

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΗΤΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΜΥΪΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΓΚΟΥΣΚΟΥ ΚΑΛΛΙΟΠΗ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΚΑΡΙΝΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ

ΤΖΙΡΑΧΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΣΗΤΕΙΑ 2008

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΗΤΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**SUBJECT: MUSCULAR DEVELOPMENT AND
NUTRITION**



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: GOUSKOU KALLIOPI

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: KARINOS THEOXARIS

TZIRAXIS GEORGIOS

ΣΗΤΕΙΑ 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ

Την καθηγήτριά μας,

την Θεοδώρα,

την Ελένη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	σελ. 8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	
1. Ιστορική Αναδρομή	σελ. 12
1.1 Η Σωματική Άσκηση στην Αρχαία Ελλάδα	σελ. 12
1.2 Η Διατροφή των Αθλητών στην Αρχαία Ελλάδα	σελ. 13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	
2. Ανατομία και Φυσιολογία του Μυϊκού Συστήματος	σελ. 15
2.1 Μυϊκό Σύστημα :Οργάνωση και Ενεργοποίηση	σελ. 15
2.2 Σύγκριση των Σκελετικών, Καρδιακών και Λείων Μυών	σελ. 15
2.3 Αδρή Δομή του Σκελετικού Μυός	σελ. 15
2.4 Χημική Σύσταση του Μυός	σελ. 16
2.5 Προσφορά Αίματος στους Μυς	σελ. 17
2.6 Υπερμικροσκοπική Υφή του Σκελετικού Μυός	σελ. 17
2.7 Διακυτταρικά Σωληναριακά Συστήματα	σελ. 19
2.8 Χημικά και Μηχανικά Γεγονότα κατά την Συστολή και Χάλαση	σελ. 20
2.8.1 Θεωρία Ολίσθησης των Νηματίων	σελ. 20
2.8.2 Σχέση Ακτίνης, Μυοσίνης και ATP	σελ. 20
2.8.3 Σύζευξη Διέγερσης-Συστολής	σελ. 21
2.8.4 Χαλάρωση	σελ. 21
2.9 Τύποι των Μυϊκών Ινών	σελ. 22
2.9.1 <i>Γνες Ταχείας Συστολής</i>	σελ. 22
2.9.1.1 <i>Υποδιαιρέσεις των Ινών Ταχείας Συστολής</i>	σελ. 22
2.9.2 <i>Γνες Βραδείας Συστολής</i>	σελ. 23
2.10 Διαφορές σε Αθλητές Υψηλού Επιπέδου	σελ. 24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	
3. Ανάπλαση Μυϊκού Ιστού Μέσω Μοριακών Μονοπατιών	σελ. 26
3.1 Ρύθμιση της Πρωτεϊνοσύνθεσης που Συνδέεται με την Υπερτροφία των Σκελετικών Μυών από Ινσουλίνη , Αμινοξέα, και Άσκηση	σελ. 26
3.2 Συνοπτική Περιγραφή του Μονοπατιού mTOR (phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin)	σελ. 26
3.3 Ρύθμιση της Μετάφρασης του mRNA Μέσω Ενεργοποίησης του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin	σελ. 28
3.3.1 <i>Ενεργοποίηση Μέσω Ινσουλίνης του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin</i>	σελ. 29
3.3.2 <i>Ενεργοποίηση του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin από Αμινοξέα</i>	σελ. 29
3.3.3 <i>Ενεργοποίηση του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin μέσω Άσκησης Αντίστασης</i>	σελ. 29
3.4 Συμπέρασμα	σελ. 30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	
4. Θεωρίες Ανάπτυξης του Μυϊκού Ιστού (Υπερτροφία και Υπερπλασία) - Σωματότυποι	σελ. 31
4.1 Θεωρίες Ανάπτυξης του Μυϊκού Ιστού	σελ. 31
4.2 Προσαρμογή των Μυών	σελ. 33

4.2.1 Προσαρμοστικότητα Βιολογικών Παραγόντων	σελ. 33
4.2.2 Γονότυπος και Προσαρμοστικότητα	σελ. 35
4.3 Σωματότυποι	σελ. 37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5. Τρόποι Μέτρησης Μυϊκής Μάζας Διαφορές μεταξύ Ανδρών και Γυναικών στη Σύσταση του Σώματος και ιδιαίτερα της Μυϊκής Μάζας	σελ. 41
5.1 Τρόποι Μέτρησης της Μυϊκής Μάζας	σελ. 41
5.1.1 Μέθοδος Δερματοπτυχών	σελ. 41
5.1.1.1 Υποθέσεις και Αρχές	σελ. 41
5.1.1.2 Πηγές λαθών στις μετρήσεις	σελ. 42
5.1.1.3 Εξισώσεις πρόβλεψης δερματοπτυχών	σελ. 44
5.1.2 Ανάλυση Βιοηλεκτρικής Σύνθετης Αντίστασης	σελ. 44
5.1.2.1 Υποθέσεις και αρχές	σελ. 45
5.1.2.2 Πηγές λαθών στις μετρήσεις	σελ. 46
5.1.2.3 Εξισώσεις πρόβλεψης BIA	σελ. 47
5.1.3 Ανθρωπομετρικές Μέθοδοι	σελ. 47
5.1.3.1 Υποθέσεις και Αρχές	σελ. 48
5.1.3.2 Πηγές λαθών στις μετρήσεις	σελ. 48
5.1.3.3 Ανθρωπομετρικές εξισώσεις πρόβλεψης	σελ. 49
5.2 Διαφορές Μεταξύ Ανδρών και Γυναικών στην Σύσταση του Σώματος και Ιδιαίτερα της Μυϊκής Μάζας	σελ. 49
5.3 Σωματική Σύνθεση και Αθλητική Απόδοση	σελ. 51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6. Ορμονικές Μεταβολές που Συμβάλλουν στην Αύξηση του Μυός	σελ. 53
6.1 Αναβολικές Ορμόνες	σελ. 53
6.1.1 Αναβολικά Ανδρογενή Στεροειδή-Τεστοστερόνη	σελ. 53
6.1.1.1 Stress, Σωματική Άσκηση και Τεστοστερόνη	σελ. 57
6.2 Αυξητική Ορμόνη και IGF-1 Παράγοντας (Σωματομεδίνη)	σελ. 57
6.3 Ινσουλίνη	σελ. 59
6.4 Οιστρογόνα και Σκελετικός Μυς	σελ. 60
6.5 Καταβολικές Ορμόνες	σελ. 60
6.5.1 Μυοστατίνη και Σκελετικός Μυς	σελ. 60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7. Μακροθρεπτικά και Συμβολή στην Μυϊκή Διάπλαση	σελ. 62
7.1 Γενικά	σελ. 62
7.2 Βασικά Στοιχεία	σελ. 62
7.3 Απαιτήσεις Μακροθρεπτικών Συστατικών για την Άσκηση	σελ. 64
7.4 Ο Μεταβολισμός της Πρωτεΐνης Ολόκληρου του Σώματος	σελ. 66
7.4.1 Κατά την Διάρκεια της Άσκησης	σελ. 66
7.4.2 Μετά την Άσκηση	σελ. 67
7.5 Συσχέτιση Θερμίδων και Αύξηση Σωματικού Βάρους (Μυϊκής Μάζας) Μέσω Άσκησης Αντίστασης	σελ. 67
7.6 Πηγή Πρωτεΐνης και Πεπτικότητα	σελ. 68
7.6.1 Συμπερασματικά	σελ. 70
7.7 Αγωνιστικά Γεύματα	σελ. 70
7.7.1 Χρόνος Πρόσληψης	σελ. 70
7.7.2 Προαγωνιστικό Γεύμα	σελ. 71
7.7.3 Κατά τη Διάρκεια της Άσκησης (Γεύμα)	σελ. 72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

8. Μικροθρεπτικά Στοιχεία και Συμβολή στην Μυϊκή Διάπλαση	σελ. 75
8.1 Γενικά	σελ. 75
8.2 Βιταμίνες	σελ. 75
8.2.1 Λιποδιαλυτές	σελ. 75
8.2.1.1 Βιταμίνη Α	σελ. 76
8.2.1.2 Βιταμίνη D	σελ. 77
8.2.1.3 Βιταμίνη E	σελ. 77
8.2.1.4 Βιταμίνη K	σελ. 77
8.2.2 Υδατοδιαλυτές	σελ. 78
8.2.2.1 Βιταμίνη B1 ή Θειαμίνη	σελ. 78
8.2.2.2 Βιταμίνη B2 ή Ριβοφλαβίνη	σελ. 78
8.2.2.3 Νιασίνη	σελ. 78
8.2.2.4 Βιταμίνη B6	σελ. 79
8.2.2.5 Βιταμίνη B12	σελ. 79
8.2.2.6 Φυλλικό οξύ	σελ. 79
8.2.2.7 Παντοθενικό οξύ	σελ. 79
8.2.2.8 Βιοτίνη	σελ. 79
8.2.2.9 Βιταμίνη C	σελ. 80
8.3 Μακροστοιχεία	σελ. 80
8.3.1 Ασβέστιο	σελ. 80
8.3.2 Φώσφορος	σελ. 81
8.3.3 Μαγνήσιο	σελ. 82
8.4 Ιχνοστοιχεία	σελ. 83
8.4.1 Σίδηρος	σελ. 83
8.4.2 Χαλκός	σελ. 83
8.4.3 Ψευδάργυρος	σελ. 84
8.4.4 Χρώμιο	σελ. 84
8.4.5 Σελήνιο	σελ. 85
8.4.6 Βόριο	σελ. 85
8.4.7 Βανάδιο	σελ. 85
8.4.8 Άλλα Ιχνοστοιχεία	σελ. 85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

9. Χορτοφαγία και Σωστή Διατροφή για Διατήρηση Μυϊκής Μάζας	σελ. 86
9.1 Εισαγωγή	σελ. 86
9.2 Κατηγορίες Χορτοφάγων	σελ. 86
9.3 Επιπτώσεις στην Υγεία από την Χορτοφαγία	σελ. 87
9.4 Εκτιμήσεις Διατροφής για τους Χορτοφάγους	σελ. 87
9.4.1 Πρωτεΐνη	σελ. 87
9.4.2 Σίδηρος	σελ. 88
9.4.3 Ψευδάργυρος	σελ. 88
9.4.4 Ασβέστιο	σελ. 89
9.4.5 Βιταμίνη D	σελ. 89
9.4.6 Βιταμίνη B2 ή Ριβοφλαβίνη	σελ. 90
9.4.7 Βιταμίνη B12	σελ. 90
9.4.8 Βιταμίνη A/ B-Καροτένιο	σελ. 90
9.4.9 Ωμέγα-3 Λιπαρά Οξέα	σελ. 91
9.4.10 Ιώδιο	σελ. 91

9.5 Ο Χορτοφάγος Αθλητής	σελ. 92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο	
10. Δημοφιλή Εργογενετικά Φάρμακα και Συμπληρώματα στους Νέους Αθλητές	σελ. 94
10.1 Ταξινόμηση Απαγορευμένων Ουσιών	σελ. 94
10.2 Εισαγωγή	σελ. 95
10.3 Ιστορία των Αναβολικών Ουσιών στον Αθλητισμό	σελ. 96
10.4 Αναβολικά-Ανδρογενή Στεροειδή	σελ. 98
10.4.1 Φυσιολογία	σελ. 98
10.5 Πρόδρομες Ουσίες Στεροειδών (Προορμόνες)	σελ. 98
10.5.1 Φυσιολογία	σελ. 98
10.6 Αυξητική Ορμόνη	σελ. 99
10.6.1 Φυσιολογία	σελ. 99
10.6.2 Δοσολογία	σελ. 99
10.6.3 Επιδράσεις	σελ. 99
10.6.4 Δυσμενείς Επιδράσεις	σελ. 100
10.7 Διατροφικά Συμπληρώματα	σελ. 100
10.7.1 Εισαγωγή	σελ. 100
10.8 Κρεατίνη	σελ. 101
10.8.1 Φυσιολογία	σελ. 101
10.8.2 Δοσολογία	σελ. 102
10.8.3 Επιδράσεις	σελ. 102
10.8.4 Δυσμενείς Επιδράσεις	σελ. 103
10.9 Εφεδρίνη	σελ. 103
10.9.1 Φυσιολογία	σελ. 103
10.9.2 Δοσολογία	σελ. 103
10.9.3 Επιδράσεις	σελ. 104
10.9.4 Δυσμενείς Επιδράσεις	σελ. 104
10.10 Τα Συμπληρώματα Διατροφής Πρωτεϊνών δεν Αυξάνουν τη Μυϊκή Μάζα στους Αθλητές	σελ. 105
10.11 Κίνδυνοι από τη Λήψη Βιταμινών και Συμπληρωμάτων Διατροφής	σελ. 106
Επίλογος	σελ. 109
Βιβλιογραφία	σελ. 111

Abstract

It has been proved that increased muscular mass during the lifetime and mainly in the third age, contributes to the maintenance and good function of the bones and also to the prevention of various illnesses as the cardiovascular diseases. This assay presents the significance of the augmentation of the muscular mass for those who get physical exercise as well as for those who don't.

In this work we analyze three different ways (molecular mechanisms, alimentary habits, resistance exercise) of muscular mass augmentation. Finally, demonstrate how these ways effect each other and also how can we intervene baring in mind the diversity (sex, age, etc) so that one achieves the best corporal formation and consequently better quality of life.

Περίληψη

Έχει αποδειχτεί ότι η αυξημένη μυϊκή μάζα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής και κυρίως στην τρίτη ηλικία, συμβάλλει στην διατήρηση και καλή λειτουργία των οστών καθώς επίσης και στην πρόληψη διαφόρων ασθενειών όπως τα καρδιαγγειακά νοσήματα. Στην παρούσα πτυχιακή παρουσιάζεται η σπουδαιότητα της διατροφής στην ανάπτυξη και μεταβολή της μυϊκής μάζας, τόσο στους αθλούμενους όσο και στους μη αθλούμενους.

Αναλύονται τρεις διαφορετικές «οδοί» (μοριακοί μηχανισμοί, διατροφικές συνήθειες, άσκηση αντίστασης) μέσω των οποίων αυξάνεται η μυϊκή μάζα καθώς και οι αλληλεπιδράσεις τους. Τέλος καταδεικνύονται οι τρόποι που μπορούμε να παρέμβουμε λαμβάνοντας υπόψιν την διαφορετικότητα (φύλο, ηλικία κ.ά) έτσι ώστε ο άνθρωπος να επιτύχει την βέλτιστη σωματική διάπλαση και επομένως μια καλύτερης ποιότητας ζωή.

Abstract

It has been proved that increased muscular mass during the lifetime and mainly in the third age, contributes to the maintenance and good function of the bones and also to the prevention of various illnesses as the cardiovascular diseases. This essay presents the significance of the augmentation of the muscular mass for those who get physical exercise as well as for those who don't.

In the non-alimentary part of the essay we refer to the ways in which the muscular mass increases via the exercise resistance by concluding due to appropriate measuring that all the body muscles are continuously reformed in order to adapt to the required functions. We indicate the molecule part for the augmentation of the muscular mass and we demonstrate the most important hormones that contribute to the augmentation of the muscle tissue.

The alimentary part of the essay presents the macronutritious components that play an important role regarding the exercise or any other athletic activity. The augmentation of the intensity of an exercise increases the consumption of carbohydrates from the energy reserves and a relative decrease of fat use as energy reserve. The protein contributes to the energy reserves that are consumed mostly during rest (muscle tone) and during the exercise, but it is possible that provides less than 5% of the energy in use to individuals who have eaten before. In general the 'fuels' that are consumed during an exercise, depend on the intensity and the duration of the exercise, the sex of the athlete and his previous nutritious situation.

The exercise "strengthens" many of the metabolic paths that require trace elements. Consequently the exercise can lead to the muscular biochemical adaptations that increase the needs for trace elements. The exercise can also increase the turnover of trace elements, increasing accordingly the losses of trace elements from the body. Higher engagements of trace elements can be required so that can cover the increasing needs for the repair and the maintenance of the muscular mass of the athletes.

As far as green diets are concerned, they can also satisfy the needs of athletes, especially the ones which contain a diversity of protein food, such as products of soya, legumes, cereals, dry fruit and the seeds, providing sufficiency of protein without the use of special food or supplements from athletes.

Additional, the use of medicines and supplements is not rare nowadays. A lot of ergogenetic medicines have widely been used by professionals and summit athletes for some decades. Recent research findings demonstrate that more and more athletes take these medicines in order to improve their appearance as well as their athletic capacity. These medicines are used by young

people who do not know about the danger and include prohibited substances while also and unions which sold freely such as nutrition supplements. The ergogenetic medicines that are usually used today by the youth, include anabolic-androgenic steroids, prodromes substances of steroids (androstenedione and dehydroepiandrosterone), growth hormone, creatine, alkaloid of ephedrine etc.

In this work we analyze three different ways (molecular mechanisms, alimentary habits, resistance exercise) of muscular mass augmentation. Finally, demonstrate how these ways effect each other and also how can we intervene baring in mind the diversity (sex, age, etc) so that one achieves the best corporal formation and consequently better quality of life.

Περίληψη

Έχει αποδειχτεί ότι η αυξημένη μυϊκή μάζα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής και κυρίως στην τρίτη ηλικία, συμβάλλει στην διατήρηση και καλή λειτουργία των οστών καθώς επίσης και στην πρόληψη διαφόρων ασθενειών όπως τα καρδιαγγειακά νοσήματα. Στην παρούσα πτυχιακή παρουσιάζεται η σπουδαιότητα της διατροφής στην ανάπτυξη και μεταβολή της μυϊκής μάζας, τόσο στους αθλούμενους όσο και στους μη αθλούμενους.

Στο **μη διατροφικό** μέρος της πτυχιακής αναφερόμαστε στους τρόπους με τους οποίους αυξάνεται η μυϊκή μάζα μέσω της αντίστασης, καταλήγοντας στο συμπέρασμα με κατάλληλες μετρήσεις ότι όλοι οι μύες του σώματος αναδιαμορφώνονται συνεχώς για να προσαρμόζονται στις λειτουργίες που απαιτούνται από αυτούς. Δείχνουμε το μοριακό μονοπάτι για την αύξηση της μυϊκής μάζας και καταδεικνύουμε τις σημαντικότερες ορμόνες που συμβάλλουν στην αύξηση του μυϊκού ιστού.

Το **διατροφικό μέρος** της πτυχιακής παρουσιάζει τα μακροθρεπτικά συστατικά, τα οποία διατηρούν σημαντικό ρόλο όσον αφορά την άσκηση ή την οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα. Η αύξηση στην ένταση μιας άσκησης προκαλεί αύξηση της κατανάλωσης των υδατανθρακων από τα ενεργειακά αποθέματα και σχετική μείωση της χρήσης του λίπους ως ενεργειακού αποθέματος. Η πρωτεΐνη συμβάλλει στα ενεργειακά αποθέματα που καταναλώνονται κατά την άσκηση και κυρίως κατά την ανάπαυση (μυϊκός τόνος), αλλά σε άτομα που έχουν φάει προηγουμένως πιθανόν να παρέχει λιγότερο από 5% της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Γενικά τα «καύσιμα» που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης, εξαρτώνται από την ένταση και τη διάρκεια της διενεργηθείσας άσκησης, το φύλο του αθλητή και την προηγούμενη θρεπτική κατάστασή του.

Η άσκηση ενισχύει πολλά από τα μεταβολικά μονοπάτια στα οποία απαιτούνται τα ιχνοστοιχεία. Συνεπώς η άσκηση μπορεί να οδηγήσει στις μυϊκές βιοχημικές προσαρμογές που αυξάνουν τις ανάγκες για ιχνοστοιχεία. Η άσκηση μπορεί επίσης να αυξήσει τον κύκλο εργασιών των ιχνοστοιχείων, αυξάνοντας κατά συνέπεια τις απώλειες ιχνοστοιχείων από το σώμα. Υψηλότερες προσλήψεις ιχνοστοιχείων μπορεί να απαιτούνται ώστε να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες για την επισκευή και συντήρηση της μυϊκής μάζας στους αθλητές.

Όσον αφορά τις χορτοφαγικές διατροφές, αυτές μπορούν επίσης να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των αθλητών, ιδιαίτερα όσες περιέχουν μια ποικιλία πρωτεϊνικών τροφών, όπως είναι τα προϊόντα σόγιας, τα όσπρια, τα σιτηρά, οι ξηροί καρποί και οι σπόροι, παρέχοντας επάρκεια πρωτεΐνης χωρίς τη χρήση ειδικών τροφίμων ή συμπληρωμάτων από την πλευρά των αθλητών.

