ για το αμινοξύ αυτό.

HMB	Παρότι το αμινοξύ αυτό διαφιμίζεται για τις δράσεις του ως αντικαταβολιτική ουσία ή/και ως λιποδιαλύτης, και παρότι υπάρχουν θεωρήσεις ότι μπορεί να αυξήσει τη καθαρής σωματική μάζα και της απόδοσης του αθλητή, χρειάζονται ακόμα μελέτες για να εδραιωθεί η δράση του και παράλληλα η συμβολή του στον χώρο του αθλητισμού και να μπορεί να πει κανείς με σιγουριά ότι λειτουργεί και αξίζει να συμπληρωθεί στη δίαιτα του αθλητή. Δείχνει να είναι ακίνδυνο σε δόσεις εντός των ορίων.
BCAA's	Δείχνουν αρκετά υποσχόμενα τα 3 αμινοξέα αυτά, ειδικά για τη καταπολέμηση μικροφλεγμονών που επέρχονται στους μύες λόγω της έντονης άσκησης. Τα BCAA's λοιπόν έχει νόημα να χορηγηθούν ως βοήθημα για τη μυϊκή αποκατάσταση. Ακόμα όσον αφορά τη δράση τους στο κεντρικό νευρικό σύστημα και την εγκεφαλική κούραση που επέρχεται κατά την άσκηση δεν μπορεί κανείς να πει με σιγουριά ότι είναι κρίσιμο να χορηγηθεί, καθώς ενώ δείχνει να έχει αποτελέσματα στη μείωση της εγκεφαλικής κούρασης, παραπάνω μελέτη είναι αναγκαία. Χορηγούμενα λοιπόν τα BCAA's εντός των συνιστώμενων δόσεων και παράλληλα σε συνδιασμό με άλλες ουσίες όπως πρωτεΐνη γάλακτος μπορούν να είναι πολύ χρήσιμα για τον αθλητή όσον αφορά την μυϊκή του αποκατάσταση. Εάν δεν γίνει χρόνια υπερκατανάλωση τα BCAA's φαίνονται να είναι ασφαλή.
ΓΛΟΥΤΑΜΙΝΗ	Αυτό το αμινοξύ εάν και παρουσιάζει κάποια εργογόνα αποτελέσματα (π.χ. παραπάνω χρόνος για κουραστεί ο αθλητής), φαίνεται να είναι πιο δραστικό όταν συνδιάζεται με άλλες ουσίες, π.χ. HMB ή πρωτεΐνη ή κρεατίνη. Ακόμα ίσως ο καλύτερος δρόμος που μπορεί να ακολουθήσει κανείς, είναι, να μην είναι η χορήγηση γλουταμίνης ως συμπλήρωμα διατροφής, αλλά να προσθέσει στην καθημερινή του διατροφή ένα γέυμα που να περιέχει περίπου 30 γραμμάρια πρωτεΐνη. Επίσης το αμινοξύ αυτό δεν ενδείκνυται για την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος παρότι πολλές εταιρίες το διαφιμίζουν και για αυτό το λόγο. Η γλουταμίνη ως συμπλήρωμα διατροφής φαίνεται να είναι ασφαλής, εάν χορηγηθεί για μικρό χρονικό διάστημα.
ΤΑΥΡΙΝΗ	Παρότι υπάρχουν κάποια στοιχεία σχετικά με την επίδραση και τα εργογόνα αποτελέσματα της ταυρίνης (π.χ. παραπάνω χρόνος για να κουραστεί ο αθλητής) χορηγούμενη ως συμπλήρωμα διατροφής, πρέπει να γίνουν επιπλέον μελέτες για να αποφανθεί κανείς σχετικά με το εάν έχει κάποιο νόημα η συμπλήρωση της στη δίαιτα του αθλητή. Σε γενικές γραμμές φαίνεται να είναι ασφαλής για χορήγηση εάν κάποιος αποφασίσει να την καταναλώσει εντός των ορίων της προτεινόμενης δοσολογίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- AbuMoh'd MF, M. L.-A. (2020, March). Effects of Oral Branched-Chain Amino Acids (BCAAs) Intake on Muscular and Central Fatigue During an Incremental Exercise. . *J Hum Kinet.* , pp. 69-78. doi:10.2478/hukin-2019-0099.
- Allerton TD, P. D. (2018, July). L-Citrulline Supplementation: Impact on Cardiometabolic Health. *Nutrients.*, 10(7), p. 921. doi:10.3390/nu10070921.