Επιπλέον, η χρήση φαρμάκων και συμπληρωμάτων δεν είναι ασυνήθιστη στις μέρες μας. Πολλά εργογενετικά φάρμακα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως από επαγγελματίες και κορυφαίους αθλητές για αρκετές δεκαετίες. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα δείχνει ότι οι νεότεροι αθλητές πειραματίζονται όλο και περισσότερο με αυτά τα φάρμακα ώστε να βελτιώσουν και την εμφάνιση αλλά και την αθλητική τους ικανότητα. Αυτά τα φάρμακα χρησιμοποιούνται από τη σημερινή νεολαία, συνήθως χωρίς αναγνώριση οποιουδήποτε κινδύνου και περιλαμβάνουν απαγορευμένες ουσίες καθώς επίσης και ενώσεις που πωλούνται ελεύθερα, όπως τα θρεπτικά συμπληρώματα. Τα εργογενετικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται συνήθως σήμερα από τη νεολαία, περιλαμβάνουν τα αναβολικά-ανδρογενή στεροειδή, πρόδρομες ουσίες στεροειδών (ανδροστενεδιόνη και δεϋδροεπιανδροστερόνη), την αυξητική ορμόνη, την κρεατίνη, τα αλκαλοειδή της εφεδρίνης κ.ά.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύονται τρεις διαφορετικές «οδοί» (μοριακοί μηχανισμοί, διατροφικές συνήθειες, άσκηση αντίστασης) μέσω των οποίων αυξάνεται η μυϊκή μάζα καθώς και οι αλληλεπιδράσεις τους. Τέλος καταδεικνύονται οι τρόποι που μπορούμε να παρέμβουμε λαμβάνοντας υπόψιν την διαφορετικότητα (φύλο, ηλικία κ.ά) έτσι ώστε ο άνθρωπος να επιτύχει την βέλτιστη σωματική διάπλαση και επομένως μια καλύτερης ποιότητας ζωή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1 Η Σωματική Άσκηση στην Αρχαία Ελλάδα

Η σπουδαιότητα της σωματικής άσκησης και κατ' επέκταση της αύξησης της μυϊκής δύναμης και μάζας, και ενός αρμονικού και καλοσχεδιασμένου-γραμμωμένου σώματος, είχε εκτιμηθεί από την αρχαιότητα και ειδικά στην αρχαία Ελλάδα όπως φαίνεται στα γλυπτά, τις ζωφόρους, τις επιτύμβιες στήλες κ.ά. Σε πολλές πόλεις, όπως η αρχαία Αθήνα και η Σπάρτη, το πρόγραμμα της γυμναστικής καθοριζόταν με νόμο. Στην Αθήνα, ο Αθηναίος νομοθέτης Σόλωνας κατέστησε το μάθημα της γυμναστικής υποχρεωτικό. Η πολιτεία έδινε τεραστία σημασία στη γυμναστική αγωγή όλων των νέων, γιατί οι αρχαίοι Έλληνες πίστευαν ότι η υγεία του σώματος πρέπει να συμβαδίζει με την πνευματική ανέλιξη. Ο Αριστοτέλης έθεσε τον ορισμό της επιστήμης της φυσικής αγωγής, λέγοντας ότι εξετάζει το είδος της εκγύμνασης που ταιριάζει σε όλους, αφού αποσκοπεί στην γυμναστική εκπαίδευση όλων και όχι μόνων αυτών με φυσικά σωματικά χαρίσματα. Κατά τον Αριστοτέλη ο σκοπός της γυμναστικής είναι παιδαγωγικός και αισθητικός. Επίσης, ο Αριστοτέλης έλεγε ότι η γυμναστική δεν πρέπει να περιλαμβάνει ακρότητες που καταστρέφουν την σωματική αρμονία^(1,2).

Σε όλες της πόλεις υπήρχαν δημόσιες παλαίστρες και γυμνάσια με παιδαγωγούς και υπαλλήλους που επιτηρούσαν τους νέους. Ο δάσκαλος της σωματικής αγωγής ήταν ο ``παιδοτρίβης`` και τα ``γυμνάσια`` ήταν ένα σύνολο αθλητικών ασκήσεων που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι Έλληνες για την ενδυνάμωση του μυοσκελετικού τους συστήματος. Τα γυμνάσια περιλάμβαναν τις ασκήσεις της ``αλτηροβολίας``, της ``χειρονομίας``, της ``σκιαμαχίας``, του ``πιτυλίζειν``, του ``ανατροχασμού`` και του ``περιτροχασμού``. Η αλτηροβολία ήταν άσκηση που γύμναζε τους μύς του κορμού και σε αυτήν γίνονταν συνεχόμενες άρσεις αλτήρων του άλματος εις μήκος. Η χειρονομία ήταν άσκηση που γύμναζε τους μύς του κορμού και των άνω άκρων. Σε αυτήν οι αθλητές μιμούνταν τις κινήσεις του αθλήματος της ``πυγμής``, δηλαδή της πυγμαχίας, με φανταστικό αντίπαλο. Η σκιαμαχία ήταν άσκηση που γύμναζε τους μύς του κορμού, καθώς και των χεριών. Στη σκιαμαχία οι αθλητές μιμούνταν κινήσεις οπλομαχίας, χωρίς αντίπαλο. Το πιτυλίζειν ήταν άσκηση για την ενδυνάμωση του κορμού και των χεριών. Σε αυτήν οι αθλητές μιμούνταν τις κινήσεις της κωπηλασίας. Ο ανατροχασμός και ο περιτροχασμός ήταν ασκήσεις για την ενδυνάμωση των μυών των ποδιών. Στον ανατροχασμό οι αθλητές έτρεχαν προς τα πίσω, ενώ στον περιτροχασμό έτρεχαν κυκλικά στο στάδιο.

Στην αρχαία Ελλάδα οι αθλητές στις παλαιότερες ενδυνάμωναν τους μυς τους με την άρση αλτήρων τους οποίους χρησιμοποιούσαν και στο άλμα εις μήκος.



Εικόνα 1. Αρχαίος αθλητής

Υπήρχαν και πολλά άλλα αγωνίσματα με τα οποία ασχολούνταν οι αρχαίοι Έλληνες, πέρα από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως η τοξοβολία, η ρίψη σφαίρας και σφύρας, η κωπηλασία, ο ακοντισμός, η σκυταλοδρομία και άλλα⁽¹⁾.

1.2 Η Διατροφή των Αθλητών στην Αρχαία Ελλάδα

Στην Αρχαία Λακεδαίμονα, από την εποχή του βασιλιά και νομοθέτη Λυκούργου κατά τον 8ο π.Χ. αιώνα, γινόντανε στην Λακωνία τα κοινά συσσίτια κατά τα οποία λαός και στρατός τρώγανε τον περίφημο Μέλανα Ζωμό. Θα έλεγε κανείς ότι ήταν το «ντόπινγκ» της αρχαιότητας. Σφάζανε το χοίρο και φρόντιζαν με μεγάλη επιμέλεια να μαζέψουν το αίμα του μέχρι ρανίδος. Το αίμα ανακατευόταν με ξύδι για να μην πήξει. Κατόπιν τηγάνιζαν κρέας και λίπος και μέσα σ' αυτό έριχναν νερό. Μόλις το νερό άρχιζε να βράζει ανακάτευαν μέσα σ' αυτό αλεύρι κρίθινο και προσέθεταν λίγο-λίγο το αίμα με το ξύδι. Εν συνεχεία και ενώ συνέχιζε το βράσιμο ρίχνανε νερό ώστε να διατηρείται πάντα αραιά πηχτό, υδαρές. Όταν το παρασκεύασμα δεν απορροφούσε άλλο νερό σήμαινε πως είχε βράσει και ήταν κατάλληλο για σερβίρισμα. Αυτό βέβαια το φαγητό με ξύδια μέσα, με αίμα, με λίπη και αλεύρια βρασμένα ήταν πολύ βαρύ. Για τους μακρινούς όμως προγόνους μας που κάνανε πολύ σκληρή και φυσική ζωή ήταν το πιο αγαπημένο τους φαγητό⁽³⁾. Αναφορά διατροφικών ουσιών πάντως που ενίσχυαν την αθλητική απόδοση, έχουν καταγραφεί ότι χρησιμοποιούνταν συστηματικά και σε άλλες περιοχές στην ευρύτερη Ελλάδα, στην περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων. Όπως αναφέρεται, μεταξύ άλλων: οι γνωστοί «παιδοτρίβαι» και οι «διαιτητικές συνταγές» τους θεωρούνταν απαραίτητα βοηθήματα των

αθλητών. Ειδικές δίαιτες είχαν προταθεί για τους ασκούμενους, όπως π.χ. η κατανάλωση πολλών σύκων, φρούτων με μεγάλη συγκέντρωση σακχάρου που παρέχει ενέργεια. Τον 6ο π.Χ. αιώνα οι αθλητές προσπαθούσαν να βελτιώσουν την απόδοσή τους τρώγοντας διάφορα είδη κρέατος. Το εκχύλισμα δενδρολίβανου χρησιμοποιείτο ως θερμαντικό πριν από τα γυμνάσια. Ο Φιλόστρατος (2ος αι. π.Χ.) στο έργο του «Περί γυμναστικής», αφού παραδέχεται ότι οι γιατροί βοηθούσαν σημαντικά την προετοιμασία των αθλητών, μας πληροφορεί ότι οι μάγειροι παρασκεύαζαν για τους αθλητές ψωμί καρυκευμένο με χυμό μήκωνος της υπνοφόρου (φυτό από το οποίο παράγεται το όπιο). Ο Πλίνιος ο νεότερος (1ος και 2ος αι. μ.Χ.) αναφέρει ότι οι έλληνες δρομείς έπιναν αφέψημα ενός φυτού με σκοπό να αυξήσουν τη μυϊκή τους μάζα και να μπορέσουν έτσι να αντέξουν σε μακρότερης διάρκειας αγώνες⁽²⁾.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΥΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.1 Μυϊκό Σύστημα :Οργάνωση και Ενεργοποίηση

Η ανθρώπινη κίνηση βασίζεται στο μετασχηματισμό της χημικής ενέργειας, που βρίσκεται δεσμευμένη στο ATP σε μηχανική κινητική ενέργεια. Αυτός ο ενεργειακός μετασχηματισμός επιτυγχάνεται με την δράση των σκελετικών μυών. Οι μυϊκές δυνάμεις, που δρουν στα οστά του ανθρώπινου σώματος, που δρουν σαν μοχλοί, προκαλούν την κίνηση ενός ή περισσοτέρων οστών, τα οποία κινούνται κατά τους άξονες της άρθρωσης.

2.2 Σύγκριση των Σκελετικών, Καρδιακών και Λείων Μυών

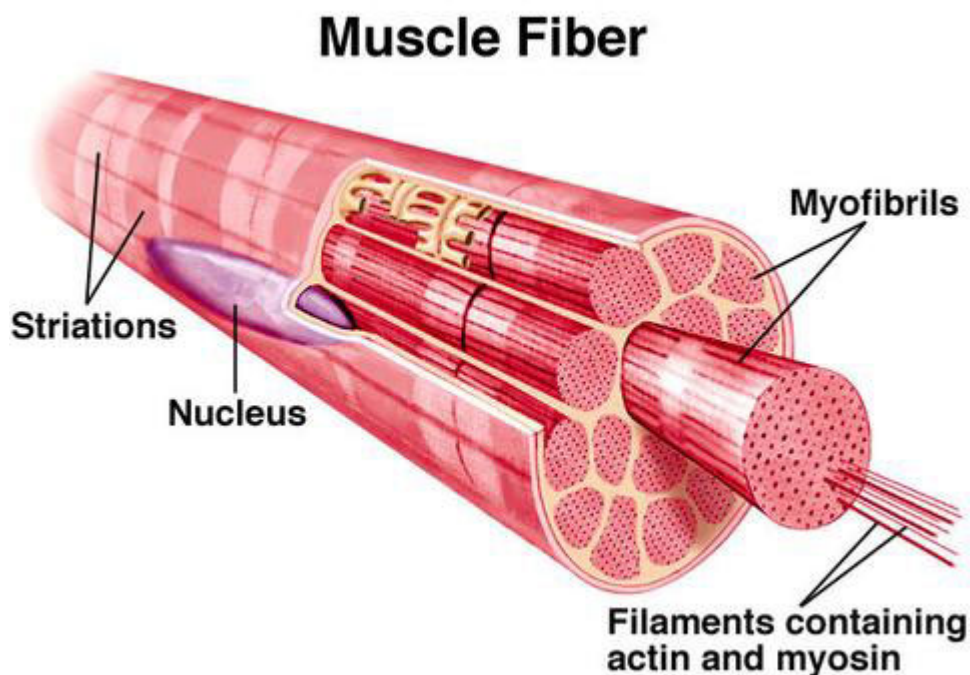
Οι άνθρωποι έχουν 3 τύπους μυών (καρδιακοί, λείοι και σκελετικοί ή γραμμωτοί), που διαφέρουν λειτουργικά και ανατομικά. Ο καρδιακός μυς, όπως δείχνει και το όνομα υπάρχει μόνο στην καρδιά. Έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τους σκελετικούς μυς. Και οι δυο είναι γραμμωτοί στην μικροσκοπική υφή τους, και συσπώνται με παρόμοιο τρόπο. Οι λείοι μύες δεν έχουν γραμμωτή δομή, αλλά έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό με τον καρδιακό μυ: λειτουργούν ασυνείδητα.

2.3 Αδρή Δομή του Σκελετικού Μυός

Καθένας από τους 430 μυς του ανθρώπινου σώματος περιβάλλεται από ινώδη συνδετικό ιστό. Ο μυς σε εγκάρσια διατομή, αποτελείται από χιλιάδες κυλινδρικά μυϊκά κύτταρα, τα οποία καλούνται ίνες. Αυτές οι μακριές, λεπτές πολυπυρηνικές ίνες (των οποίων ο αριθμός πιθανότατα καθορίζεται κατά την διάρκεια του δεύτερου τριμήνου της ενδομήτριας ανάπτυξης) κείνται παράλληλα η μια με την άλλη και η δύναμη συστολής αναπτύσσεται κατά τον επιμήκη άξονά τους .

Κάθε ίνα περιβάλλεται και έτσι ξεχωρίζει από τις γειτονικές ίνες, από μια λεπτή στιβάδα συνδετικού ιστού, που καλείται **ενδομύιο**. Μια άλλη λεπτή στιβάδα συνδετικού ιστού, το **περιμύιο**, περιβάλλει μια δέσμη από περίπου 150 ίνες, που καλείται μυϊκή δεσμίδα. Ολόκληρος ο μυς περιβάλλεται από μια μεμβράνη συνδετικού ινώδους ιστού, που καλείται **επιμύιο**. Αυτό το προστατευτικό στρώμα σφραγίζει στα τελικά του άκρα καθώς καταδύεται και ενώνεται με τον ενδομυϊκό συνδετικό ιστό για να σχηματίσει τον πυκνό, ισχυρό συνδετικό ιστό των τενόντων. Οι τένοντες συνδέουν και τα δυο άκρα των μυών στην εξώτατη στιβάδα των οστών το περιόστεο. Με τον τρόπο αυτό, η δύναμη της μυϊκής συστολής μεταφέρεται άμεσα από τον μυϊκό συνδετικό ιστό στους τένοντες, και μέσω αυτών στα σημεία που προσφύονται.

Από κάτω από το ενδομύιο βρίσκεται το σαρκείλημα, το οποίο περιβάλλει κάθε μυϊκή ίνα. Αυτή η λεπτή, ελαστική μεμβράνη εσωκλείει το περιεχόμενο των κυττάρων των μυών. Το υδατικό πρωτόπλασμα ή σαρκόπλασμα του κυττάρου περιέχει τις συσταλτικές πρωτεΐνες, τα ένζυμα, τα λιπίδια και το γλυκογόνο, τον πυρήνα και τα διάφορα εξειδικευμένα κυτταρικά οργανίδια. Μέσα στο σαρκόπλασμα βρίσκεται εγκλεισμένο ένα εκτεταμένο διασυνδεδετικό δίκτυο σωληναρίων και κυστιδίων, γνωστό ως σαρκοπλασματικό δίκτυο. Αυτό το υψηλής εξειδίκευσης σύστημα εφοδιάζει το κύτταρο με το κατάλληλο δομικό υπόβαθρο και επίσης εξυπηρετεί και άλλες σημαντικές λειτουργίες της μυϊκής συστολής.



Εικόνα 2. Δομή μυϊκής ίνας

2.4 Χημική Σύσταση του Μυός

Περίπου το 75% των σκελετικών μυών είναι νερό, το 20% πρωτεΐνες και το υπόλοιπο 5% αποτελείται από ανόργανα άλατα και άλλες ουσίες, στις οποίες περιλαμβάνονται τα υψηλής ενέργειας φωσφορικά, η ουρία, το γαλακτικό οξύ, τα μέταλλα ασβεστίου, μαγνήσιο και φώσφορος, διάφορα ένζυμα και ιχνοστοιχεία. Ακόμα στις μυϊκές ίνες απαντώνται ιόντα νατρίου, καλίου και χλωρίου, αμινοξέα, λιπίδια και υδατάνθρακες.

2.5 Προσφορά Αίματος στους Μυς

Κατά την διάρκεια άσκησης η πρόσληψη του οξυγόνου από τους μυς αυξάνει περίπου 70 φορές. Για την εξυπηρέτηση των μεγάλων απαιτήσεων, των ενεργούντων μυών, σε οξυγόνο, το τοπικό κυκλοφορικό δίκτυο πρέπει να παρέχει μεγάλες ποσότητες αίματος στους ενεργούντες ιστούς. Στην ρυθμική άσκηση, όπως το τρέξιμο, το κολύμπι ή η ποδηλασία, η αιματική ροή είναι κυματοειδής. Μειώνεται, δηλαδή κατά τη διάρκεια της φάσης της μυϊκής συστολής και αυξάνεται κατά τη διάρκεια της περιόδου ηρεμίας. Αυτό λειτουργεί σαν «αντλία», που διευκολύνει την αιματική ροή διαμέσου των μυών και την επιστροφή του αίματος στην καρδιά. Συμπληρωματικά, σ' αυτήν την σφυγμική αιματική ροή, λαμβάνει χώρα και διαστολή, προηγούμενα κλειστών τριχοειδών, ώστε να αυξάνεται η λειτουργική επιφάνεια ανταλλαγής αερίων και θρεπτικών ουσιών.

Οι δραστηριότητες που απαιτούν μεγάλη εξοντωτική προσπάθεια παρουσιάζουν διαφορετική εικόνα. Όταν ένας μυς συσπάται κατά 60% της ικανότητας παραγωγής δύναμης, η αιματική ροή στο μυ αυτό αποφράσσεται ως αποτέλεσμα της αυξημένης ενδομυϊκής πίεσης. Με την διαρκή στατική ή ισομετρική συστολή, η συμπιεστική δύναμη της συστολής μπορεί να σταματήσει πραγματικά την αιματική ροή. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η ενέργεια που απαιτείται για την συνέχιση της μυϊκής προσπάθειας παράγεται κυρίως από τα αποθηκευμένα φωσφορικά και μέσω της αναερόβιας γλυκολυτικής οδού.

2.6 Υπερμικροσκοπική Υφή του Σκελετικού Μυός

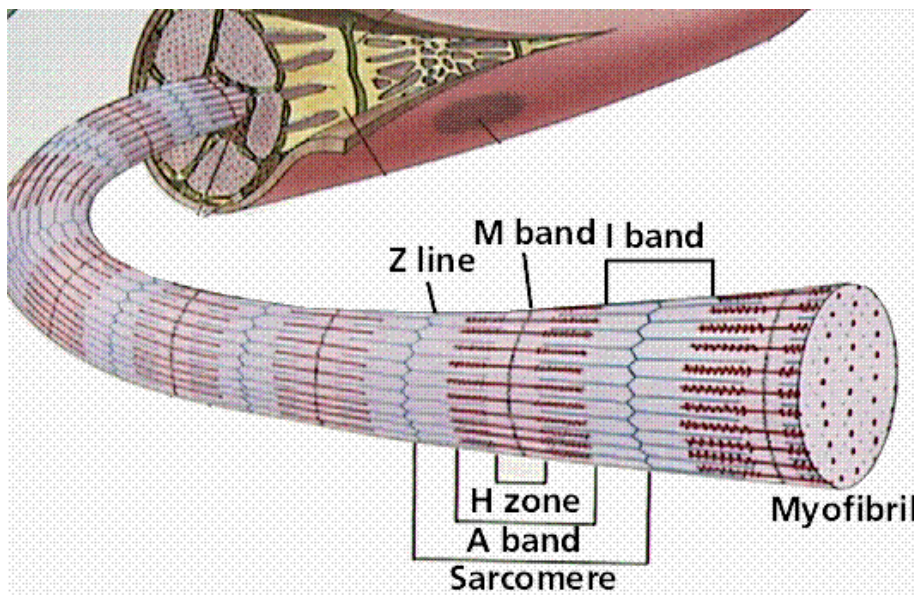
Κάθε μυϊκή ίνα αποτελείται από μικρότερες λειτουργικές μονάδες, οι οποίες διατάσσονται παράλληλα με τον επιμήκη άξονα της ίνας. Αυτά τα ινίδια ή μυοϊνίδια έχουν διάμετρο περίπου 1μ και αποτελούνται από μικρότερες ακόμα μονάδες, τα **νημάτια** ή **μυονημάτια**, τα οποία διατάσσονται επίσης παράλληλα με τον επιμήκη άξονα των μυοϊνιδίων. Τα μυονημάτια αποτελούνται κυρίως από δύο πρωτεΐνες, την ακτίνη και την μυοσίνη, οι οποίες αποτελούν το 84% περίπου του μυοϊνδιακού συμπλέγματος.

Σε μικρή μεγέθυνση, οι μυϊκές ίνες παρουσιάζουν μια χαρακτηριστική γραμμωτή εμφάνιση, η οποία οφείλεται σε ανοιχτόχρωμες και σκούρες ζώνες που διατάσσονται κατά μήκος της μυϊκής ίνας.

Η ανοιχτή περιοχή είναι γνωστή σαν **ζώνη I** και η σκούρα περιοχή σαν **ζώνη A**. Η **γραμμή Z** διχοτομεί την ταινία I και προσκολλάται στο σαρκείλημα, προσδίδοντας στη ζώνη αυτή σταθερότητα. Η επαναλαμβανόμενη μονάδα μεταξύ 2 γραμμών Z καλείται **σαρκομέριο** και αποτελεί την λειτουργική μονάδα του μυϊκού κυττάρου. Τα ινίδια ακτίνης και μυοσίνης μέσα

στα σαρκομέρια, διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη μηχανική διαδικασία της μυϊκής συστολής.

Η θέση στο σαρκομέριο της λεπτής ακτίνης και της παχύτερης πρωτεΐνης μυοσίνης, έχει σαν αποτέλεσμα την επικάλυψη των δυο νηματίων. Το κέντρο της ζώνης A περιέχει την ζώνη H, μια περιοχή μικρότερης οπτικής πυκνότητας εξαιτίας της απουσίας νηματίων ακτίνης στην περιοχή αυτή. Το κεντρικό τμήμα της ζώνης H διχοτομείται από τη γραμμή M, η οποία καθορίζει και το κέντρο του σαρκομερίου. Η γραμμή M αποτελείται από πρωτεϊνικές δομές, οι οποίες υποστηρίζουν τη διευθέτηση των νηματίων μυοσίνης.



Εικόνα 3. Υπερмикροσκοπική υφή σκελετικού μύος

Η τροπομυοσίνη και η τροπονίνη είναι δυο άλλα σημαντικά συστατικά στοιχεία της ελικοειδούς δομής της ακτίνης. Αυτές οι πρωτεΐνες φαίνεται να ρυθμίζουν τη δημιουργία και την χάλαση των συνδέσεων μεταξύ των μυοϊνιδίων κατά την διάρκεια της συστολής. Η τροπομυοσίνη εκτείνεται κατά μήκος του νηματίου της ακτίνης σε ραβδωτό σχηματισμό διπλής έλικας. Πιστεύεται ότι αναστέλλει την αλληλεπίδραση ή το ζευγάρωμα της ακτίνης με την με την μυοσίνη και αποτρέπει μια μόνιμη πρόσδεση αυτών των νηματίων. Η τροπονίνη, η οποία ενσφηνώνεται, σε σταθερά διαστήματα, κατά μήκος των νηματίων της ακτίνης, έχει υψηλή συγγένεια με τα ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}). Αυτό το μέταλλο διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη μυϊκή λειτουργία. Η διέγερση των μυοϊνιδίων, ώστε να αντιδράσουν και να διολισθήσει το ένα μέσα στο άλλο, οφείλεται στην δράση των Ca^{2+} και της τροπονίνης. Όταν ενεργοποιηθεί η μυϊκή ίνα, τα όρια της τροπονίνης υφίστανται ένα δομικό μετασχηματισμό, με τον οποίο κατά κάποιο τρόπο «τραβιούνται» τα νημάτια της πρωτεΐνης τροπομυοσίνης. Αυτό μετακινεί την

τροπομουσίνη βαθύτερα στην αύλακα μεταξύ των δυο νηματίων της ακτίνης και «αποκαλύπτει» τις ενεργές θέσεις ακτίνης επιτρέποντας την εξέλιξη της διαδικασίας της συστολής.

Η τροπονίνη είναι μια οικογένεια τριών μικρών σφαιρικών πρωτεϊνών, που η κάθε μια έχει μια σημαντική και διακριτή λειτουργία. Οι πρωτεΐνες αυτές χαρακτηρίζονται ως τροπονίνη Τα (TnT), τροπονίνη C(TnC) και τροπονίνη I(TnI). Η TnT είναι η μεγαλύτερη υπομονάδα, δεσμεύεται στην τροπομουσίνη και φαίνεται να είναι υπεύθυνη για την τοποθέτηση όλου του συμπλόκου στο μόριο της τροπομουσίνης. Ένα σύμπλοκο τροπονίνης ενώνεται με κάθε μόριο τροπομουσίνης. Η TnC δεσμεύει εκλεκτικά ιόντα Ca^{2+} ενώ η TnI δεσμεύεται στην ακτίνη και την TnC και αναστέλλει την ATPάση της μυοσίνης. Γενικά οι τροπονίνες θεωρούνται ως τοπικοί υποκινητές, που ελέγχουν την κίνηση της τροπομουσίνης στα λεπτά ινίδια.

Η διάταξη σε σαρκομερή διατηρείται με την βοήθεια δυο πολύ μεγάλων πρωτεϊνών, της τιτίνης και της νεμπουλίνης. Εκτός από τις πρωτεΐνες αυτές έχουν διαπιστωθεί και ορισμένες άλλες όπως η α-ακτινίνη και η δεσμίνη. Η α-ακτινίνη διασυνδέει τα λεπτά ινίδια στους Z δίσκους και η δεσμίνη τους Z δίσκους των παρακείμενων μυοϊνιδίων. Η σταθερότητα των ινιδίων ακτίνης οφείλεται στις πρωτεΐνες cap Z και τροπομοντουλίνη που καλύπτουν αντίστοιχα το (+) και (-) άκρο των ινιδίων μη επιτρέποντας τον αποπολυμερισμό τους.

2.7 Διακυτταρικά Σωληναριακά Συστήματα

Ένα εκτεταμένο δίκτυο διασυνδεδετικών σωληναριακών καναλιών, το σαρκοπλασματικό δίκτυο, βρίσκεται τοποθετημένο παράλληλα προς τα μυοϊνίδια. Το τελικό άκρο κάθε σωληναρίου καταλήγει σε ένα σακοειδές κυστίδιο, το οποίο αποθηκεύει Ca^{2+} . Ένα άλλο σωληναριακό δίκτυο γνωστό ως εγκάρσιο σωληναριακό σύστημα ή σύστημα Τα, διατρέχει κάθετα προς το μυοϊνίδιο. Τα T-σωληνάκια εντοπίζονται μεταξύ του πιο τελικού άκρου δυο σαρκοπλασματικών καναλιών με τα κυστίδια αυτών των δομών να γειτνιάζουν στο T-σωληνάριο. Αυτό το επαναλαμβανόμενο πρότυπο των δυο κυστιδίων και του T-σωληναρίου, στην περιοχή κάθε Z-γραμμής, είναι γνωστό σαν η τριάδα. Υπάρχουν δυο τριάδες σε κάθε σαρκομέριο και το πρότυπο αυτό επαναλαμβάνεται τακτικά καθόλο το μήκος του μυοϊνιδίου.

Τα Τα-σωληνάκια διασχίζουν την ίνα και ανοίγουν εξωτερικά από το εσωτερικό του μυϊκού κυττάρου. Η τριάδα και το T-σωληναριακό σύστημα φαίνεται να λειτουργούν σαν ένας μικρομεταφορέας ή σαν ένα υδραυλικό σύστημα για την διάχυση του ενεργού δυναμικού (κύμα εκπόλωσης) από το εσωτερικό της εξώτατης μεμβράνης της ίνας προς τις βαθύτερες περιοχές του κυττάρου. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας εκπόλωσης, ιόντα Ca^{2+} απελευθερώνονται από τα κυστίδια της τριάδας και διαχέονται σε μικρή απόσταση στα νημάτια, με κύριο σκοπό την ενεργοποίηση των νηματίων της ακτίνης. Η συστολή αρχίζει όταν οι

εγκάρσιες γέφυρες των νηματίων της μυοσίνης έλκονται προς τις ενεργές θέσεις των νηματίων της ακτίνης. Όταν σταματήσει η ηλεκτρική διέγερση, παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης του ελεύθερου ασβεστίου στο κυτταρόπλασμα. Αυτό σχετίζεται με την μυϊκή χάλαση.

2.8 Χημικά και Μηχανικά Γεγονότα κατά την Συστολή και Χάλαση

2.8.1 Θεωρία Ολίσθησης των Νηματίων

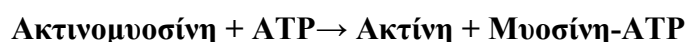
Η «θεωρία της ολίσθησης των νηματίων» υποστηρίζει ότι ένας μυς βραχύνεται ή διατείνεται, διότι τα λεπτά και τα παχιά νημάτια ολισθαίνουν το ένα μέσα στο άλλο, χωρίς τα νημάτια όμως να τροποποιούν το μήκος τους. Αυτό προκαλεί μια κύρια αλλαγή στο σχετικό εύρος των διαφόρων ζωνών μέσα σε ένα σαρκομέριο. Τα λεπτά μυονημάτια ακτίνης ολισθαίνουν μέσα στα μυονημάτια της μυοσίνης και μετακινούνται μέσα στην περιοχή της ζώνης-A κατά την διάρκεια της συστολής (αντίθετη μετακίνηση γίνεται κατά την διάρκεια της χάλασης).

Σε μια ισομετρική μυϊκή συστολή, η δύναμη παράγεται ενώ το μήκος της ίνας παραμένει σχετικά σταθερό και το σχετικό διάστημα μεταξύ των ζωνών I και A παραμένει αμετάβλητο. Στις συνθήκες αυτές οι ίδιες ομάδες μορίων αντιδρούν μεταξύ τους κατ' επανάληψη. Σε μια πλειομετρική συστολή στην οποία παράγεται δύναμη ενώ το μήκος του μυός αυξάνεται, η ζώνη I διευρύνεται.

2.8.2 Σχέση Ακτίνης, Μυοσίνης και ATP

Η αντίδραση και η κίνηση των νηματίων των πρωτεϊνών κατά την διάρκεια της μυϊκής δράσης απαιτεί οι εγκάρσιες γέφυρες της μυοσίνης να εκτελούν συνέχεια εκκρεμοειδείς κινήσεις συνδυάζοντας αποσύνδεση και επανασυνδυασμό σε νέες θέσεις κατά μήκος των νηματίων της ακτίνης.

Η αποσύνδεση των εγκάρσιων γεφυρών της μυοσίνης από τα νημάτια της ακτίνης λαμβάνει χώρα, μόνο μόλις το μόριο του ATP συνδεθεί με το σύστημα της ακτινομυοσίνης. Αυτή η αντίδραση επιτρέπει στην εγκάρσια γέφυρα της μυοσίνης να επανέλθει στην αρχική της κατάσταση και την καθιστά ικανή να προσδεθεί σε μια νέα ενεργό θέση στην ακτίνη. Η αποδόμηση της ακτινομυοσίνης επιτελείται με τον ακόλουθο τρόπο:



Το ATP απελευθερώνει την ενέργεια που απαιτείται για την μετακίνηση των εγκάρσιων γεφυρών με αποκοπή του τελευταίου φωσφορικού με τη βοήθεια ενζύμου (μιας ATPάσης). Είναι πολύ δελεαστική η θεωρία ότι συγκεκριμένες μορφές προπόνησης ταχύτητας και ισχύος

τροποποιούν την ενζυμική δραστηριότητα κατά τέτοιο τρόπο, που να διευκολύνει την αλληλουχία των γεγονότων κατά την μυϊκή συστολή.

2.8.3 Σύζευξη Διέγερσης-Συστολής

Διέγερση-συστολή είναι ο φυσιολογικός μηχανισμός με τον οποίο μια ηλεκτρική εκφόρτιση στο μυ ξεκινά τα μηχανικά γεγονότα που οδηγούν στην συστολή.

Στην κατάσταση ανάπαυσης, η συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου του μυός είναι μικρή. Όταν η μυϊκή ίνα διεγείρεται για να συσταλεί, παρατηρείται μια άμεση αύξηση του ενδοκυττάριου Ca^{2+} . Αυτό προκαλείται από την άφιξη ενός δυναμικού ενεργείας στα εγκάρσια σωληνάρια και το οποίο προκαλεί απελευθέρωση Ca^{2+} από τους πλευρικούς σάκους του σαρκοπλασματικού δικτύου. Η ανασταλτική δράση της τροπονίνης, η οποία αποτρέπει την αντίδραση ακτίνης-μυοσίνης εκλύεται, όταν ιόντα Ca^{2+} ενωθούν ταχύτατα με την τροπονίνη στα νημάτια της ακτίνης.

Όταν ενωθούν οι ενεργές θέσεις της ακτίνης και της μυοσίνης, ενεργοποιείται η μυοσίνη-ΑΤΡάση, η οποία στην συνέχεια απελευθερώνει ΑΤΡ. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας μεταφοράς ενέργειας παρατηρείται μετακίνηση των εγκάρσιων γεφυρών της μυοσίνης και ο μυς παράγει τάση.

Ακτινομυοσίνη-ΑΤΡάση → Ακτινομυοσίνη + ADP + P + Ενέργεια

Οι εγκάρσιες γέφυρες αποσυνδέονται από την ακτίνη, όταν το ΑΤΡ προσδεθεί στις γέφυρες της μυοσίνης. Η σύνδεση και η αποσύνδεση συνεχίζεται όσο η συγκέντρωση των ιόντων Ca^{2+} παραμένει σε επαρκές επίπεδο για να αναστείλει το σύστημα τροπονίνης-τροπομυοσίνης. Όταν το νευρικό ερέθισμα απομακρύνεται από τον μυ, τα ιόντα ασβεστίου επαναποθηκεύονται στους πλευρικούς σάκους του σαρκοπλασματικού δικτύου. Αυτό διατηρεί την ανασταλτική δράση της τροπονίνης-τροπομυοσίνης και η ακτίνη και η μυοσίνη παραμένουν χωριστά παρουσία του ΑΤΡ.

2.8.4 Χαλάρωση

Όταν ένας μυς σταματά να δέχεται ερεθίσματα, σταματά η ροή των Ca^{2+} και η τροπονίνη είναι ξανά ελεύθερη να αποστείλει την αντίδραση ακτίνης-μυοσίνης. Κατά την διάρκεια της αποκατάστασης, τα ιόντα Ca^{2+} αντλούνται (ενεργός μεταφορά) στο σαρκοπλασματικό δίκτυο και συγκεντρώνονται στους πλευρικούς σάκους. Η πρόσληψη των Ca^{2+} από τις πρωτεΐνες τροπονίνη-τροπομυοσίνη, απενεργοποιεί τις ενεργές θέσεις στα νημάτια της ακτίνης. Με την απενεργοποίηση αυτή επιτυγχάνονται δυο πράγματα: α) Αποτρέπεται κάθε μηχανική σύνδεση μεταξύ των εγκάρσιων γεφυρών της μυοσίνης και των νηματίων της ακτίνης, και β) μειώνεται η δραστηριότητα της μυοσίνης-ΑΤΡάσης, με αποτέλεσμα να σταματά η διάσπαση του ΑΤΡ. Η

μυϊκή χαλάρωση ολοκληρώνεται με την επαναφορά των νηματίων της ακτίνης και της μυοσίνης στην αρχική τους κατάσταση.

2.9 Τύποι των Μυϊκών Ινών

Ο σκελετικός μυς δεν είναι απλά μια ομοιογενής ομάδα ινών με παρόμοιες μεταβολικές και λειτουργικές ιδιότητες. Παρά το γεγονός ότι επικράτησε μεγάλη σύγχυση με την ορολογία και την μεθοδολογία ταξινόμησης των ανθρώπινων σκελετικών μυών, τελικά ταυτοποιήθηκαν και ταξινομήθηκαν δυο ξεχωριστοί τύποι μυϊκών ινών, με βάση τα συστατικά και μεταβολικά χαρακτηριστικά τους.

2.9.1 Ίνες Ταχείας Συστολής

Οι ίνες ταχείας συστολής έχουν μια μεγάλη ικανότητα ηλεκτροχημικής εκπομπής δυναμικών ενεργείας, υψηλό επίπεδο δραστηριότητας της μυοσίνης-ΑΤΡάσης, ικανότητα ταχύτατης απελευθέρωσης ασβεστίου και επαναπρόσληψής του από το σαρκοπλασματικό δίκτυο και υψηλό ρυθμό ενεργοποίησης εγκάρσιων γεφυρών. Όλες αυτές οι ιδιότητες σχετίζονται με την ικανότητα ταχείας μεταφοράς ενέργειας για γρήγορες και ισχυρές συστολές. Η μυοσίνη-ΑΤΡάση είναι εκείνη η οποία προκαλεί την διάσπαση του ΑΤΡ για την παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται για την μυϊκή δραστηριότητα. Στην πραγματικότητα η ενδογενής ταχύτητα συστολής και η αναπτυσσόμενη τάση στις ίνες ταχείας συστολής είναι δυο έως τρεις φορές μεγαλύτερες σε σχέση με τις ίνες εκείνες, που ορίζονται ως ίνες βραδείας συστολής. Οι ίνες ταχείας συστολής στηρίζονται, κατά κύριο λόγο, σ' ένα καλά αναπτυσσόμενο, βραχείας διάρκειας γλυκολυτικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Ονομάζονται γλυκολυτικές ίνες εξαιτίας των παχέων γλυκογονολυτικών τους ικανοτήτων. Οι ίνες αυτές ενεργοποιούνται κατά κανόνα σε βραχυπρόθεσμες και υψηλής ισχύος δραστηριότητες καθώς και σε άλλες ισχυρές μυϊκές συστολές που παράγεται μέσω της αναερόβιας μεταβολικής οδού. Οι μεταβολικές και συστατικές ικανότητες αυτών των ινών έχουν ιδιαίτερη σημασία για αθλήματα, που εκτελούνται διαλείμματα, όπως η καλαθοσφαίριση ή το ποδόσφαιρο, οι οποίες απαιτούν ταχεία προσφορά ενέργειας, η οποία προσφέρεται μόνο δια της αναερόβιας μεταβολικής οδού.

2.9.1.1 Υποδιαιρέσεις των Ινών Ταχείας Συστολής

Στους ανθρώπους διακρίνουμε διάφορες υποκατηγορίες των ινών ταχείας συστολής. Οι ίνες τύπου Ια θεωρούνται ως ενδιάμεσος τύπος, διότι η ικανότητα ταχύτατης συστολής συνδυάζεται με μια μέτρια καλά αναπτυγμένη ικανότητα για αερόβια (περιέχουν υψηλά επίπεδα του αερόβιου ενζύμου σουξινική αφυδρογενάση, SDH), αλλά και για αναερόβια (περιέχουν υψηλά επίπεδα του αναερόβιου ενζύμου φωσφοφρουκτοκινάση, RFK) μεταφορά ενέργειας. Αυτές

καλούνται οξειδογλυκολυτικές ίνες ταχείας συστολής. Μια άλλη υποδιαίρεση, οι ίνες τύπου IIb, κατέχουν μεγαλύτερο αναερόβιο δυναμικό και είναι οι πραγματικές ίνες ταχείας συστολής.

2.9.2 *Ίνες Βραδείας Συστολής*

Οι ίνες βραδείας συστολής παράγουν ενέργεια για την ανασύνθεση του ATP, κυρίως με την χρησιμοποίηση του σχετικά μεγάλης διάρκειας συστήματος αερόβιας μεταφοράς ενέργειας. Χαρακτηρίζονται από χαμηλό επίπεδο δραστηριότητας της μυοσίνης-ATPάσης, χαμηλή ταχύτητα συστολής και μικρότερη γλυκολυτική ικανότητα σε σχέση με τις ίνες ταχείας συστολής. Όμως, οι ίνες βραδείας συστολής, περιέχουν μεγάλα και σχετικά πολυάριθμα μιτοχόνδρια και σιδηροπεριεκτικά κυτοχρώματα. Αυτή η καλά οργανωμένη μεταβολική μηχανή συνοδεύεται από μια υψηλή συγκέντρωση μιτοχονδριακών ενζύμων για τη διατήρηση της αερόβιας μεταβολικής οδού. Έτσι, οι ίνες βραδείας συστολής είναι ανθεκτικές στην κόπωση και κατάλληλες για παρατεταμένη αερόβια άσκηση. Αυτές οι ίνες χαρακτηρίζονται ως οξειδωτικές ίνες, όρος που περιγράφει τη μικρή ταχύτητα συστολής του και τη μεγάλη εξάρτηση από τον οξειδωτικό μεταβολισμό.

Αντίθετα, με τις γλυκολυτικές ίνες οι οποίες εξασθενούν γρήγορα, οι οξειδωτικές ίνες είναι προσαρμοσμένες για παρατεταμένη εργασία. Στην πραγματικότητα, όπως έδειξαν μελέτες έκπλυσης του μυϊκού γλυκογόνου, στην παρατεταμένη, μέτριας έντασης άσκηση, υπάρχει σχεδόν αποκλειστική χρησιμοποίηση μυϊκών ινών βραδείας συστολής. Ακόμα και μετά από 9 έως 12 ώρες μέτριας αερόβιας άσκησης, το μειωμένο γλυκογόνο, που είναι ακόμα διαθέσιμο, εντοπίζεται στις ίνες ταχείας συστολής, που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί. Επίσης φαίνεται ότι η ικανότητα της ροής του αίματος διαμέσου των μυών καθορίζεται από τις διαφορές της οξειδωτικής ικανότητας των δυο τύπων ινών, με τις ίνες βραδείας συστολής να δέχονται περισσότερο αίμα κατά την διάρκεια της άσκησης, από ότι οι ίνες ταχείας συστολής.