- Álvares TS, M. C. (2011, March). L-Arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. *Sports Med.* , 41(3), pp. 48-233. doi:10.2165/11538590-000000000-00000.
- Arefirad T, S. E. (2022, October). Effect of exercise training on nitric oxide and nitrate/nitrite (NOx) production: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* , 13, pp. 912-953. doi:10.3389/fphys.2022.953912.
- Bellinger, .. (2014, June). β-Alanine supplementation for athletic performance: an update. *J Strength Cond Res.*, 28(6), pp. 70-1751. doi:10.1519/JSC.0000000000000327.
- Berti Zanella P, D. A. (2017, September). Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness.*, 57(9), pp. 1132-1141. doi:10.23736/S0022-4707.16.06582-8.
- Bescós R, S. A. (2012, February). The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. *Sports Med.*, 42(2), pp. 99-117. doi:doi: 10.2165/11596860-000000000-00000.
- Bruckdorfer, .. (2005, February-April). The basics about nitric oxide. *Mol Aspects Med.*, 26(1-2), pp. 3-31. doi:doi: 10.1016/j.mam.2004.09.002.
- Caine JJ, G. T. (2016, December). Taurine, energy drinks, and neuroendocrine effects. *Cleve Clin J Med.* , 83(12), pp. 895-904. doi:10.3949/ccjm.83a.15050.
- Castell LM, N. E. (1997, July-August). The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. . *Nutrition.* , 13(7-8), pp. 42-738. doi:10.1016/s0899-9007(97)83036-5.
- Chen IF, W. H. (2016, July). Branched-chain amino acids, arginine, citrulline alleviate central fatigue after 3 simulated matches in taekwondo athletes: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* . doi:10.1186/s12970-016-0140-0.
- Cleveland Clinic. (2022, December 6). *Health essentials*. Retrieved from <https://health.clevelandclinic.org/do-i-need-to-worry-about-eating-complete-proteins/>
- Cleveland Clinic. (2022, March 18). *Serotonin*. Retrieved from <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/22572-serotonin>
- Cleveland Clinic. (2023, February 7). *Health Essentials*. Retrieved from <https://health.clevelandclinic.org/citrulline-benefits/>
- Cooper R, N. F. (2012, July). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J Int Soc Sports Nutr.* , 9(1), p. 33. doi:10.1186/1550-2783-9-33.

- Coqueiro AY, R. M. (2019, April). Glutamine as an Anti-Fatigue Amino Acid in Sports Nutrition. *Nutrients*, *11*(4). doi:10.3390/nu11040863.
- Córdova-Martínez A, C.-G. A.-V. (2021, June). Effect of Glutamine Supplementation on Muscular Damage Biomarkers in Professional Basketball Players. *Nutrients*, *13*(6), p. 2073. doi:10.3390/nu13062073.
- Dolan E, S. P. (2019, May). A Systematic Risk Assessment and Meta-Analysis on the Use of Oral β -Alanine Supplementation. *Adv Nutr*, *10*(3), pp. 452-463. doi:10.1093/advances/nmy115.
- Durkalec-Michalski K, J. J. (2017, July). The Effect of a 12-Week Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) Supplementation on Highly-Trained Combat Sports Athletes: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Study. *Nutrients*, *9*(7), p. 753. doi:10.3390/nu9070753.
- Figuroa A, W. A. (2017, January). Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, *20*(1), pp. 92-98. doi:10.1097/MCO.0000000000000340.
- Gervasi M, S. D. (2020, January). Effects of a commercially available branched-chain amino acid-alanine-carbohydrate-based sports supplement on perceived exertion and performance in high intensity endurance cycling tests. *J Int Soc Sports Nutr*, *17*(1), p. 6. doi:10.1186/s12970-020-0337-0.
- Gleeson, M. (2008, October). Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. *J Nutr*, *138*(10). doi:10.1093/jn/138.10.2045S.
- Gonzalez AM, T. E. (2020, May). Effects of Citrulline Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Review of the Current Literature. *J Strength Cond Res*, pp. 1480-1495. doi:10.1519/JSC.00000000000003426.
- Goron A, M. C. (2018, August). Amino acids and sport: a true love story? *Amino Acids*, pp. 969-980. doi:10.1007/s00726-018-2591-x.
- Hall JC, H. K. (1996, March). Glutamine. *Br J Surg*, *83*(3), pp. 12-305. doi:10.1002/bjs.1800830306.
- Hall M, M. E. (2021, July). Creatine Supplementation: An Update. *Curr Sports Med Rep*, *20*(7), pp. 338-344. doi:10.1249/JSR.0000000000000863.