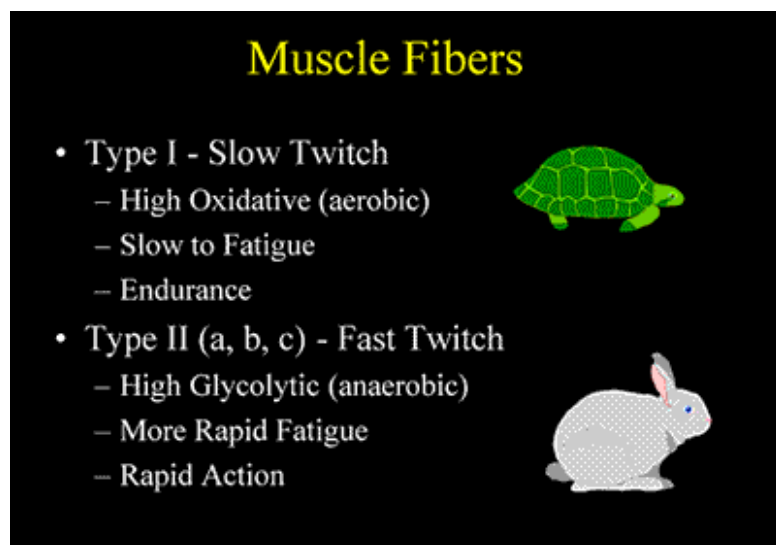
Πολλοί ερευνητές που διακρίνουν τις ίνες βραδείας συστολής σε τύπου I και τις ίνες ταχείας συστολής (και τις προτεινόμενες υποκατηγορίες) σαν τύπου II. Όταν ένα άτομο ασκείται στα οριακά μέγιστα αερόβια και αναερόβια επίπεδα, όπως ο δρόμος ημιαντοχής ή το κολύμπι ή σε αθλήματα που απαιτούν πολλαπλές διαλειμματικές προσπάθειες, όπως η καλαθοσφαίριση ή το ποδόσφαιρο, ενεργοποιούνται και οι δυο τύποι μυϊκών ινών, διότι αυτές οι δραστηριότητες απαιτούν ένα συνδυασμό αερόβιας, και αναερόβιας ενέργειας.

Άλλη μια κατηγοριοποίηση των μυϊκών ινών είναι και αυτή που αφορά τα τρία χαρακτηριστικά τους, δηλαδή το χρώμα, την περιεκτικότητά τους σε μιτοχόνδρια και την ταχύτητα συστολής τους. Το αποτέλεσμα αυτής της κατηγοριοποίησης διαχώρισε τις μυϊκές ίνες σε:

*Μυϊκές ίνες αργής συστολής (ST), οι οποίες έχουν ερυθρό (κόκκινο) χρώμα λόγω υψηλής περιεκτικότητας στην πρωτεΐνη μυογλοβίνη (myoglobin), η οποία είναι κόκκινη, και η οποία χρησιμεύει τόσο για την μεταφορά του οξυγόνου στα μιτοχόνδρια, όσο και για την αποθήκευση οξυγόνου στους μύες. Η συγκέντρωση σε μιτοχόνδρια σε αυτές της ίνες είναι πολύ υψηλή. Τέλος, η ταχύτητα συστολής κρίνεται σχετικά αργή.

*Μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (FT), οι οποίες όμως χωρίζονται σε επί μέρους κατηγορίες: FTa, η οποία μοιάζει με τις ST αφού περιέχει και αυτή αρκετά μιτοχόνδρια, και εμφανίζεται σε αθλητές αντοχής. Επίσης, οι FTb οι οποίες είναι οι κλασσικές ίνες ταχείας συστολής, είναι άσπρες λόγω έλλειψης μυογλοβίνης, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε μιτοχόνδρια, και έχουν υψηλή ταχύτητα συστολής. Τέλος, οι FTc, οι οποίες φαίνεται να μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχεται ο οργανισμός.

Σε χαμηλές εντάσεις άσκησης, κινητοποιούνται οι αργές ίνες. Όσο αυξάνεται η ένταση της άσκησης, ή όσο εμφανίζεται κόπωση στις αργές ίνες, ξεκινάει και η κινητοποίηση των ταχέων ινών. Έτσι, ένας χομπίστας ο οποίος αθλείται σε χαμηλές εντάσεις, και δεν τον ενδιαφέρει η επίδοση σε αγώνες, δεν χρειάζεται να ανησυχεί για την εκγύμναση των ταχέων ινών. Ένας αθλητής επιδόσεων όμως είναι απαραίτητο να ασκείται σε όλες τις εντάσεις (χαμηλές και υψηλές), ώστε να υπάρχει εκγύμναση και των δυο κατηγοριών ινών.



Εικόνα 4. Τύποι μυϊκών ινών

2.10 Διαφορές σε Αθλητές Υψηλού Επιπέδου

Μπορούν να γίνουν αρκετές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις σχετικά με τους τύπους των μυϊκών ινών και την πιθανή επίδραση ειδικής προπόνησης στην σύνθεση των ινών και τη μεταβολική τους ικανότητα. Σε άντρες και γυναίκες, που κάνουν καθιστική ζωή, όπως επίσης και στα παιδιά μικρής ηλικίας οι ίνες βραδείας συστολής είναι περίπου 40-55%. Για τις ίνες ταχείας συστολής,

το ποσοστό κατανέμεται περίπου ισότιμα στις διάφορες υποκατηγορίες. Παρόλο που δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δυο φύλων στην κατανομή των ινών, παρατηρείται μεγάλη ποικιλία από άτομο σε άτομο. Γενικά, η τάση στην κατανομή των μυϊκών ινών σ' ένα άτομο εξαρτάται από τις κύριες μυϊκές ομάδες του σώματος.

Συγκεκριμένα πρότυπα κατανομής των μυϊκών ινών διακρίνονται σε αθλητές υψηλού επιπέδου. Οι αθλητές αντοχής π.χ., γενικά παρουσιάζουν κυριαρχία των ινών βραδείας συστολής στους μύς που επιστρατεύονται στο άθλημά τους. Οι αθλητές ταχύτητας, παρουσιάζουν κυριαρχία των ινών ταχείας συστολής. Οι αθλητές με την μεγαλύτερη αερόβια ικανότητα και ικανότητα αντοχής, όπως είναι οι δρομείς μεγάλων αποστάσεων, παρουσιάζουν το μεγαλύτερο σχετικά αριθμό ινών βραδείας συστολής, που συχνά φτάνει στο 90%. Οι αρσιβαρίστες, οι παίκτες του χόκεϊ επί πάγου και οι δρομείς ταχύτητας, από την άλλη μεριά, τείνουν να έχουν περισσότερες ίνες ταχείας συστολής. Όπως αναμένεται, άντρες και γυναίκες δρομείς ημιαντοχής περιέχουν περίπου το ίδιο ποσοστό από τους δυο τύπους των μυϊκών ινών. Αυτή η κατανομή παρατηρείται επίσης και σε αθλητές ισχύος, όπως οι ρίπτες, οι άλτες και οι άλτες ύψους. Αυτές οι σχετικά ξεκάθαρες διακρίσεις μεταξύ των αθλημάτων και της σύστασης των μυϊκών ινών, αναφέρεται συνήθως για κορυφαίους αθλητές, που έχουν επιτύχει κάποια διάκριση σε συγκεκριμένη κατηγορία αθλήματος.

Η σύσταση των ινών ενός ατόμου, δεν είναι ο μοναδικός καθοριστικός παράγοντας της απόδοσης. Αρκετοί ερευνητές υποδεικνύουν ότι για μια συγκεκριμένη ομάδα, προπονημένων ή απροπόνητων ατόμων, η γνώση του κυρίαρχου τύπου ινών του ατόμου έχει περιορισμένη αξία στην πρόβλεψη της απόδοσης σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες. Αυτό δεν είναι περίεργο, διότι η ικανότητα απόδοσης είναι το τελικό αποτέλεσμα της συμμετοχής πολλών φυσιολογικών, βιοχημικών, νευρολογικών και βιομηχανικών «υποστηρικτικών συστημάτων», και δεν καθορίζεται απλά από έναν μόνο παράγοντα, όπως είναι ο τύπος των μυϊκών ινών.

Όσον αφορά το μέγεθος της μυϊκής μάζας, οι αθλητές αντοχής παρουσιάζουν ίνες βραδείας συστολής, οι οποίες είναι σχετικά μεγαλύτερες από τις φυσιολογικές. Οι αθλητές της άρσης βαρών, αλλά και των υπολοίπων αθλημάτων ισχύος, παρουσιάζουν μια διακριτή υπερμεγέθυνση, ειδικά των ινών ταχείας συστολής. Αυτές οι ίνες μπορεί να είναι έως και 45% μεγαλύτερες και από τις αντίστοιχες των αθλητών αντοχής ή των ατόμων, ίδιας ηλικίας, που κάνουν καθιστική ζωή. Αυτό είναι συνέπεια του γεγονότος ότι προπόνηση ισχύος και δύναμης προκαλεί μια μεγέθυνση του συστατικού μηχανισμού των ινών, ιδιαίτερα των νηματίων ακτίνης και μυοσίνης, όπως επίσης και της ολικής περιεκτικότητας σε γλυκογόνο^(4,5).

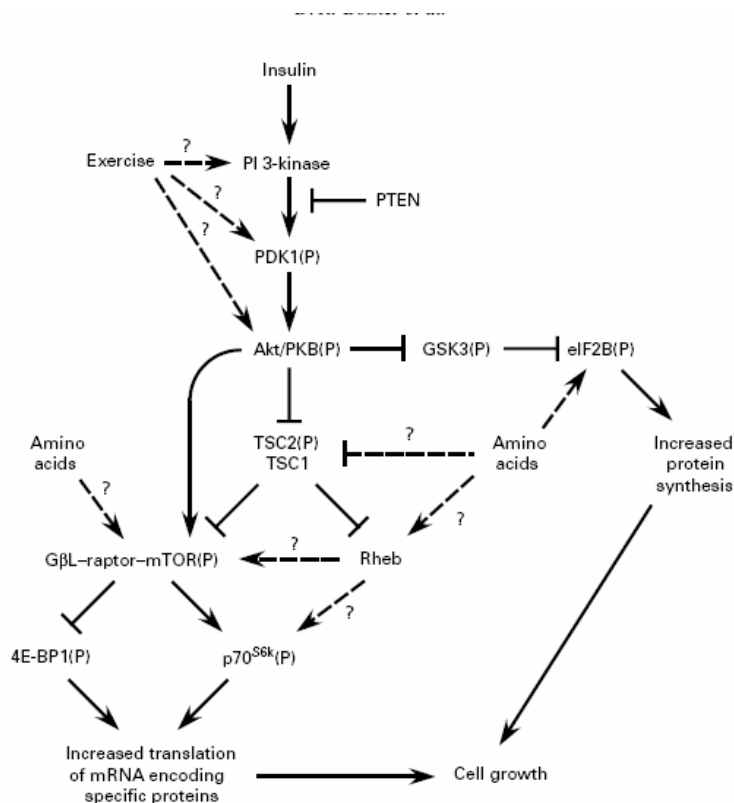
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3. ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΜΥΪΚΟΥ ΙΣΤΟΥ ΜΕΣΩ ΜΟΡΙΑΚΩΝ ΜΟΝΟΠΑΤΙΩΝ

3.1 Ρύθμιση της Πρωτεϊνοσύνθεσης που Συνδέεται με την Υπερτροφία των Σκελετικών Μυών από Ινσουλίνη, Αμινοξέα, και Άσκηση

Στα κύτταρα των θηλαστικών υπάρχει ένα μεγάλος αριθμός από σηματοδοτικά μονοπάτια που ως στόχο έχουν την μεταβίβαση σήματος από εξωτερικά ερεθίσματα σε διαδικασίες όπως η λήψη θρεπτικών συστατικών, η μεταγραφή γονιδίων και η μετάφραση mRNA. Στις περισσότερες περιπτώσεις το δίκτυο μεταγωγής αποτελείται από μια ομάδα πρωτεϊνικών κινασών που χρησιμεύουν στο να κατευθύνουν το σήμα, ή τα σήματα, στο κατάλληλο τελικό σημείο. Βέβαια, τα μονοπάτια μεταγωγής σήματος σπάνια είναι γραμμικά και άντ' αυτού συχνά έχουν πολλές διακλαδώσεις και πολλά σημεία στα οποία κατάλληλα ερεθίσματα μπορούν να ενεργοποιήσουν τον καταρράκτη κινασών. Στη παρούσα εργασία παρουσιάζεται συνοπτικά ένα παράδειγμα σημαντικού σηματοδοτικού μονοπατιού που ενεργοποιείται από τρία διαφορετικά σήματα την ινσουλίνη, τα αμινοξέα και την άσκηση αντίστασης. Το μονοπάτι αυτό καλείται μονοπάτι mTOR. Σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε την τρέχουσα γνώση για το πώς αυτά τα τρία διαφορετικά ερεθίσματα (ινσουλίνη, τα αμινοξέα και άσκηση αντίστασης) ενεργοποιούν το μονοπάτι mTOR οδηγώντας τελικά στην υπερτροφία μυών.

3.2 Συνοπτική Περιγραφή του Μονοπατιού mTOR (phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin)



Εικόνα 5. Διαγραμματική απεικόνιση του μονοπατιού mTOR όπου παρουσιάζονται τα βήματα που τροποποιούνται από την παρουσία ινσουλίνης, αμινοξέων και άσκηση αντίστασης οδηγώντας σε αυξημένη πρωτεϊνσύνθεση και υπερτροφία μυών. Τα βέλη συμβολίζουν ενεργοποίηση, τα ⊥ συμβολίζουν καταστολή και όπου υπάρχουν διακεκομμένες γραμμές οι γνώσεις μέχρι σήμερα δεν είναι επαρκείς .

Προκειμένου να γίνει αντιληπτό πως η ινσουλίνη, η άσκηση αντίστασης και η διατροφή (πλούσια σε πρωτεΐνες) οδηγεί μέσω του συγκεκριμένου μονοπατιού σε αύξηση της μεταγραφικής ενεργότητας των κυττάρων και επομένως σε αύξηση του όγκου των κυττάρων (cell growth) θεωρήσαμε σκόπιμο να παρουσιάσουμε σε πρώτη φάση συνοπτικά τα στοιχεία τα οποία εμπλέκονται στο μονοπάτι αυτό. Στην εικόνα 3 απεικονίζεται διαγραμματικά το μονοπάτι.

Το PI3K είναι μια κινάση λιπιδίων η οποία έχει την ικανότητα να φωσφορυλιώνει ομάδα υδροξυλίου του 4,5-διφωσφορικής ινοσιτόλης οδηγώντας στην παραγωγή 3,4,5-τριφωσφορικής ινοσιτόλης στη πλασματική μεμβράνη του κυττάρου. Η 3,4,5-τριφωσφορική ινοσιτόλη στρατολογεί στη πλασματική μεμβράνη και ενεργοποιεί πρωτεΐνες όπως η κινάση PDK1 και η κινάση B (Akt/PKB). Η Akt/PKB αποτελεί κομβικό σημείο του συγκεκριμένου μονοπατιού και έχει αναφερθεί ότι φωσφορυλιώνει την κινάση συνθάσης γλυκογόνου (GSK) 3β στη Ser9, την mTOR στη Ser2448 και τη tuberous sclerosis complex (TSC) 2 σε διάφορα κατάλοιπα συμπεριλαμβανομένων των Ser939, Ser1130 και Thr1462. Η φωσφορυλίωση της GSK-3β στην Ser9 έχει ως αποτέλεσμα την απενεργοποίησή της. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε αποφωσφορυλίωση και επομένως ενεργοποίηση του eukaryotic initiation factor (eIF) 2B ο οποίος όπως θα δούμε παρακάτω όταν ενεργοποιείται παίζει κεντρικό ρόλο στην ρύθμιση της μετάφρασης και επομένως της πρωτεϊνσύνθεσης. Το TSC2, μαζί με το TSC1 συγκροτούν ένα σύμπλοκο, το οποίο φυσιολογικά καταστέλλει την σηματοδότηση μέσω του mTOR, και φωσφορυλίωση από το Akt/PKB καταστέλλει την λειτουργία του TSC2. Αν και ο πλήρης μηχανισμός με τον οποίο το σύμπλοκο TSC1–TSC2 καταστέλλει το mTOR σηματοδοτικό μονοπάτι δεν είναι ακόμα γνωστός, πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι πιθανόν το TSC2 δρα μέσω μιας GTPase ras homologue (Rheb) με στόχο να ρυθμίσει την mTOR. Η ενεργοποίηση του mTOR οδηγεί στην φωσφορυλίωση μιας σειράς από υποστρώματα συμπεριλαμβανομένης και της eIF4E-binding protein (4E-BP1), καθώς και της ριβοσωμικής πρωτεΐνης κινάσης S6. Η φωσφορυλίωση των δυο αυτών υποστρωμάτων απαιτεί την αλληλεπίδραση του mTOR με άλλες δυο πρωτεΐνες την regulatory associated protein of target of rapamycin (raptor) και την GβL.

3.3 Ρύθμιση της Μετάφρασης του mRNA Μέσω Ενεργοποίησης του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin

Οι μηχανισμοί που περιλαμβάνονται στην επαγωγή της πρωτεϊνοσύνθεσης και ενεργοποιούνται σε απόκριση της ενεργοποίησης του σηματοδοτικού μονοπατιού PI3K–mTOR μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Στους μηχανισμούς που επάγουν γρήγορες αλλαγές, δηλ. ενεργοποιούνται σε λιγότερο από μια ώρα και οφείλονται στην γρήγορη κινητοποίηση παραγόντων που ενεργοποιούν την έναρξη της μετάφρασης και σε αυτούς που ενεργοποιούνται μετά από μερικές ώρες και οφείλονται στην αύξηση του αριθμού των ριβοσωμάτων που μπορούν να μεταφράζουν (ή στην αύξηση της ικανότητας των ριβοσωμάτων να συνθέτουν πρωτεΐνες).

Παράγοντες έναρξης της μετάφρασης είναι ο eIF2B και eIF2. Οι παράγοντες αυτοί ενεργοποιούνται πολύ γρήγορα μέσω του σηματοδοτικού μονοπατιού PI3K–mTOR. Στο πρώτο βήμα έναρξης της μετάφρασης του mRNA ο eIF2 προσδένεται στην 40S ριβοσωμική υπομονάδα μαζί με GTP και methionyl-tRNA. Κατόπιν το GTP υδρολύεται και το eIF2–GDP απελευθερώνεται από το ριβόσωμα. Ο eIF2B επάγει την αντικατάσταση του προσδεμένου στον eIF2 GDP με ελεύθερο GTP επιτρέποντας στο σύμπλοκο να αναμορφωθεί. Επειδή η σύνθεση όλων των πρωτεϊνών ξεκινά με το initiator methionyl-tRNA η ενεργοποίηση του eIF2B επάγει την σύνδεση όλων των πρωτεϊνών.

Η ενεργοποίηση του PI3K–mTOR έχει ως αποτέλεσμα την γρήγορη φωσφορυλίωση των 4E-BP1 και S6K1. Το 4E-BP1 προσδένεται στην πρωτεΐνη eIF4E και δεν της επιτρέπει να προσδεθεί σε ένα δεύτερο παράγοντα initiation factor eIF4G. Φωσφορυλίωση της 4E-BP1 έχει ως αποτέλεσμα να απελευθερωθεί η eIF4E από το σύμπλοκο και να προσδεθεί στην eIF4G έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα σύμπλοκο το eIF4F. Το σύμπλοκο αυτό μεσολαβεί στην πρόδεση του mRNA στην 40S ριβοσωμική υπομονάδα. Επαγόμενη συγκρότηση του eIF4F οδηγεί στην αύξηση της μετάφρασης. Υπερέκφραση της eIF4E οδηγεί σε αύξηση του μεγέθους του κυττάρου πιθανόν επειδή συγκροτούνται υπερέκφραση της μη φωσφορυλιωμένης μορφής του 4E-BP1 οδηγεί σε σχηματισμό κυττάρων μικρών διαστάσεων. Τα πιο πάνω γεγονότα δείχνουν την σπουδαιότητα των δυο αυτών πρωτεϊνών στον έλεγχο των διαστάσεων των κυττάρων.

Επίσης η ενεργοποίηση της S6K1 συμβαίνει μέσα σε λίγα λεπτά από την στιγμή που θα ενεργοποιηθεί το mTOR επάγει την πρωτεϊνοσύνθεση. Επιπλέον και το ίδιο το mTOR έπαγε την μεταγραφή των γονιδίων του ribosomal DNA αλλά και την μετάφραση ριβοσωμικών πρωτεϊνών. Με αυτούς τους δυο τρόπους (αυξημένη μετάφραση mRNA που κωδικοποιεί ριβοσωμικές πρωτεΐνες και αυξημένη μεταγραφή γονιδίων ριβοσωμικού DNA) επάγεται η βιογένεση των ριβοσωμάτων. Η αύξηση στον αριθμό των των ριβοσωμάτων είναι ένας

μηχανισμός για τη μακροπρόθεσμη ικανότητα του κυττάρου να συνθέσει περισσότερες πρωτεΐνες.

3.3.1 *Ενεργοποίηση Μέσω Ινσουλίνης του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin*

Το πρώτο βήμα για την ενεργοποίηση του PI3K–mTOR μέσω ινσουλίνης είναι η πρόσδεση της ορμόνης στον υποδοχέα της (υποδοχές ινσουλίνης). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επαγωγή της ενεργότητας κινάσης τυροσίνης του υποδοχέα. Ο ενεργοποιημένος υποδοχέας φωσφορυλιώνει τα υποστρώματά του και τα φωσφορυλιωμένα πλέον υποστρώματα προσδένονται σε μια υπομονάδα του PI3K ενεργοποιώντας τον και επομένως ενεργοποιώντας το σηματοδοτικό μονοπάτι PI3K–mTOR. Ένα ενδιάμεσο του μονοπατιού το PKB (ή η Akt) δρα ως κομβικό σημείο και φωσφορυλιώνει τόσο το mTOR όσο και το GSK-3. Η φωσφορυλίωση των GSK-3 από το PKB οδηγεί στην απενεργοποίησή του. Το GSK-3 φωσφορυλιώνει το eIF2B και επομένως αντιπροσωπεύει έναν πιθανό μηχανισμό μέσω του οποίου η ινσουλίνη ρυθμίζει την πρωτεϊνική σύνθεση. Ενεργοποίηση του mTOR από την ινσουλίνη έχει ως αποτέλεσμα την φωσφορυλίωση στόχων όπως 4E-BP1, S6K1 και της ριβοσωμικής πρωτεΐνης S6, γεγονότα που οδηγούν στην ενεργοποίηση της έναρξης της μετάφρασης και άρα της πρωτεϊνοσύνθεσης.

3.3.2 *Ενεργοποίηση του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin από Αμινοξέα*

Αυτό το σημείο είναι ιδιαίτερα σημαντικό επειδή, αντίθετα από την ινσουλίνη, τα αμινοξέα δεν ενεργοποιούν τα PI3K και PKB. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι τα αμινοξέα μπορούν έμμεσα να επηρεάσουν το σήμα στο μονοπάτι mTOR μέσω των TSC1–TSC2, GβL–raptor και/ή Rheb. Επιπλέον τα αμινοξέα επάγουν την πρόσδεση του raptor με mTOR, και αυτό για να γίνει χρειάζεται την δράση του GβL. Με αυτόν τον τρόπο επάγεται η φωσφορυλίωση του 4E-BP1 και του S6K1.

3.3.3 *Ενεργοποίηση του Σηματοδοτικού Μονοπατιού phosphatidylinositol 3-kinase-mammalian target of rapamycin μέσω Άσκησης Αντίστασης*

Τα πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία έχουν αποκαλύψει την ενεργοποίηση της Akt σε απομονωμένο σκελετικό μυ που υποβάλλεται στο παθητικό τέντωμα, και ο οποίος εμφανίζει γρήγορη-σύσπαση. Σε άλλες μελέτες φωσφορυλίωση και των δύο 4E-BP1 και S6K1 έχει δείχτει ότι ενισχύεται σε απόκριση με μυϊκή φόρτιση και συμβάλλει θετικά στην ισχυρότερη έκφραση της έκφρασης συγκεκριμένων γονιδίων σημαντικών για την αύξηση των μυών.

Κατά συνέπεια, η πρόθεση μας είναι μέσω της παρουσίασης των πιο πάνω στοιχείων να εστιάσουμε στο ρόλο που έχουν τα αμινοξέα ή η ινσουλίνη στην πρωτεϊνική σύνθεση στα πλαίσια της άσκησης αντίστασης. Η έρευνα του μοναδικού ρόλου των αμινοξέων ή της ινσουλίνης στην προώθηση των αλλαγών στην πρωτεϊνική σύνθεση σκελετικών μυών με την άσκηση αντίστασης είναι κρίσιμη για τη διευκρίνιση των μηχανισμών που ρυθμίζουν την υπερτροφία μυών.

Επίσης τα τελευταία χρόνια διερευνάται έντονα το ερώτημα του πότε θα πρέπει τα θρεπτικά συστατικά να λαμβάνονται από τον οργανισμό. Πρόσφατα στοιχεία προτείνουν ότι η παροχή των αμινοξέων και της γλυκόζης πριν από την άσκηση ενισχύει την πρωτεϊνική σύνθεση σκελετικών-μυών. Και αυτό γιατί φαίνεται πως ο οργανισμός προκειμένου να επιτελέσει τις πιο πάνω διεργασίες και να επάγει μεταβολικά μονοπάτια απαιτεί να είναι διαθέσιμες εξωγενείς θρεπτικές ουσίες.

3.4 Συμπέρασμα

Η ινσουλίνη, τα αμινοξέα και η άσκηση αντίστασης οδηγούν στις αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης των σκελετικών μυών. Κοινό σημείο στη σηματοδότηση και από τα τρία ερεθίσματα είναι το μονοπάτι mTOR. Αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο σε πειραματόζωα όσο και σε κυτταρικές σειρές, *in vivo*, παρεμπόδιση του μονοπατιού mTOR έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μικρών κυττάρων. Άρα τα μέχρι σήμερα στοιχεία μας δείχνουν ότι το mTOR κατέχει κεντρικό ρόλο για στον έλεγχο της αύξησης κυττάρων. Αν και ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζεται το μονοπάτι mTOR στην υπερτροφία έχει προσδιοριστεί, μελλοντικές μελέτες πρέπει σύντομα να παρέχουν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με το μηχανισμό μέσω του οποίου τα αμινοξέα και η άσκηση αντίστασης προωθούν τη σηματοδότηση του μονοπατιού και ποιες κινάσες επάγουν. Επιπλέον, πειράματα θα πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να διευκρινιστεί ποια γονίδια και με ποιο τρόπο αλλάζουν το πρότυπο έκφρασής τους μέσω του mTOR. Επομένως θα γίνει καλύτερα κατανοητό πώς μέσω του mTOR, η ινσουλίνη τα αμινοξέα και η άσκηση αντίστασης ενισχύουν την πρωτεϊνική σύνθεση και την υπερτροφία στο σκελετικό μυ⁽⁶⁾.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4. ΘΕΩΡΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΜΥΪΚΟΥ ΙΣΤΟΥ (ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ) - ΣΩΜΑΤΟΤΥΠΟΙ

Σε αντίθεση με την προπόνηση αντοχής, η οποία μειώνει την εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών, η προπόνηση αντίστασης προκαλεί αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας όλων των τύπων των μυϊκών ινών καθώς επίσης και του γλυκογόνου ηρεμίας⁽⁷⁾.

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στις θεωρίες ανάπτυξης του μυϊκού ιστού, στους πιθανούς τρόπους δηλαδή που πιστεύεται ότι αυξάνεται ο μυϊκός ιστός. Θα αναφερθούμε επίσης στους τύπους σώματος του ανθρώπινου οργανισμού καθώς επίσης και στην ποσότητα μυϊκής μάζας που μπορεί ο κάθε τύπος σώματος να δεχτεί. Τέλος, θα μιλήσουμε και για την προσαρμοστικότητα των μυών που λαμβάνει χώρα κατά την άσκηση αντίστασης.

4.1 Θεωρίες Ανάπτυξης του Μυϊκού Ιστού

Όταν αυξάνεται η ολική μάζα του μυός (αύξηση της μάζας του μυϊκού κυττάρου) τότε αυτό ονομάζεται υπερτροφία του μυός, ενώ η αύξηση του αριθμού των μυϊκών κυττάρων ονομάζεται υπερπλασία του μυός. Τέλος, η ελάττωση της ολικής μάζας του μυός ονομάζεται ατροφία του μυός. Όλοι οι μύες του σώματος αναδιαμορφώνονται συνεχώς για να προσαρμόζονται στις λειτουργίες που απαιτούνται από αυτούς. Οι διάμετροι, το μήκος, η δύναμη και η αγγείωση των μυών μεταβάλλονται. Ακόμα και οι τύποι των μυϊκών ινών που περιέχονται σε αυτούς μεταβάλλονται έστω και σε μικρό βαθμό. Αυτή η διαδικασία προσαρμοστικότητας σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται αρκετά γρήγορα, χρειάζονται μόνο λίγες εβδομάδες. Έχει δειχθεί από πειράματα ότι ακόμα και κάτω από απόλυτα φυσιολογικές συνθήκες, οι συσταλτές πρωτεΐνες των μυών μπορούν να αντικαθίστανται πλήρως μέσα σε δυο μόνο εβδομάδες⁽⁸⁾.

Όσο εντονότερη είναι η προσπάθεια τόσο μεγαλύτερη είναι η προσαρμογή ενός ατόμου σε μια δεδομένη χρονική στιγμή και σ' ένα δεδομένο περιβάλλον. Το άγνωστο όμως όριο των βιολογικών προσαρμογών διαφέρει από άτομο σε άτομο και εξαρτάται από το γονότυπο, το φύλο, την ηλικία και από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις⁽⁷⁾. Η υπερτροφία προκαλείται σε μεγαλύτερη έκταση όταν ο μυς διατείνεται κατά την διάρκεια της συστολής του. Με λίγες μόνο τέτοιου είδους συστολές την ημέρα κατορθώνεται η σχεδόν μέγιστη δυνατή υπερτροφία του μυός μέσα σε 6 έως 10 εβδομάδες⁽⁸⁾. Στην πραγματικότητα, οι αντιδράσεις στις προπονήσεις δύναμης, δείχνουν ότι δέχονται επίδραση από νευρογενείς και μυογενείς παράγοντες. Οι νευρικές προσαρμογές είναι οι πρώτες αλλαγές που συμβαίνουν στους μυς, επιτρέποντας την αύξηση της δύναμης και της ισχύος τους στα πρώτα στάδια του προγράμματος άσκησης με

αντίσταση, χωρίς να έχει επέλθει ακόμα η αύξηση στην εγκάρσια τομή στην γαστέρα των μυών. Έχει επίσης αποδειχθεί ότι ειδικές προσαρμογές συμβαίνουν εξαρτώμενες από το πρόγραμμα προπόνησης που έχει εφαρμοστεί. Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα αναφερθούμε αναλυτικότερα σε αυτές τις προσαρμογές⁽⁹⁾.

Ο τρόπος με τον οποίο οι ισχυρές συστολές των μυών προκαλούν την υπερτροφία τους δεν είναι γνωστός. Είναι όμως γνωστό ότι η υπερτροφία των μυών οφείλεται κατά το πλείστον στη μεγάλη αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινιδίων ακτίνης και μυοσίνης. Παράλληλα με την αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινιδίων, αυξάνονται επίσης και τα ενζυμικά συστήματα με τα οποία παρέχεται ενέργεια. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα ένζυμα της γλυκόλυσης, με αποτέλεσμα την ταχεία παροχή ικανού ποσού ενέργειας κατά την διάρκεια βραχυχρόνιων έντονων μυϊκών συστολών⁽⁸⁾.

Όταν ένας μυς παραμένει αχρησιμοποίητος για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ο ρυθμός της φθοράς των συσταλών του πρωτεϊνών, καθώς και η μείωση του αριθμού των μυϊκών ινιδίων καθίσταται ταχύτερος από τον ρυθμό της αντικατάστασής τους. Με αυτόν τον τρόπο επέρχεται η ατροφία του μυός.

Όπως προαναφέρθηκε, οι ασκήσεις αντίστασης δημιουργούν μια υπερφόρτωση στο μυϊκό κύτταρο, διεγείροντας το DNA μέσα στους πολλούς πυρήνες που περιέχουν τα μυϊκά κύτταρα. Έχει δειχτεί ότι το πρώτο στάδιο της μυϊκής υπερτροφίας, κατά την έναρξη της υπερφόρτωσης, σχετίζεται με αυξημένη δραστηριότητα του RNA και της πρωτεϊνικής σύνθεσης. Με την πάροδο του χρόνου, το μυϊκό κύτταρο τείνει να προσαρμοστεί στην επιβάρυνση αυτή, αυξάνοντας το μέγεθός του. Ο Carson (1997) αναφέρει τους πιθανούς τρόπους που μπορεί να γίνεται αυτό:

Πρώτα, τα ξεχωριστά μυϊκά κύτταρα και μυοϊνίδια μπορούν απλώς να αυξήσουν το μέγεθός τους, ενσωματώνοντας περισσότερη πρωτεΐνη. Κατά δεύτερον, τα μυοϊνίδια σε κάθε κύτταρο μπορούν να πολλαπλασιαστούν, πράγμα το οποίο θα αυξήσει το μέγεθος της κάθε μυϊκής ίνας. Τρίτον, το ποσό του συνδετικού ιστού γύρω από κάθε μυϊκή ίνα και γύρω από κάθε δέσμη μυϊκών ινών μπορεί να αυξηθεί και να πυκνώσει, πράγμα το οποίο θα οδηγήσει σε μια συνολική αύξηση του μεγέθους όλου του μυός. Τέταρτον, το κύτταρο μπορεί να αυξήσει το περιεχόμενό του σε ένζυμα και σε απόθεμα ενέργειας, ειδικότερα σε ATP και γλυκογόνο. Το αυξημένο μυϊκό γλυκογόνο, μαζί με την αυξημένη μυϊκή πρωτεΐνη, δεσμεύουν επιπλέον νερό, κάτι που συνεισφέρει στην αύξηση του σωματικού βάρους. Τέλος, οι μυϊκές ίνες μπορούν να αυξηθούν σε αριθμό (υπερπλασία). Πρόσφατα όμως στοιχεία δείχνουν ότι αυτό είναι πολύ λιγότερο πιθανό να συμβεί σε σύγκριση με τους άλλους τέσσερεις τρόπους που επάγουν την μυϊκή υπερτροφία⁽¹⁰⁾.

Περιστασιακά, μπορεί να βρεθεί έλλειμμα μυϊκών ινών σε ένα υγιές άτομο που προπονείται έντονα, αλλά δεν έχει επιπρόσθετη λήψη τροφής ή αποθέματα λίπους, για να ισορροπήσει την αυξημένη δαπάνη ενέργειας που προκαλείται από την άσκηση. Η επιθυμητή ενέργεια αυτή, το πιθανότερο είναι να βρεθεί από την διάσπαση σωματικών πρωτεϊνών μέσα στον μυ.

4.2 Προσαρμογή των Μυών

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα κατανοούμε ότι οι μύες προσαρμόζονται αυξάνοντας (ή και μειώνοντας –στην άσκηση αντοχής-) την μάζα τους σύμφωνα με τα ερεθίσματα που δέχονται κατά την προπόνηση. Θα μπορούσαμε να διαιρέσουμε αυτές τις προσαρμογές σε δυο μέρη σε συνάρτηση με την άσκηση αντίστασης: α) στις βιολογικές προσαρμογές και β) στις προσαρμογές που αφορούν τον γονότυπο σε συνάρτηση με την άσκηση αντίστασης. Ερωτήματα που προκύπτουν από την προσαρμοστικότητα των “α)” και “β)”, είναι το ποιο είναι το μέγεθος της προσαρμοστικότητας κατά την προπόνηση αντίστασης, ποιοι τύποι μυϊκών ινών συμμετέχουν σε αυτές τις αλλαγές και κατά πόσο συμβάλλουν στην προσαρμοστικότητα αυτή, τι γίνεται με την αγγείωση των μυών, με την λειτουργικότητα των νεύρων και των μεταβολικών ενζύμων; Τα ερωτήματα αυτά απαντώνται στην συνέχεια.

4.2.1 Προσαρμοστικότητα Βιολογικών Παραγόντων

Η προπόνηση δύναμης με υψηλή αντίσταση προκαλεί υπερτροφία των μυϊκών ινών (αύξηση εγκάρσιας διατομής) χωρίς να αλλάζει η μικροσκοπική δομή τους και οι βιοχημικές τους ιδιότητες. Απεναντίας, οι επαναλαμβανόμενες μυϊκές συστολές μικρής έντασης (προπόνηση αντοχής), όπως ειπώθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, επιφέρουν αύξηση της ενζυματικής δραστηριότητας και αγγείωσης των μυϊκών ινών χωρίς υπερτροφία.

Εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών. Είναι καλά τεκμηριωμένο φαινόμενο ότι 6 μήνες έντονης προπόνησης με υψηλή αντίσταση προκαλούν αύξηση στην εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών κατά 12 - 25%. Ωστόσο, ο μηχανισμός με τον οποίο ένα πρόγραμμα προπόνησης δύναμης προκαλεί αύξηση στη σύνθεση του μεταφορικού RNA (mRNA) και στη συνέχεια πρωτεϊνική σύνθεση, ή/και μείωση του ρυθμού αποδόμησης των πρωτεϊνών, παραμένει ακόμα άγνωστος.

Τύπος μυϊκών ινών. Στο 2ο κεφ. μιλήσαμε για τους τύπους των μυϊκών ινών. Σύμφωνα με τις συσταλτές και μεταβολικές τους ιδιότητες, μπορούν να ταξινομηθούν, σε βραδείας συστολής οξειδωτικές (τύπου I), ταχείας συστολής οξειδωγλυκολυτικές (τύπου IIα) και ταχείας συστολής γλυκολυτικές τύπου (IIβ). Σημαντικό μέρος των συσταλτών χαρακτηριστικών ενός μύος εξαρτάται από την ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων τύπων μυϊκών ινών σε αυτόν.

Πειράματα σε απομονωμένες μυϊκές ίνες έδειξαν ότι οι τύπου I μυϊκές ίνες έχουν μικρότερη ενεργειακή δαπάνη κατά τη μυϊκή συστολή, χαμηλότερη ταχύτητα συστολής και χαμηλότερη μέγιστη ισχύ από τις τύπου II μυϊκές ίνες. Το γεγονός αυτό, δείχνει ότι η λειτουργική σπουδαιότητα μιας πιθανής αλλαγής στην κατανομή των μυϊκών ινών συνδέεται με την απαίτηση για προσαρμογή σε ένα νέο επίπεδο ενεργειακών ή συσταλτικών ιδιοτήτων.

Με την εξέλιξη και χρήση συγχρόνων ανοσοποιητικών, βιοχημικών και μηχανο-αναλυτικών τεχνικών προέκυψε ότι το απλό σχήμα μυϊκών ινών βραδείας και ταχείας συστολής πρέπει να τροποποιηθεί σ' ένα ευρύ σύνθετο φάσμα μεταβολικών και μηχανικών ιδιοτήτων. Για παράδειγμα, έχει δειχθεί ότι αρκετές μυϊκές ίνες περιέχουν δύο διαφορετικούς τύπους μυοσίνης. Παρά τα μεθοδολογικά προβλήματα, η μετατροπή των μυϊκών ινών τύπου IIβ σε IIα μετά από προπόνηση ισχύος (ή αντοχής ή ταχύτητας) είναι φαινόμενο καλά τεκμηριωμένο. Συμπερασματικά, μόνο μικρές αλλαγές, κυρίως από IIβ σε IIα, έχουν αναφερθεί ως προς την κατανομή των μυϊκών ινών ως αποτέλεσμα προπόνησης διάρκειας 4-22 εβδομάδων.

Τριχοειδή αγγεία. Ο αριθμός των τριχοειδών που περιβάλλουν μια μυϊκή ίνα τύπου I είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό τριχοειδών που περιβάλλουν τις ίνες τύπου II. Νεότερες μελέτες, συνδυάζοντας μεθόδους ιστοχημείας και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου έδειξαν ότι ο αριθμός των τριχοειδών αγγείων αυξάνεται μετά από προπόνηση αντοχής σε αντίθεση με ότι νομιζόταν παλαιότερα. Παράλληλα, έρευνες σε πειραματόζωα έδειξαν ότι εκτός από την αύξηση του αριθμού των τριχοειδών, αυξάνεται και η διάμετρός τους μετά από χρόνια ηλεκτρική διέγερση. Σε αγύμναστους μυς, οι μυϊκές ίνες τύπου II έχουν συνήθως μεγαλύτερη εγκάρσια επιφάνεια ανά τριχοειδές αγγείο και μικρότερη οξειδωτική ικανότητα από τις ίνες τύπου I αλλά με την άσκηση προκαλούνται τέτοιες προσαρμογές στις ίνες II ώστε και οι δύο αυτές μεταβλητές πλησιάζουν τις τιμές των μυϊκών ινών τύπου I. Αντίθετα, η προπόνηση δύναμης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση ή τη διατήρηση στα ίδια επίπεδα του αριθμού των τριχοειδών αγγείων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προπονητικού προγράμματος. Σε κάθε περίπτωση, η αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών είναι συνήθως μεγαλύτερη από την αύξηση του αριθμού των τριχοειδών και κατά συνέπεια η πυκνότητα των τριχοειδών αγγείων ανά επιφάνεια μυϊκού ιστού παραμένει ίδια ή μειώνεται.

Μεταβολικά ένζυμα των μυών. Η δραστηριότητα των ενζύμων που συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας μέσα στα μυϊκά κύτταρα αυξάνεται με την προπόνηση. Η αύξηση αυτή σχετίζεται άμεσα με το είδος του προπονητικού προγράμματος. Έτσι, η προπόνηση αντοχής προκαλεί αύξηση της δραστηριότητας των μιτοχονδριακών κυρίως ενζύμων ενώ η αναερόβια προπόνηση προκαλεί αύξηση της δραστηριότητας των ενζύμων της αναερόβιας γλυκόλυσης. Αντίθετα, η

προπόνηση δύναμης δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στα ένζυμα του αερόβιου και αναερόβιου μυϊκού μεταβολισμού.