- Hall M, T. T. (2013, July-August). Creatine supplementation. *Curr Sports Med Rep*, *12*(4), pp. 4-240. doi:10.1249/JSR.0b013e31829cdf2.
- Hambraeus, L. (2014). Protein and Amino Acids in Human Nutrition. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128012383000283>
- Harty PS, Z. H. (2018, August). Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: a brief review. *J Int Soc Sports Nutr*, *15*(1), p. 41. doi:10.1186/s12970-018-0247-6.
- Health, National Center for Complementary and Integrative. (2023, May 30). *NIH*. Retrieved from <https://www.nccih.nih.gov/health/tips/tips-what-consumers-need-to-know-about-dietary-supplements>

- Hiroiyuki Kato, K. S. (2018, June). Branched-Chain Amino Acids Are the Primary Limiting Amino Acids in the Diets of Endurance-Trained Men after a Bout of Prolonged Exercise,. *The Journal of Nutrition*,, 148(6), pp. 925-931. doi:<https://doi.org/10.1093/jn/nxy048>
- Hoffman JR, V. A. (2018). Effects of β -Alanine Supplementation on Carnosine Elevation and Physiological Performance. *Adv Food Nutr Res.* , pp. 183-206. doi:10.1016/bs.afnr.2017.12.003.
- Holecek, M. (2013, September). Side effects of long-term glutamine supplementation. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.*, 37(5), pp. 16-607. doi:10.1177/0148607112460682.
- Holeček, M. (2017, August). Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation and skeletal muscle in healthy and muscle-wasting conditions. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.*, 8(4), pp. 529-541. doi:10.1002/jcsm.12208.
- Jakubowski JS, N. E. (2020, May). Supplementation with the Leucine Metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) does not Improve Resistance Exercise-Induced Changes in Body Composition or Strength in Young Subjects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* , 12(5), p. 1523. doi:10.3390/nu12051523.
- Jukić I, K. N.-R.-K. (2021, June). Carnosine, Small but Mighty-Prospect of Use as Functional Ingredient for Functional Food Formulation. *Antioxidants (Basel).*, 10(7), p. 1037. doi:10.3390/antiox10071037.
- Kaczka P, M. M. (2019, August). Mechanism of Action and the Effect of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate (HMB) Supplementation on Different Types of Physical Performance - A Systematic Review. *J Hum Kinet.* , 21(68), pp. 211-222. doi:10.2478/hukin-2019-0070.
- Khemtong C, K. C. (2021, May). Does Branched-Chain Amino Acids (BCAAs) Supplementation Attenuate Muscle Damage Markers and Soreness after Resistance Exercise in Trained Males? A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients.* , 13(6), p. 1880. doi:10.3390/nu13061880.
- Kim DH, K. S. (2013, December). Effect of BCAA intake during endurance exercises on fatigue substances, muscle damage substances, and energy metabolism substances. *J Exerc Nutrition Biochem.* , 17(4), pp. 80-169. doi:10.5717/jenb.2013.17.4.169.
- Kreider., R. (2003, February). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem.*, 244(1-2), pp. 89-94.
- Kurtz JA, V. T. (2021, May 26). *Taurine in sports and exercise*. doi:10.1186/s12970-021-00438-0
- Lopez, M. J., & Mohiuddin., S. S. (2023, March). *Biochemistry, Essential Amino Acids*. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/#_ncbi_dlg_citbx_NBK557845
- Martinho DV, N. H. (2022, September). Oral Branched-Chain Amino Acids Supplementation in Athletes: A Systematic Review. *Nutrients.* , 14(19), p. 4002. doi:10.3390/nu14194002.
- Mielgo-Ayuso J, C.-G. J.-J.-G.-L. (2019, March). Effects of Creatine Supplementation on Athletic Performance in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.*, 11(4), p. 757. doi:10.3390/nu11040757.

- National Academies Press (US). . (1994). *Regulation of Amino Acids and Other Dietary Components Associated with Enhanced Physical Performance*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK209051/>
- National Institutes of Health. (2021, March 22). *Office of Dietary Supplements*. Retrieved from <https://ods.od.nih.gov/factsheets/ExerciseAndAthleticPerformance-Consumer/>
- National Library of Medicine. (2023). *MedlinePlus*. Retrieved from <https://medlineplus.gov/ency/article/002222.htm>
- National library of medicine-NIH. (2018, July 13). *MedlinePlus*. Retrieved from <https://medlineplus.gov/dietarysupplements.html>
- Nissen S, S. R. (2000, August). beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. . *J Nutr.* , 130(8), pp. 45-1937. doi: 10.1093/jn/130.8.1937.