Ενεργειακά υποστρώματα. Η αερόβια και η αναερόβια προπόνηση καθώς και η προπόνηση δύναμης αυξάνουν τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου ηρεμίας στους ασκούμενους μύς. Απεναντίας, είναι ασαφής η επίδραση της συστηματικής άσκησης στην περιεκτικότητα των μυών σε ATP, φωσφοκρεατίνη και τριγλυκερίδια.

Νευρομυϊκή απόδοση. Η νευρομυϊκή απόδοση προσδιορίζεται κυρίως από τη μέγιστη δύναμη και τη μέγιστη ταχύτητα συστολής του μυός. Η δύναμη που παράγει ένας μύς με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, προκύπτει από το συνδυασμό επιστράτευσης και συχνότητας δραστηριοποίησης-εκπυρσοκρότησης των κινητικών μονάδων. Η μέγιστη ταχύτητα συστολής ενός μυ εξαρτάται κυρίως από την κατανομή των μυϊκών ινών σε αυτόν. Παράλληλα, ο χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη της μέγιστης δύναμης κατά τη διάρκεια μιας συστολής σχετίζεται άμεσα με τις κινητικές ιδιότητες της διαδικασίας έκχυσης και απορρόφησης του ενδοκυτταρικού ασβεστίου.

Η αύξηση της δύναμης ως αποτέλεσμα της άσκησης είναι γνωστό φαινόμενο από την αρχαιότητα. Διαφορετικά προγράμματα προπόνησης με αντίσταση έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς, με ποικίλα αποτελέσματα⁽⁷⁾.

4.2.2 Γονότυπος και Προσαρμοστικότητα

Η μηχανική δραστηριότητα, η έκχυση ορμονών, η μεταβολική καταπόνηση, η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος και η υποξία είναι συνήθεις ασκησιογενείς καταστάσεις που κινητοποιούν κυτταρικούς μηχανισμούς οι οποίοι ρυθμίζουν την έκφραση των γονιδίων σε νέο επίπεδο. Είναι, για παράδειγμα, γνωστό ότι η υποξία προκαλεί αύξηση στη μεταγραφή της ερυθροποιητίνης. Η πολυσυνθετότητα της γονιδιακής έκφρασης σε κυτταρικό επίπεδο (παράγοντες που ρυθμίζουν την προ-μεταφραστική, την μεταφραστική και την μετα-μεταφραστική διεργασία) καθώς και οι περιορισμοί μεταφοράς των ευρυμάτων από τα πειραματόζωα στον άνθρωπο καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή του πρότυπου των διδύμων και τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης γονότυπου-άσκησης σε επίπεδο οργανικών συστημάτων.

Υπερτροφία μυϊκών ινών. Η επίδραση του γονότυπου στην υπερτροφία των μυϊκών ινών παραμένει αδιερεύνητη. Αν και είναι σαφές ότι το ίδιο προπονητικό ερέθισμα προκαλεί διαφορετικά ποσοστά μυϊκής υπερτροφίας (3-49%), ανάμεσα σε δοκιμαζόμενους, δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτό οφείλεται στο γονότυπο ή στο διαφορετικό αρχικό επίπεδο και τις προηγούμενες προπονητικές εμπειρίες των δοκιμαζόμενων.

Κατανομή μυϊκών ινών. Δύο μελέτες με διδύμους δοκιμαζόμενους οι οποίοι υποβλήθηκαν σε αερόβια και αναερόβια προπόνηση έδειξαν μικρές και μη σημαντικές αλλαγές στην κατανομή των μυϊκών ινών.

Τριχοειδή αγγεία. Ο ρόλος του γονότυπου στην προσαρμοστικότητα των τριχοειδών αγγείων δεν έχει μελετηθεί ακόμη, αν και οι διατομικές διαφορές είναι μεγάλες και η λειτουργική τους σπουδαιότητα είναι προφανής.

Μεταβολικά ένζυμα των μυών. η προσαρμοστικότητα των αναερόβιων (CK, HK, PFK, LDH) ενζύμων δεν επηρεάζεται πιθανά από το γονότυπο. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι η λειτουργική σπουδαιότητα της αύξησης της δράσης των ενζύμων του μυϊκού κυττάρου ύστερα από προπόνηση παραμένει ασαφής δεδομένου ότι, έχει υπολογιστεί, η δράση αυτών των ενζύμων σε αγύμναστους μυς είναι ικανή για την παραγωγή ενέργειας κατά τη μέγιστη μυϊκή προσπάθεια που απαιτείται από μυς καλά προπονημένων αθλητών.

Αναερόβια ικανότητα. Είναι η ικανότητα για παραγωγή ενέργειας δίχως την κατανάλωση οξυγόνου και μπορεί να χωριστεί σε γαλακτική (διάσπαση φωσφοκρεατίνης και ATP με ελάχιστη παραγωγή γαλακτικού οξέος) και γαλακτική (με σημαντική παραγωγή γαλακτικού οξέος). Προπόνηση υπερμέγιστης έντασης και μικρής διάρκειας βελτιώνει τη μέγιστη ισχύ του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας και την απόδοση σε αγώνισμα με αυτά τα χαρακτηριστικά. Ως αποτέλεσμα της αναερόβιας προπόνησης εντοπίζονται προσαρμογές τόσο σε επίπεδο οργανικών συστημάτων όσο και σε κυτταρικό.

Η επίδραση του γονότυπου στη βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας φαίνεται να είναι διαφορετική για τη γαλακτική και την αερόβια ικανότητα.

Ουσιαστικά λοιπόν η αλληλεπίδραση γονότυπου - άσκησης όσον αφορά την αναερόβια ικανότητα παραμένει σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητη. Πρόσφατα, σ' ένα πρόγραμμα 6μηνης διάρκειας που εφαρμόστηκε σε μονοζυγωτικούς διδύμους προεφηβικής και εφηβικής ηλικίας βρέθηκε ότι η σχετική ισχύς της προπόνησης και της κληρονομησιμότητας στη βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας (συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα), ήταν 27% και 45% αντίστοιχα.

Νευρομυϊκή απόδοση. Η κληρονομησιμότητα στη νευρομυϊκή απόδοση έχει ερευνηθεί διεξοδικά και βρέθηκε να είναι υψηλή, ενώ η επίδραση του γονότυπου στην προσαρμοστικότητα των νευρομυϊκών προσαρμογών ελάχιστα έχει διερευνηθεί. Οι Thibault και συνεργάτες (1986) δεν βρήκαν καμία επίδραση του γονότυπου στην προσαρμοστικότητα όσον αφορά τη μέγιστη μυϊκή ροπή μετά από προπόνηση δύναμης διάρκειας 10 εβδομάδων σε MZ διδύμους. Ο μικρός

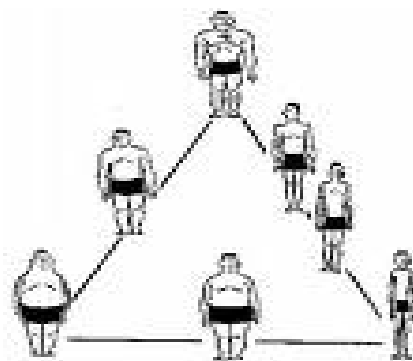
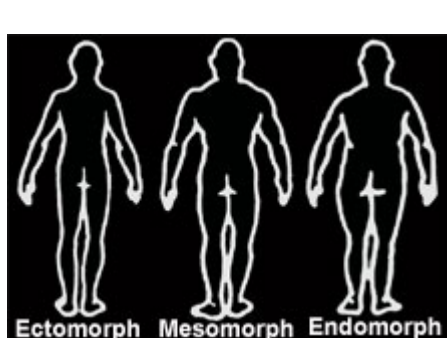
αριθμός διδύμων (5 ζευγάρια) και η έλλειψη ελέγχου της αρχικής τους ικανότητας καθιστούν ευάλωτη αυτή τη μελέτη. Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε μια μέτρια αλλά σημαντική επίδραση του γονότυπου στην αύξηση της δύναμης. Και σε αυτή τη μελέτη δεν ελέγχθηκε το αρχικό επίπεδο των δοκιμαζομένων. Από την άλλη μεριά, δεν έχουν διεξαχθεί έρευνες για τον προσδιορισμό της αλληλεπίδρασης γονότυπου-άσκησης για παραμέτρους όπως ο χρόνος αντίδρασης, η μυϊκή συναρμογή, η ταχοδυναμική σχέση, η αγωγιμότητα των νευρικών ώσεων, και η ισορροπία.

Συμπερασματικά, η προπόνηση επιφέρει δομικό και λειτουργικό επαναπροσδιορισμό βιολογικών οργάνων και συστημάτων που στοχεύει στη βελτιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης έτσι ώστε ο ανθρώπινος οργανισμός να μεγιστοποιεί την επίδοσή του και να ανταποκρίνεται με ευκολία στην πρόκληση της ενεργειακής καταπόνησης. Το είδος των επερχόμενων προσαρμογών καθορίζεται από το είδος της προπόνησης. Υπάρχει σημαντική ατομική διασπορά στο ρυθμό βελτίωσης και το μέγεθος προσαρμογής. Τούτο πιθανόν προκύπτει από μεθοδολογικά λάθη όσον αφορά την ποσοτική έκφραση της προσαρμοστικότητας και το πεπερασμένο πειραματικών αναλυτικών τεχνικών. Είναι όμως επίσης πολύ πιθανόν η προπονησιμότητα να είναι κληρονομικά προκαθορισμένη. Η σχετική βιβλιογραφία είναι περιορισμένη και μερικές φορές αντιφατική⁽⁷⁾.

4.3 Σωματότυποι

Το λάθος αρκετών ασκούμενων σε αθλήματα κυρίως αντίστασης, είναι ότι προσπαθούν να αυξήσουν την μυϊκή τους μάζα ανεξέλεγκτα χωρίς να είναι σε θέση να προσδιορίσουν την ικανότητα του σώματός τους που μπορεί να λάβει επιπλέον βάρος με την μορφή μυϊκής μάζας. Αυτό συμβαίνει διότι πολλές φορές ο ίδιος ο ασκούμενος δεν γνωρίζει τον σωματότυπό του. Αμέσως παρακάτω θα αναφερθούμε στους σωματότυπους των ανδρών και των γυναικών, καθώς επίσης και στην ποσότητα της επιπλέον μυϊκής μάζας που μπορεί ο καθένας να προσθέσει σαν επιπλέον βάρος πέραν του φυσιολογικού. Οι διάφοροι σωματότυποι παρουσιάζουν διαφορετικό σχήμα σώματος, διαφορετική αναλογία μυϊκής μάζας και λιπώδους ιστού και διαφορετική κατανομή του λίπους στο σώμα.

Πριν αρχίσουν ένα πρόγραμμα γυμναστικής έτσι ώστε να αλλαχτεί η σύνθεση του σώματος, οι αθλητές άνδρες θα πρέπει να έχουν μια γενική αντίληψη του σωματότυπού τους, και επομένως, του πιθανού γενετικού περιορισμού τους. Το 1940 ο William Sheldon⁽¹¹⁹⁾ κατέταξε τους τύπους σώματος σε τρεις βασικές κατηγορίες, τον ενδόμορφο, τον μεσόμορφο και τον εκτόμορφο τύπο σώματος. Οι αθλητές παρουσιάζουν συνήθως, μια υπερίσχυση ενός τύπου σώματος και μερικές πτυχές των δυο άλλων^(120,121).



Εικόνα 6,7. Σωματότυποι ανδρών

Ο ενδομορφικός τύπος παρουσιάζει μια κοντόχοντρη κατασκευή σωματότυπου· αυτός έχει φαρδύ στήθος και ισχία και κοντά οστά. Διακρίνεται από το μαλακό και στρογγυλό σχήμα σώματος με μεγάλο βάρος στους γοφούς και τους μηρούς, υψηλή αναλογία λίπους και μυϊκό σύστημα που δεν διακρίνεται. Ο μεσομορφικός τύπος σώματος, έχει συνήθως μεγάλη μυϊκή μάζα και δύναμη, με έναν μακρύ κορμό και γεμάτο στήθος. Διακρίνεται από το μεγάλο άνοιγμα των ώμων και των γοφών, και την μικρή μέση. Σ' αυτόν τον σωματότυπο, μπορούν να αυξηθούν το μέγεθος και η δύναμη των μυών γρήγορα, ειδικά όταν συνδυάζεται με κατάλληλο πρόγραμμα εκγύμνασης και διατροφής. Ο εκτομορφικός τύπος είναι χαρακτηριστικά αδύνατος και λεπτός σε μυϊκό ιστό. Διακρίνεται από τον επίπεδο θώρακα και τους στενούς γοφούς. Ο γενετικός του χαρακτήρας δεν του επιτρέπει να κερδίζει εύκολα βάρος.

Για τον ενδομορφικό τύπο το κέρδος βάρους επιτυγχάνεται εύκολα, και η απώλεια λίπους είναι δύσκολη.

Μια συχνή ερώτηση των αθλητών και των προπονητών είναι: πόση μυϊκή μάζα ένας αθλητής προσδοκεί να κερδίσει; Η ταχύτητα και το ποσό του συγκεκριμένου που κερδίθηκε και των συγκεκριμένων μυών που αναπτύσσονται εξαρτώνται από το πρόγραμμα εκγύμνασης ενός αθλητή, την διατροφή του, την γενετική προδιάθεση και το κίνητρο (θέληση). Τα στοιχεία δείχνουν ότι η δομή του σώματος ασκεί μια επίδραση στην μυϊκή μάζα του σώματος, ανάλογα με την ικανότητα ενός αθλητή να κερδίσει μυϊκή μάζα^(121,122). Αν και είναι δυνατόν για οποιονδήποτε αθλητή να κερδίσει μυϊκή μάζα, οι αθλητές οι οποίοι έχουν μια γερή κατασκευή σώματος, μπορούν ευκολότερα να κερδίσουν περισσότερη μυϊκή μάζα από τους αθλητές οι οποίοι έχουν μια λεπτή κατασκευή σώματος⁽¹²²⁾. Επιπλέον, τα αρχικά κέρδη της μυϊκής μάζας που έχουν οι αθλητές με μια γερή κατασκευή σώματος, υπερβαίνουν πολύ τα επόμενα κέρδη, επειδή οι αθλητές αυτοί τείνουν να πλησιάσουν τις γενετικές δυνατότητές τους σχετικά νωρίς σε ένα πρόγραμμα γυμναστικής.

Ο κάθε τύπος σώματος χρειάζεται διαφορετική ποσότητα, συχνότητα και είδος προπόνησης.

Ο ενδόμορφος τύπος σώματος χρειάζεται περισσότερη αερόβια προπόνηση, λιγότερη προπόνηση δύναμης και διατροφή για το κάψιμο του λίπους και συντήρηση της μυϊκής μάζας. Ακόμη ο ενδόμορφος τύπος χρειάζεται αρκετές ασκήσεις ευλυγισίας, καθώς αυτός ο τύπος σώματος είναι επιρρεπής σε τραυματισμούς στους μυς και στις αρθρώσεις, λόγω του μεγάλου βάρους του σώματος και της υψηλής αναλογίας λιπώδους ιστού.

Ο μεσόμορφος τύπος σώματος χρειάζεται ίση αναλογία αερόβιας προπόνησης και προπόνησης δύναμης για τη συντήρηση της μυϊκής μάζας και της καλής φυσικής κατάστασης. Αυτός ο τύπος σώματος στην πραγματικότητα χρειάζεται να κάνει ελάχιστα πράγματα για τη συντήρηση της καλής φυσικής κατάστασης και εμφάνισης του σώματος.

Ο εκτόμορφος τύπος σώματος χρειάζεται προπόνηση δύναμης για την ενδυνάμωση του μυϊκού συστήματος και αερόβια προπόνηση για τη συντήρηση της καλής φυσικής κατάστασης. Ο εκτόμορφος τύπος σώματος χρειάζεται απαραίτητα προπόνηση δύναμης για την ανάπτυξη του μυϊκού συστήματος και ειδικά της περιοχής της μέσης, μια και έχει αποδειχθεί ότι αυτός ο τύπος σώματος συνήθως υποφέρει από πόνους στο κάτω μέρος της πλάτης⁽¹²³⁾.

Τύποι σώματος όπως ο μεσόμορφος και ενδιάμεσοι όπως ο μεσοεκτόμορφος και ο μεσοενδόμορφος έχουν εύκολα αποτελέσματα από τα προγράμματα προπόνησης, ενώ τύποι σώματος όπως ο ενδόμορφος, ο εκτόμορφος και ο ενδοεκτόμορφος χρειάζονται μεγάλη προσπάθεια για την απόκτηση καλής εμφάνισης και φυσικής κατάστασης.

Σε αντίθεση με τους άνδρες, οι γυναίκες ασκούμενες κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με τη δομή του σώματός τους:

α. Στις μεγαλόσωμες, μυώδεις, ειδικά στα χέρια και με σχετικά μικρά πόδια (τύπος 1).

β. Στις μικρόσωμες, συγκριτικά "μακροπόδαρες", όχι μυώδεις και με στενούς ώμους και ισχία (τύπος 2).

γ. Στις μυώδεις, με μακριά πόδια και σχετικά "ευθύγραμμη" κατασκευή (τύπος 3).

δ. Στις βαριές και ογκώδεις, με φαρδείς ώμους και ισχία, μεγάλους μυς και σχετικά μεγάλο ποσοστό λίπους (τύπος 4).

ε. Τέλος σε αυτές με περισσότερο σωματικό λίπος, μικρό ποσοστό μυών και πλατιά ισχία (τύπος 5).

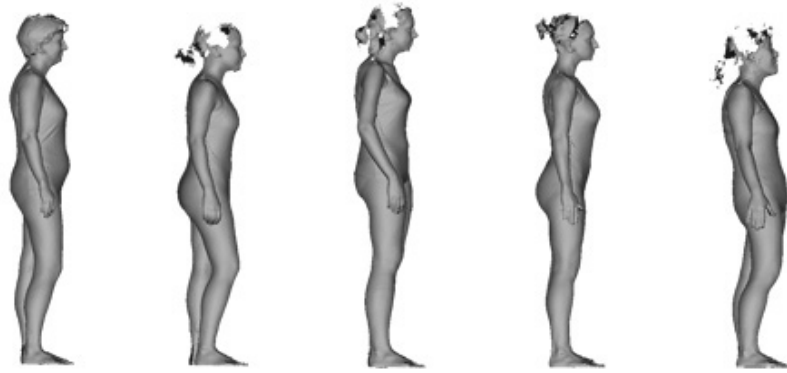


Image courtesy of the Cornell University Department of Textiles and Apparel

Εικόνα 8. Σωματότυποι γυναικών

Έρευνες δείχνουν ότι όσες ασχολούνται με τα βάρη τείνουν να προσεγγίζουν είτε τον τύπο 1 (αν προσέχουν τη διατροφή τους), είτε τον τύπο 4 (εάν δεν υπάρχει η ανάλογη προσοχή στην διατροφή). Οι γυναίκες που ασχολούνται μόνον με το αερόμπικ τείνουν να αναπτύξουν προσαρμογές ανάλογες του τύπου 2. Οι γυναίκες που κάνουν συνδυασμένη προπόνηση βαρών κι αερόμπικ τείνουν να προσαρμοστούν είτε στον τύπο 1 είτε στον τύπο 3. Όσες γυναίκες δεν ασκούνται τακτικά κι εφόσον δεν τους ευνοεί η γενετική τους προδιάθεση, τείνουν να μοιάσουν στον τύπο 5⁽¹⁶¹⁾.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5. ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΜΑΖΑΣ. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΝΔΡΩΝ ΚΑΙ ΓΥΝΑΙΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΜΑΖΑΣ

5.1 Τρόποι Μέτρησης της Μυϊκής Μάζας

Για τον υπολογισμό της σωματικής σύνθεσης και κατ' επέκταση της μυϊκής μάζας των παιδιών, των ενηλίκων και των ηλικιωμένων χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις μέθοδοι· αυτές είναι η μέτρηση των δερματοπτυχών, η ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης (αντίστασης) BIA και η ανθρωπομετρία.

Η μέθοδος της δερματοπτυχής είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό του σωματικού λίπους των παιδιών (6 έως 17 ετών) και της σωματικής πυκνότητας των ενηλίκων (18 έως 60 ετών) για κάθε διαφορετική εθνικότητα. Παρομοίως, η μέθοδος της βιοαντίστασης εξυπηρετεί πολύ για τον υπολογισμό της ελεύθερης από λίπος μάζας στα παιδιά (10 έως 19 ετών), καθώς επίσης και στους Αμερικανούς, τους Ινδιάνους, τους μαύρους, τους Ισπανόφωνους και τους λευκούς ενηλίκους. Οι ανθρωπομετρικές εξισώσεις πρόβλεψης οι οποίες χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό περιφέρειας και διαμέτρου των οστών προτείνονται για ηλικιωμένους (μέχρι 79 ετών), καθώς και για παχύσαρκους άνδρες και γυναίκες.

5.1.1 Μέθοδος Δερματοπτυχών

Η μέθοδος μέτρησης της σωματικής σύνθεσης των δερματοπτυχών (SKF) χρησιμοποιείται ευρέως στον χώρο και στις κλινικές εφαρμογές. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την μέτρηση της σωματικής σύνθεσης των παιδιών και των ενηλίκων. Οι περισσότερες εξισώσεις SKF χρησιμοποιούν δυο ή περισσότερες μετρήσεις SKF.

5.1.1.1 Υποθέσεις και Αρχές

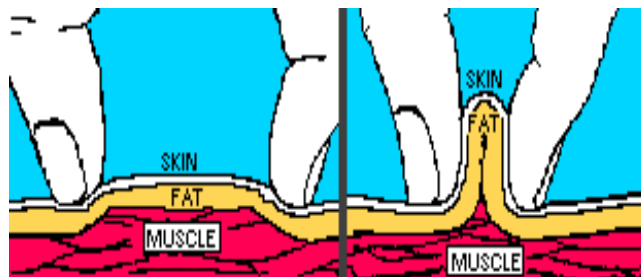
Επειδή η μέθοδος SKF μετρά έμμεσα το πάχος του υποδόριου λιπώδη ιστού, ορισμένες βασικές σχέσεις θεωρούνται⁽¹⁸⁾:

* Η SKF είναι μια καλή μέτρηση του υποδόριου λίπους. Η έρευνα έχει καταδείξει ότι το ποσό του υποδόριου λίπους που αξιολογείται από τις μετρήσεις 12 σημείων με την μέθοδο SKF είναι παρόμοιο με το ποσό που λαμβάνεται από την απεικόνιση μαγνητικής αντήχησης (MRI)⁽²³⁾ (μαγνητική τομογραφία).

* Η κατανομή του λίπους υποδόρια και εσωτερικά είναι παρόμοια για όλα τα άτομα μέσα σε κάθε φύλο. Η ισχύς αυτής της υπόθεσης είναι αμφισβητήσιμη. Τα ηλικιωμένα άτομα του ίδιου φύλου και της ίδιας σωματικής πυκνότητας, έχουν αναλογικά λιγότερο υποδόριο λίπος από ότι

τα νεότερα άτομα του ίδιου φύλου. Επίσης, τα αδύνατα άτομα έχουν ένα μεγαλύτερο ποσοστό εσωτερικού λίπους, και το ποσοστό λίπους που υπάρχει εσωτερικά μειώνεται, καθώς αυξάνεται η γενική σωματική παχυσαρκία⁽²⁰⁾.

* Επειδή υπάρχει μια σχέση μεταξύ του υποδόριου και του συνολικού σωματικού λίπους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το άθροισμα διάφορων δερματοπτυχών για να υπολογιστεί το συνολικό σωματικό λίπος. Η έρευνα έχει καθιερώσει ότι τα πάχη των δερματοπτυχών πολλών σημείων, μετρούν έναν κοινό παράγοντα σωματικού λίπους⁽²¹⁾. Θεωρείται ότι περίπου το ένα τρίτο του συνολικού λίπους βρίσκεται υποδόρια στους άνδρες και τις γυναίκες. Εντούτοις, υπάρχει ιδιαίτερη βιολογική μεταβολή στο υποδόριο, το ενδομυϊκό, το εξωμυϊκό και αυτό που εναποτίθεται στα εσωτερικά όργανα λίπος, καθώς επίσης και στα απαραίτητα λιπαρά οξέα στο μυελό των οστών και το ΚΝΣ. Η βιολογική μεταβολή της κατανομής του λίπους επηρεάζεται από την ηλικία, το φύλο και τον βαθμό παχυσαρκίας⁽²⁰⁾.



Εικόνα 9. Μέθοδος δερματοπτυχής

* Υπάρχει μια σχέση μεταξύ του αθροίσματος των SKFs (ΣSKF) και της σωματικής πυκνότητας (Db). Αυτή η σχέση είναι γραμμική για ομοιογενή δείγματα (εξισώσεις SKF για συγκεκριμένο πληθυσμό) αλλά μη γραμμική για ένα ευρύ φάσμα της σωματικής πυκνότητας (DB) (γενικευμένες εξισώσεις SKF) και για τους άνδρες και για τις γυναίκες. Συνεπώς, χρησιμοποιώντας μια εξίσωση για το κάθε άτομο ξεχωριστά για να υπολογιστεί η Db ενός πελάτη που δεν αντιπροσωπεύει το δείγμα που χρησιμοποιείται αρχικά για να αναπτυχθεί αυτή η εξίσωση, αυτό οδηγεί σε μια ανακριβή εκτίμηση της Db του πελάτη.

* Η ηλικία είναι ανεξάρτητος παράγοντας της Db και για τους άνδρες και για τις γυναίκες. Η χρησιμοποίηση της ηλικίας και του τετραγώνου του αθροίσματος των δερματοπτυχών (ΣSKF²) συμβάλλει περισσότερο στην μεταβλητότητα της Db ενός ετερογενούς πληθυσμού από ότι η χρησιμοποίηση μόνο του τετραγώνου του αθροίσματος των δερματοπτυχών (ΣSKF²)⁽²²⁾.

5.1.1.2 Πηγές λαθών στις μετρήσεις

* Η αξιοπιστία και η συνέπεια των μετρήσεων από τον τεχνικό που κάνει τις μετρήσεις των SKF είναι άλλη μια πηγή λάθους για την συγκεκριμένη μέθοδο. Το λιγότερο δυο μετρήσεις θα πρέπει να γίνονται για την κάθε περιοχή SKF εναλλάξ. Εάν οι δυο τιμές για οποιαδήποτε περιοχή SKF διαφέρουν η μια από την άλλη περισσότερο από $\pm 10\%$, επιπρόσθετα ζευγάρια

μετρήσεων θα πρέπει να ληφθούν μέχρι να ικανοποιηθεί αυτό το κριτήριο. Δυο δοκιμές εντός $\pm 10\%$ η μια από την άλλη υπολογίζονται κατά μέσο όρο και χρησιμοποιούνται στην εξίσωση πρόβλεψης για να υπολογίσουν την Db και το %BF.

* Το επίπεδο ενυδάτωσης του πελάτη ή το οίδημα ίσως έχει επιπτώσεις στις SKF μετρήσεις.

* Αν και οι διαφορές είναι μικρές (1 έως 2 mm) στις SKFs μεταξύ της δεξιάς και της αριστερής πλευράς του σώματος για έναν μέσο άνθρωπο, υπάρχει διαφωνία ως προς το ποια πλευρά θα πρέπει να λαμβάνεται για να γίνονται οι SKFs μετρήσεις. Στις ΗΠΑ, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες κάνουν αυτές τις μετρήσεις στην δεξιά πλευρά του σώματος, όπως συστήνεται από το Ανθρωπομετρικό Τυποποιημένο Εγχειρίδιο Αναφοράς⁽²³⁾. Από την άλλη πλευρά, η γενική πρακτική στην Ευρώπη και τις αναπτυσσόμενες χώρες είναι οι SKFs να μετριώνται από την αριστερή πλευρά του σώματος, όπως συστήνεται από τα Διεθνή Βιολογικά Προγράμματα⁽²⁴⁾.

* Η μέθοδος των SKFs δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για να μετρήσει το σωματικό λίπος των εξαιρετικά παχύσαρκων πελατών.

5.1.1.3 Εξισώσεις πρόβλεψης δερματοπτυχών

Η μέθοδος των SKFs μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει την σωματική σύνθεση των παιδιών και των ενηλίκων διαφορετικών εθνικοτήτων. Κάθε μια από τις συνιστώμενες εξισώσεις του πίνακα 2

Table 2 Skinfold Prediction Equations

SKF sites	Population subgroups	Gender	Age	Equation	Reference
Σ7SKF Chest + abdomen + thigh + triceps + subscapular + suprailiac + midaxilla	Black or Hispanic	Women	18–55	$Db (g/cc)^2 = 1.0970 - 0.00046971 (\Sigma 7SKF) + 0.00000056(\Sigma 7SKF)^2 - 0.00012828(AGE)$	Jackson et al. (37)
	Black	Men	18–61	$Db (g/cc)^2 = 1.1120 - 0.00043499(\Sigma 7SKF) + 0.00000055(\Sigma 7SKF)^2 - 0.0002882(AGE)$	Jackson & Pollock (35)
Σ7SKF Chest + subscapular + thigh + midaxilla	White	Men	34–84	$\%BF^2 = 0.486 (\Sigma 4SKF) - 0.0015 (\Sigma 4SKF)^2 + 0.067 (AGE) - 3.83$	Williams et al. (73)
Σ4SKF Triceps + subscapular + abdomen + calf	White	Women	34–84	$\%BF^2 = 0.428 (\Sigma 4SKF) - 0.0011 (\Sigma 4SKF)^2 + 0.127 (AGE) - 3.01$	Williams et al. (73)
Σ3SKF Triceps + suprailiac + thigh Chest + abdomen + thigh	White or anorexic	Women	18–55	$Db (g/cc)^2 = 1.0994921 - 0.0009929(\Sigma 3SKF) + 0.0000023(\Sigma 3SKF)^2 - 0.0001392 (AGE)$	Jackson et al. (37)
	White	Men	18–61	$Db (g/cc)^2 = 1.109380 - 0.0008267(\Sigma 3SKF) + 0.0000016(\Sigma 3SKF)^2 - 0.0002574(AGE)$	Jackson & Pollock (35)
Σ2SKF Triceps + calf	Black or white	Boys	6–17	$\%BF = 0.735(\Sigma SKF) + 1.0$	Slaughter et al. (65)
	Black or white	Girls	6–17	$\%BF = 0.610(\Sigma SKF) + 5.1$	Slaughter et al. (65)

Πίνακας 2 Δερματοπτυχές

Σημείωση: ΣSKF = σύνολο δερματοπτυχών (mm)

Χρησιμοποιείτε ειδικούς πληθυσμιακούς τύπους μετατροπής για τον υπολογισμό %BF από την Db (σωματική πυκνότητα) (δες Heyward και Stolarczyk, 28). Για ηλικιωμένους αυτές οι εξισώσεις πρέπει να διασταυρωθούν έγκυρα σε πρόσθετα δείγματα από τον πληθυσμό.

5.1.2 Ανάλυση Βιοηλεκτρικής Σύνθετης Αντίστασης

Η ανάλυση βιοηλεκτρικής σύνθετης αντίστασης (BIA) είναι μια γρήγορη, επιδερμική, και σχετικά χαμηλού κόστους μέθοδος για την εκτίμηση της σύνθεσης του σώματος στον

επιστημονικό χώρο. Με αυτή την μέθοδο, χαμηλής έντασης ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από το σώμα των πελατών, και η σύνθετη αντίσταση (Z) ή το αντίθετο της ροής του ρεύματος, μετράται με ένα BIA αναλυτή. Το ολικό σωματικό νερό των ατόμων (TBW) μπορεί να υπολογιστεί από την μέτρηση της σύνθετης αντίστασης επειδή οι ηλεκτρολύτες στο νερό του σώματος είναι τέλειοι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν ο όγκος του TBW είναι μεγάλος, το ρεύμα ρέει εύκολα διαμέσου του σώματος με μειωμένη αντίσταση (R). Η αντίσταση στην ροή του ρεύματος μπορεί να είναι μεγαλύτερη σε άτομα με μεγάλα ποσά σωματικού λίπους, επειδή ο λιπώδης ιστός είναι κακός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος εξαιτίας της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε νερό. Επειδή η περιεκτικότητα σε νερό του άλιπου μέρους του σώματος είναι σχετικά μεγάλη (73% νερό), η ελεύθερη λίπους μάζα (FFM) μπορεί να προβλεφθεί από τους υπολογισμούς του TBW. Τα άτομα με μεγάλη FFM και TBW έχουν μειωμένη αντίσταση στο ρεύμα που ρέει δια μέσου των σωμάτων τους, εν συγκρίσει με αυτά που έχουν μικρότερη άλιπη σωματική μάζα.

5.1.2.1 Υποθέσεις και αρχές

Εφ'όσον ο όγκος της FFM ή του TBW μπορεί να υπολογιστεί έμμεσα από μετρήσεις βιοηλεκτρικής σύνθετης αντίστασης, μπορούν να διατυπωθούν ορισμένες βασικές υποθέσεις όσον αφορά το γεωμετρικό σχήμα του σώματος και την σχέση της σύνθετης αντίστασης με το μήκος και τον όγκο του αγωγού (δηλ. του σώματος)⁽¹⁸⁾:

* Το ανθρώπινο σώμα είναι διαμορφωμένο σαν ένας τέλειος κύλινδρος με ομοιόμορφο μήκος και αντιπροσωπευτικά τμήματα. Σε μια τέτοια περίπτωση η σύνθετη αντίσταση σχετίζεται με το τετράγωνο του ύψους.

Οι βιολογικοί ιστοί ενεργούν ως αγωγοί ή μονωτές, και η ροή του ρεύματος δια μέσου του σώματος ακολουθεί το μονοπάτι της μικρότερης αντίστασης. Δεδομένου ότι το λίπος είναι άνυδρο και κακός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος, η ολική σωματική σύνθετη αντίσταση, μετρημένη στη σταθερή συχνότητα των 50 kHz, αντανακλά κυρίως τους όγκους του νερού και των μυϊκών διαμερισμάτων περιλαμβάνοντας την FFM και τον εξωκυτταρικό όγκο του νερού⁽³⁴⁾.

Εικόνα 10. Συσκευή BIA



* Η σύνθετη αντίσταση Z ουσιαστικά είναι συνάρτηση της αντίστασης R («καθαρή» αντίσταση στη ροή του ρεύματος δια μέσου του σώματος και της X_c , δηλαδή της αντίστασης που ωφείλεται από τις ηλεκτρικά φορτισμένες κυτταρικές μεμβράνες. Συνήθως, η R είναι 10 φορές μεγαλύτερη από την X_c (σε συχνότητα 50kHz) όταν μετρηθεί ολόκληρη η σωματική σύνθετη αντίσταση · επομένως, μόνο η R παρέχει μια ακριβής προσέγγιση της Z . Για αυτόν τον λόγο, ο δείκτης αντίστασης (Ht^2/ R), σε αντίθεση με το Ht^2/ Z , χρησιμοποιείται συχνά σε πολλά μοντέλα BIA για την πρόβλεψη της FFM ή του TBW^(34,35).

5.1.2.2 Πηγές λαθών στις μετρήσεις

* Οι μετρήσεις βιοαντίστασης επηρεάζονται από την κατανάλωση φαγητού ή την αφυδάτωση.

* Τα αποτελέσματα του τεστ βιοαντίστασης επηρεάζονται από τη σωματική άσκηση, για παράδειγμα παρατηρείται μείωση της αντίστασης αμέσως μετά από επίμονη άσκηση.

* τέλος οι μετρήσεις επηρεάζονται από τον έμμηνο κύκλο και συνιστάται να λαμβάνονται κάποια στιγμή κατά την διάρκεια του έμμηνου κύκλου όταν η πελάτης διακρίνει ότι δεν έχει πάρει τα προαναφερόμενα κιλά.

5.1.2.3 Εξισώσεις πρόβλεψης BIA

Table 3 BIA Prediction Equations

Ethnicity	Gender	% BF level (Age)	Equation	Reference
American Indian, Hispanic, or white	Men ^a	<20% (17-62)	$FFM (kg) = 0.00066360(HT^2) - 0.02117(R) + 0.62854(BW) - 0.12380(AGE) + 9.33285$	Segal et al. (63)
		≥20% (17-62)	$FFM (kg) = 0.00088580(HT^2) - 0.02999(R) + 0.42688(BW) - 0.07002(AGE) + 14.52435$	Segal et al. (63)
American Indian, black, Hispanic, or white	Women ^a	<30% (17-62)	$FFM (kg) = 0.000646 (HT^2) - 0.014 (R) + 0.421 (BW) + 10.4$	Segal et al. (63)
		≥30% (17-62)	$FFM (kg) = 0.00091186 (HT^2) - 0.01466 (R) + 0.29990 (BW) - 0.07012 (Age) + 9.37938$	Segal et al. (63)
White	Women	(65-94)	$FFM^b (kg) = 0.28 (HT^2/R) + 0.27 (BW) + 0.31 (Thigh C) - 1.73$	Baumgartner et al. (2)
	Men	(65-94)	$FFM^b (kg) = 0.28 (HT^2/R) + 0.27 (BW) + 0.31 (Thigh C) - 2.768$	Baumgartner et al. (2)
White	Boys and girls	(8-15)	$FFM (kg) = 0.62 (HT^2/R) + 0.21 (BW) + 0.10 (Xc) + 4.2$	Lohman (43)
	Boys and girls	(10-19)	$FFM (kg) = 0.61 (HT^2/R) + 0.25 (BW) + 1.31$	Houtkooper et al. (30)

Πίνακας 3 BIA Εξισώσεις πρόβλεψης

a) Για πελάτες που φαίνονται αδύνατοι, χρησιμοποιήστε τις <20% BF (άνδρες) και <30% BF (γυναίκες) εξισώσεις. Για πελάτες που φαίνονται παχύσαρκοι, χρησιμοποιήστε τις ≥20% BF (άνδρες) και ≥30% BF (γυναίκες) εξισώσεις. Για πελάτες που δεν φαίνονται αδύνατοι ή παχύσαρκοι, υπολογίστε την FFM τους χρησιμοποιώντας και τις εξισώσεις για παχύσαρκους και τις εξισώσεις για αδύνατους και μετά βγάλτε τον μέσο όρο των 2 εκτιμήσεων της FFM (Stolarczyk και άλλοι, 66).b) Για ηλικιωμένους αυτές οι εξισώσεις πρέπει να διασταυρωθούν έγκυρα σε πρόσθετα δείγματα από τον πληθυσμό.

5.1.3 Ανθρωπομετρικές Μέθοδοι

Οι περιφέρειες και οι σκελετικές διαμέτροι μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμήσουν την ολική σωματική και την τοπική σωματική σύνθεση. Επιπροσθέτως, οι ανθρωπομετρικοί δείκτες,

όπως ο δείκτης της σωματικής μάζας (BMI) και ο λόγος της περιφέρειας της μέσης προς το ισχίο, χρησιμοποιούνται για να εντοπιστούν άτομα που διατρέχουν τον κίνδυνο για ασθένεια. Εν συγκρίσει με τις SKF μετρήσεις, αυτές οι ανθρωπομετρικές μέθοδοι είναι σχετικά απλές, χαμηλού κόστους και δεν απαιτούν υψηλό βαθμό τεχνικής ικανότητας και εξάσκησης.

5.1.3.1 Υποθέσεις και Αρχές

Υπάρχουν βασικές αρχές που συνδέονται με την χρήση ανθρωπομετρικών μετρήσεων όπως το BMI, οι περιφέρειες και οι σκελετικές διαμέτροι για να υπολογιστεί η σωματική σύνθεση⁽¹⁸⁾:

* Οι περιφέρειες επηρεάζονται από την λιπώδη μάζα, την μυϊκή μάζα και το σκελετικό μέγεθος · επομένως, αυτές οι μετρήσεις είναι συσχετισμένες με την λιπώδη μάζα και την ισχνή σωματική μάζα.

* Το σκελετικό μέγεθος είναι άμεσα συσχετισμένο με την ισχνή σωματική μάζα.

* Για να υπολογίσουμε το ολικό σωματικό λίπος από τους δείκτες βάρους και ύψους, ο δείκτης θα πρέπει να είναι υψηλά συσχετισμένος με το σωματικό λίπος αλλά ανεξάρτητος του ύψους. Αυτό δεν ισχύει για τα παιδιά και επίσης η σχέση του BMI με το ολικό σωματικό λίπος ποικίλλει με την ηλικία, το γένος και την εθνικότητα^(29,30). Αυτό δημιουργεί μεγάλα σφάλματα πρόβλεψης (> 5% BF) όταν ο BMI χρησιμοποιείται σαν ένας απλός παράγοντας πρόβλεψης της σωματικής παχυσαρκίας⁽²⁷⁾. Έτσι, ο BMI δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της σωματικής παχυσαρκίας των πελατών σας.

5.1.3.2 Πηγές λαθών στις μετρήσεις

* η ταινία μέτρησης (πρέπει να είναι φτιαγμένη από εύκαμπτο υλικό το οποίο δεν τεντώνεται με την χρήση).

* σχετική εμπειρία (Οι ειδικοί συστήνουν την εξάσκηση σε τουλάχιστον 50 ανθρώπους και τη λήψη το ελάχιστο 3 μετρήσεων για κάθε περιοχή εναλλάξ).

* Τα οστικά ανατομικά σημεία προσανατολισμού ίσως να μην είναι εύκολα αναγνωρίσιμα και απτά, οδηγώντας σε λάθος εντόπιση της περιοχής μέτρησης.

5.1.3.3 Ανθρωπομετρικές εξισώσεις πρόβλεψης

Table 4 Circumference and Skeletal Diameter Prediction Equations

Ethnicity	Gender	Age	Equation	Reference
White	Women	15-79	$Db (g/cc)^a = 1.168297 - 0.002824(Abdom C^b) + 0.0000122098(Abdom C^b)^2 - 0.000733128(HIP C) + 0.000510477(HT) - 0.000216161(AGE)$	Tran & Weltman (67)
	Men	18-40	$FFM (kg) = 39.652 + 1.0932(BW) + 0.8370(BI-ILIAC D) + 0.3297(AB_1 C) - 1.0008(AB_2 C) - 0.6478(KNEE C)$	Wilmore & Behnke (75)
White	Obese women	20-60	$\% BF = 0.11077 (Abdom C^b) - 0.17666 (HT) + 0.14354 (BW) + 51.033$	Weltman et al. (71)
	Obese men	24-68	$\% BF = 0.31457 (Abdom C^b) - 0.10969 (BW) + 10.834$	

Πίνακας 4 Εξισώσεις πρόβλεψης περιφέρειας και σκελετικής διαμέτρου

A) Χρησιμοποιήστε ένα συγκεκριμένο πληθυσμιακό τύπο μετατροπής για να υπολογίσετε το % BF από το Db (δείτε Heyward και Stolarczyk, 28).