- Oral, O. (2021, September). Nitric oxide and its role in exercise physiology. *J Sports Med Phys Fitness.*, 61(9), pp. 1208-1211. doi:10.23736/S0022-4707.21.11640-8.
- Patrícia Molz, D. d. (2023, May). Association between the use of muscle-building supplements and DNA damage in resistance training practitioners. *Nutrition*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112080>.
- Paul McSweeney, J. M. (2021). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press. doi:9780128187678
- Portal S, E. A. (2010, July). Effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal profile and muscle damage indices. *J Pediatr Endocrinol Metab.* , 23(7), pp. 641-50. doi:10.1515/jpem.2010.23.7.641.
- Quesnele JJ, L. M. (2014, February). The effects of beta-alanine supplementation on performance: a systematic review of the literature. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* , 24(1), pp. 14-27. doi:10.1123/ijsnem.2013-0007.
- Ramezani Ahmadi A, R. E. (2019, June). The effect of glutamine supplementation on athletic performance, body composition, and immune function: A systematic review and a meta-analysis of clinical trials. *Clin Nutr.* , 38(3), pp. 1076-1091. doi:10.1016/j.clnu.2018.05.001.
- Ripps H, S. W. (2012, November 12). *Review: taurine: a "very essential" amino acid*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3501277/>
- Roya Riazi, M. R. (2003, November). Valine May Be the First Limiting Branched-Chain Amino Acid in Egg Protein in Men,. *The Journal of Nutrition*,, 133(11). doi:<https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3533>.
- Shannon OM, C. T. (2022, August). Nitric oxide, aging and aerobic exercise: Sedentary individuals to Master's athletes. *Nitric Oxide*. 2022 Aug 1;125-126:31-39, 125(126), pp. 31-39. doi:10.1016/j.niox.2022.06.002.
- Shao A, H. J. (2008, April). Risk assessment for the amino acids taurine, L-glutamine and L-arginine. *Regul Toxicol Pharmacol.* , pp. 99-376. doi:10.1016/j.yrtph.2008.01.004.

- Solon-Biet SM, C. V.-A. (2019, May). Branched chain amino acids impact health and lifespan indirectly via amino acid balance and appetite control. . *Nat Metab.* , 1(5), pp. 532-545. doi:10.1038/s42255-019-0059-2.
- Tang FC, C. C. (n.d.). Contribution of branched-chain amino acids to purine nucleotide cycle: a pilot study. . *Eur J Clin Nutr.* , 71(5), pp. 587-593. doi:10.1038/ejcn.2016.161.
- Trexler ET, S.-R. A. (2015, December). Creatine and Caffeine: Considerations for Concurrent Supplementation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* , 25(6), pp. 23-607. doi:10.1123/ijsnem.2014-0193.
- Trexler ET, S.-R. A. (2015, July). International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J Int Soc Sports Nutr.* . doi:10.1186/s12970-015-0090-y.
- Tsukiyama Y, I. T. (2017, May). Effects of exercise training on nitric oxide, blood pressure and antioxidant enzymes. *J Clin Biochem Nutr.* , 60(3), pp. 180-186. doi:10.3164/jcfn.16-108.
- Vårvik FT, B. T. (2021, July). Acute Effect of Citrulline Malate on Repetition Performance During Strength Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, 31(4), pp. 350-358. doi:10.1123/ijsnem.2020-0295.
- Viribay A, B. J.-L.-C.-A. (2020, May). Effects of Arginine Supplementation on Athletic Performance Based on Energy Metabolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* , 12(5), p. 1300. doi:10.3390/nu12051300.
- Waldron M, P. S. (2018, May). The Effects of an Oral Taurine Dose and Supplementation Period on Endurance Exercise Performance in Humans: A Meta-Analysis. *Sports Med.* , 48(5), pp. 1247-1253. doi:10.1007/s40279-018-0896-2.
- Wax B, K. C. (2021, June). Creatine for Exercise and Sports Performance, with Recovery Considerations for Healthy Populations. *Nutrients.* , 13(6), p. 1915. doi:10.3390/nu13061915.
- Wierzejska, R. (2021, August). Dietary Supplements-For Whom? The Current State of Knowledge about the Health Effects of Selected Supplement Use. *Int J Environ Res Public Health.*, 18(17), p. 8897. doi:10.3390/ijerph18178897.