B) Το Abdom C (cm) είναι ο μέσος όρος της κοιλιακής περιφέρειας μετρημένη σε 2 θέσεις: (1) μπροστά στην μέση, μεταξύ της ξιφοειδούς απόφυσης και του ομφαλού και πλευρικά μεταξύ του χαμηλότερου ορίου του θώρακα και των υπερλαγόνιων ακρολοφιών και (2) στο επίπεδο του ομφαλού

5.2 Διαφορές Μεταξύ Ανδρών και Γυναικών στην Σύσταση του Σώματος και Ιδιαίτερα της Μυϊκής Μάζας

Αναμφισβήτητα υπάρχουν σημαντικές διαφορές συγκρίνοντας άντρες και γυναίκες της ίδιας ηλικίας. Οι γυναίκες είναι, κατά μέσο όρο, κοντότερες και πιο ελαφρές. Ο σκελετός τους επίσης είναι ελαφρύτερος, η μυϊκή μάζα μικρότερη και το ποσοστό σωματικού λίπους σαφώς μεγαλύτερο. Η αναλογία λίπους-μυών είναι μεγαλύτερη στις γυναίκες όπως και η λιπομυϊκή αναλογία δηλαδή η ποσότητα λίπους κατά κιλό μυών. Ο συνδυασμός μεγαλύτερου ποσοστού λίπους, μικρότερης μυϊκής μάζας και ελαφρύτερου σκελετού κάνει τις γυναίκες λιγότερο δυνατές σε απόλυτη μυϊκή δύναμη. Κατά μέσο όρο οι γυναίκες αποτελούνται κατά 25% από

μυϊκό ιστό και οι άντρες κατά 40% ενώ το ποσοστό λίπους των γυναικών κυμαίνεται γύρω στο 20% και των αντρών γύρω στο 15%.

Οι γυναίκες έχουν επίσης μία συγκριτικά πιο ευρεία λεκάνη που δημιουργεί προβλήματα κατά τις κινητικές μετατοπίσεις και ειδικά στο τρέξιμο, επειδή η πιο πλατιά λεκάνη έχει ανάγκη μεγαλύτερης μετατόπισής της για να διατηρήσει το κέντρο βάρους της πάνω από το πόδι στήριξης. Οι μυς "αναγκάζονται" να προσαρμοστούν σε αυτές τις απαιτήσεις με αποτέλεσμα το γυναικείο τρέξιμο να χαρακτηρίζεται από «αντιοικονομικότητα».

Η μυϊκή μάζα, αρχίζει να αυξάνεται στα 6 χρόνια για τα κορίτσια και στα 9,5 για τα αγόρια. Στα αγόρια όμως η αύξηση συνεχίζεται σ' όλη την εφηβεία, ενώ στα κορίτσια σταματά με την εμμηναρχή. Το αποτέλεσμα είναι η μυϊκή μάζα των ανδρών καθώς και η μυϊκή ισχύς τους να είναι διπλάσια των γυναικών. Αντίθετα, η λιπώδης μάζα αυξάνεται στα κορίτσια σ' όλη την εφηβεία και σαν γυναίκες έχουν τελικά περισσότερη λιπώδη μάζα σε σχέση με τους άνδρες. Η αμφοακρωμιακή διάμετρος αυξάνεται στα αγόρια ενώ στα κορίτσια η αύξηση αφορά στην αμφιλαγόνιο (τα αγόρια κάνουν πλάτες, τα κορίτσια μέση)⁽²⁸⁾.

Σε ότι αφορά την μυϊκή υπερτροφία οι διαφορές μεταξύ των φύλων εστιάζονται κυρίως σε ορμονικό επίπεδο και κυρίως στα επίπεδα της τεστοστερόνης, της κυρίας αναβολικής ορμόνης με στόχο το μυϊκό σύστημα. Τα επίπεδα της τεστοστερόνης στις γυναίκες βρίσκονται 10 φορές χαμηλότερα από αυτά των ανδρών. Γενικά έχει αποδειχθεί ότι η μυϊκή μάζα στις γυναίκες, αυξάνεται λιγότερο ακόμα και αν μια γυναίκα ακολουθήσει το ίδιο πρόγραμμα προπόνησης με ένα άνδρα. Το σημαντικό σ' αυτή την περίπτωση είναι ότι συγχρόνως με την αύξηση της μυϊκής μάζας έχουμε και μείωση του ποσοστού λίπους στο σώμα⁽²⁹⁾.

Οι γυναίκες μπορούν να αποδώσουν αποτελεσματικά στις προπονήσεις δύναμης αλλά δεν μπορούν να αναπτύξουν ένα υψηλό επίπεδο μυϊκής υπερτροφίας. Η υπερτροφία των μυϊκών ινών οφείλεται στην αύξηση του αριθμού των μυοϊνιδίων. Με ασκήσεις αντοχής αυξάνεται το μέγεθος των ινών βραδείας συστολής, ενώ με ασκήσεις ισχύος και ταχύτητας το μέγεθος των ινών ταχείας συστολής. Οι άντρες υπερτερούν και στην εκρηκτικότητα, ενώ οι γυναίκες αντιδρούν πιο αργά στα προπονητικά ερεθίσματα. Η προπόνηση εκρηκτικότητας απαιτεί αλτικές ασκήσεις, οι οποίες πρέπει να γίνονται πολύ προσεκτικά από τις γυναίκες. Είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός γυμνασμένου μυϊκού συστήματος, έτσι ώστε η μετάβαση σε δυσκολότερες ασκήσεις να είναι πιο ομαλή. Οι αρθρώσεις της μέσης, των γονάτων και των αστραγάλων είναι πιο ευαίσθητες στις γυναίκες και γι' αυτό απαιτείται καλή τεχνική στις ασκήσεις και προοδευτική αύξηση της επιβάρυνσης. Η ευκαμψία όμως και η ευλυγισία είναι μεγαλύτερη στις γυναίκες. Σε κάθε προπόνηση ο συνολικός όγκος επιβάρυνσης θα πρέπει να είναι μικρότερος για τις γυναίκες και οι επαναλήψεις λιγότερες. Οι γυναίκες θα πρέπει πάντα να προπονούνται

θέτοντας τους δικούς τους ατομικούς στόχους, αποφεύγοντας κάθε σύγκριση με τα προπονητικά προγράμματα και τα αποτελέσματα των αντρών. Εντούτοις τα παραπάνω δεν αποτελούν περιοριστικό παράγοντα για την άσκηση των γυναικών με τα βάρη. Οι μύες των γυναικών έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και τις προσαρμοστικές ικανότητες με των ανδρών. Η διαφορά βρίσκεται στο μέγεθος και τον αριθμό των μυϊκών ινών.

Καμιά έρευνα δεν έχει αποδείξει ότι οι άντρες ή οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερο ποσοστό γρήγορων ή αργών μυϊκών ινών. Πιθανά όμως οι άντρες επιστρατεύουν μεγαλύτερο αριθμό μυϊκών ινών σε κάθε προσπάθεια τους λόγω ίσως και της μεγαλύτερης μυϊκής μάζας τους.

5.3 Σωματική Σύνθεση και Αθλητική Απόδοση

Οι τιμές των ποσοστών του σωματικού λίπους ποικίλουν για τους αθλητές και εξαρτώνται από το φύλο του αθλητή και το ίδιο το άθλημα. Εντούτοις, τα ποσοστά βέλτιστου σωματικού λίπους για ένα μεμονωμένο αθλητή, μπορεί να είναι πολύ υψηλότερα από αυτά τα ελάχιστα, και πρέπει να καθοριστούν σε ατομική βάση. Αθλητές που προσπαθούν να διατηρήσουν ακατάλληλα επίπεδα σωματικού βάρους ή σωματικού λίπους ή που έχουν ποσοστά σωματικού λίπους κάτω των ελαχίστων επιπέδων μπορεί να διατρέξουν κίνδυνο για μια διατροφική διαταραχή ή άλλα προβλήματα υγείας που σχετίζονται με τις φτωχές προσλήψεις σε ενέργεια και διατροφικά στοιχεία^(30,31,32).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα επιθυμητά ποσοστά λίπους στους αθλητές είναι μικρότερα από το γενικότερο πληθυσμό. Πολλές μελέτες έχουν δείξει σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση του αθλητή και το ποσοστό σωματικού λίπους. Όσο υψηλότερο ποσοστό σωματικού λίπους υπάρχει, τόσο φτωχότερη είναι η επίδοση του αθλητή στα περισσότερα αθλήματα ειδικότερα σε εκείνα που απαιτούν μεταφορά στο χώρο.

Τελικά τους ανθρώπους που θέλουν να χάσουν βάρος, τους ασκούμενους αλλά και γενικότερα τους αθλητές θα πρέπει να τους απασχολεί κύρια το ποσοστό της άλιπης μάζας και όχι το σωματικό τους βάρος. Η μεγιστοποίηση της άλιπης μάζας είναι επιθυμητή και ειδικότερα από τους αθλητές που εμπλέκονται σε δραστηριότητες οι οποίες απαιτούν δύναμη, ισχύ και μυϊκή αντοχή. Τα οφέλη από την άσκηση αντίστασης και κατ'επέκταση την αύξηση της ισχνής σωματικής μάζας και της δύναμης είναι πολλά και ποικίλα, όχι μόνο για τους επαγγελματίες αθλητές αλλά και για τον υπόλοιπο πληθυσμό, επηρεάζοντας πολλά συστήματα όπως το καρδιαγγειακό, το ενδοκρινικό και τον συνδετικό ιστό.

ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΛΙΠΟΥΣ ΓΙΑ ΑΝΔΡΕΣ ΚΑΙ ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΘΛΗΜΑΤΑ.		
ΙΔΑΝΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΙΠΟΥΣ		
ΑΘΛΗΜΑ	ΑΝΔΡΕΣ	ΓΥΝΑΙΚΕΣ
Μπείζμπολ	8-14 %	12-18 %
Καλαθοσφαίριση	6-12 %	10-16 %
Body Building	5-8 %	6-12 %
Ποδηλασία	5-11%	8-15 %
Ρυθμική	-	8-16 %
Χόκεϊ	8-16 %	12-18 %
Πατινάζ	6-14 %	8-16 %
Σκι	7-15 %	10-18 %
Ποδόσφαιρο	6-14 %	10-18 %
Κολύμβηση	6-12 %	10-18 %
Τένις	6-14 %	10-20 %
Τρίαθλο	5-12 %	8-15 %
Αντισφαίριση	7-15 %	10-18 %
Άρση Βαρών	5-12 %	10-18 %
Πάλη	5-16 %	-
Αμερ. Ποδόσφαιρο	6-18 %	-

Οι Pollock, Vincent και άλλοι ανέφεραν τα παρακάτω οφέλη μέσω της άσκησης αντίστασης που οφείλονται στην υγεία:

- 1) αύξηση της ισχνης μάζας σώματος, κάτι το οποίο βοηθά στην διατήρηση της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας, στην πρόληψη της παχυσαρκίας αλλά και της σαρκοπενίας.
- 2) αύξηση της δύναμης εμποδίζοντας πτώσεις και τραυματισμούς καθώς κάποιος γηράσκει.
- 3) μείωση του πόνου σε καταστάσεις οσφυαλγίας και συνακόλουθη βελτίωση της κινητικότητας.
- 4) αύξηση της οστικής πυκνότητας βοηθώντας έτσι στην αποφυγή της οστεοπόρωσης, ιδιαίτερα στις γυναίκες.
- 5) βελτίωση στον μεταβολισμό της γλυκόζης και ευαισθησία στην ινσουλίνη, παράγοντες οι οποίοι βοηθούν στην πρόληψη του διαβήτη.
- 6) βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ, όπως αύξηση της HDL χοληστερόλης και μείωση της LDL χοληστερόλης, τα οποία βοηθούν στην πρόληψη της αθηροσκλήρωσης και της στεφανιαίας καρδιακής νόσου.
- 7) βελτίωση της VO_2max περίπου κατά 6%, ενώ όταν συνδυάζεται με αεροβική άσκηση (π.χ. τρέξιμο) μπορεί να επιφέρει ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της VO_2max της τάξεως του 15% και άνω⁽³⁷⁾.
- 8) τόνωση μυϊκών ινών μέσω αργών και ελεγχόμενων κινήσεων, αναστολή της απώλειας μυϊκής μάζας και μείωση της συγκέντρωσης του λίπους κατά την αύξηση της ηλικίας. Τα τελευταία, σε συνδυασμό με τα προηγούμενα οφέλη, έχουν ως συνέπεια την καθυστέρηση του γήρατος^(40,41), και την βελτίωση της ποιότητας ζωής των ηλικιωμένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6. ΟΡΜΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΛΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΟΣ

Η ενδοκρινής ρύθμιση της ισορροπίας μεταξύ του αναβολισμού και του καταβολισμού του σκελετικού μυός έχει ερευνηθεί εκτενώς. Οι παράγοντες που καθορίζουν εάν οι ορμόνες ασκούν αναβολικές ή καταβολικές επιρροές (στο σκελετικό μυ) είναι πολύπλευροι και συχνά ασαφείς. Η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη, η ινσουλίνη και η πρωτεΐνη IGF-1 (insulin-like growth factor 1), έχουν σύνθετες αναβολικές επιδράσεις, μερικές από τις οποίες έχουν πρόσφατα ανακαλυφθεί και είναι σημαντικοί ρυθμιστές της μυϊκής αναδιαμόρφωσης, ενώ αντιθέτως η μυοστατίνη και τα γλυκοκορτικοειδή έχουν άμεσες καταβολικές αντιδράσεις, προκαλώντας την πρωτεϊνική απώλεια των μυών. Επίσης οι επιδράσεις των οιστρογόνων δεν είναι καλά κατανοητές όσον αφορά τον μεταβολισμό του σκελετικού μυός και χρειάζονται περαιτέρω έρευνα. Καταγράφουμε λοιπόν εδώ τις ορμόνες που οδηγούν στον μυϊκό αναβολισμό και καταβολισμό, οι οποίες τελικά υπαγορεύουν την ενδοκρινολογική λειτουργία και τον μεταβολισμό του σκελετικού μυός στους ανθρώπους.

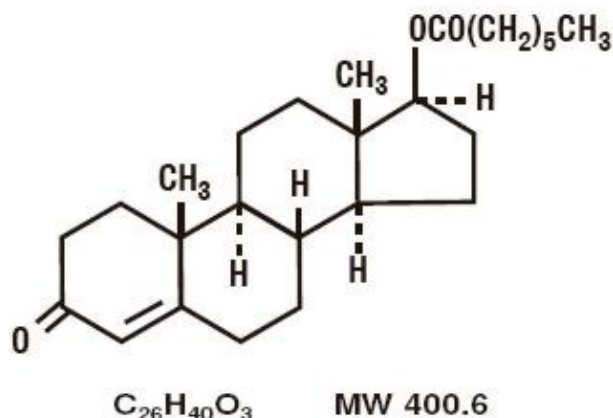
6.1 Αναβολικές Ορμόνες

Οι αναβολικές ορμόνες διεγείρουν την μυϊκή αύξηση στους ανθρώπους αυξάνοντας την πρωτεϊνική σύνθεση, μειώνοντας την πρωτεϊνική διάσπαση ή και τα δυο. Το πώς μια συγκεκριμένη ορμόνη ασκεί την αναβολική της δράση στους μύες εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η ηλικία, το φύλο, η διάρκεια της έκθεσης στα ανδρογόνα, ο παρεχόμενος αριθμός των ανδρογόνων (δηλ. φυσιολογικές έναντι υπερφυσιολογικών δόσεων) και η κλινική κατάσταση του ατόμου (δηλ. υπογοναδισμός, ανεπάρκεια GH, καρκίνος ή τραύμα). Η κατανόηση των *in vivo* δράσεων των ορμονών τόσο σε ολόκληρο τον οργανισμό όσο και σε επίπεδο μυϊκού ιστού έχει ιδιαίτερα αναπτυχθεί εξαιτίας της χρήσης της τεχνολογίας του ισοτοπικού ανιχνεύτη. Επιπλέον, ο προσδιορισμός συγκεκριμένων γονιδίων, υπεύθυνων για την επαγωγή της πρωτεϊνικής σύνθεσης στον ανθρώπινο και ζωϊκό μυ έχει δώσει στους επιστήμονες μια άριστη κατανόηση της βασικής διαδικασίας. Εντούτοις η ορμονική ρύθμιση του μυϊκού πρωτεϊνικού μεταβολισμού διαφέρει μεταξύ των ειδών, και σε μερικές περιπτώσεις έχει εντελώς αντίθετα πρωτεϊνικά μεταβολικά αποτελέσματα στο μυ.

6.1.1 Αναβολικά Ανδρογενή Στεροειδή-Τεστοστερόνη

Τα ανδρογόνα είναι βιολογικά διαφορετικές ορμόνες, απευθυνόμενες σε αναπαραγωγικούς αλλά και μη αναπαραγωγικούς ιστούς, όπως είναι ο σκελετικός μυς. Η κύρια ορμόνη των ανδρογόνων

είναι η τεστοστερόνη ή Δ4-ανδροστενολόνη, η οποία είναι μια στεροειδής ορμόνη [δηλαδή συντίθεται από τη χοληστερόλη (διαδικασία στεροειδογένεσης)] με ανδρογονική και αναβολική δράση. Είναι η κύρια φυλετική ορμόνη στους άνδρες^(38,39).



Εικόνα 11. Χημικός τύπος τεστοστερόνης

Μετά από μία ραγδαία πτώση τις πρώτες μέρες της ζωής, παρατηρείται προοδευτική αύξηση της τεστοστερόνης του αίματος στα αγόρια, που φτάνει στο δεύτερο και τρίτο μήνα σε επίπεδα που αντιστοιχούν στο ½ των επιπέδων του ενήλικα. Το γεγονός αυτό φανερώνει έντονη δραστηριότητα της εκκριτικής ικανότητας του όρχη, ενώ η αιτία καθώς και ο μηχανισμός αυτής της απότομης αύξησης παραμένουν άγνωστοι. Μετά τον τρίτο μήνα η τεστοστερόνη μειώνεται και στον έκτο μήνα φθάνει στα επίπεδα των κοριτσιών. Από το πρώτο έως το έκτο έτος ζωής παρατηρείται η χαμηλότερη έκκριση ορμονικών και επινεφριδιακών ανδρογόνων (0,2 ng/ml). Από το έβδομο έως δωδέκατο έτος ζωής, οπότε και αρχίζει η εφηβεία, σημειώνεται αύξηση της στάθμης των επινεφριδιακών ανδρογόνων DHEA και DHEA-S, που σχεδόν δεκαπλασιάζονται. Η τεστοστερόνη και η Δ4Α αυξάνουν με βραδύτερο ρυθμό. Η προέλευση των ορμονών αυτών, κατά την περίοδο αυτή, θα πρέπει να είναι εξωορχική και να οφείλεται σε επινεφριδιακή έκκριση της Δ4Α και περιφερική της τεστοστερόνης. Η έναρξη αυτή της ανδρογονικής έκκρισης των επινεφριδίων ονομάστηκε “επινεφριδιακή ήβη” ή “αδρεναρχή”. Λίγο πριν την έναρξη της ήβης παρατηρείται αύξηση της τεστοστερόνης στη διάρκεια της νύχτας, ακολουθώντας τις νυχτερινές εκκριτικές αιχμές της LH (ωχρινοποιητικής ορμόνης). Σύντομα όμως η τεστοστερόνη του αίματος αυξάνεται και στη διάρκεια της ημέρας, φθάνοντας τελικά στα επίπεδα του ενήλικα⁽³⁹⁾.

Εκκρίνεται από τα κύτταρα του Leydig των όρχεων, ως απάντηση στην έκκριση της LH από την υπόφυση. (Στις γυναίκες μικρά ποσά τεστοστερόνης εκκρίνονται από τις ωοθήκες ή παράγονται από μετατροπή των ανδρογόνων των επινεφριδίων σε τεστοστερόνη)^(38,39). Μετά την έκκριση από τα κύτταρα Leydig η τεστοστερόνη ακολουθεί τρεις δρόμους: Το μεγαλύτερο ποσό

εισέρχεται στα τριχοειδή και την κυκλοφορία, ένα μικρό ποσό διαχέεται στα γειτονικά σπερματικά σωληνάρια και εισέρχεται στα κύτταρα Sertoli, ενώ ένα άλλο μικρό ποσό αποχετεύεται με τη λέμφο⁽³⁹⁾. Η τεστοστερόνη μεταφέρεται στο πλάσμα του αίματος συνδεδεμένη με μια μεταφορική πρωτεΐνη, την SHBG (Sex Hormone Binding Globulin) η οποία παράγεται στο ήπαρ. Δραστικό είναι το ελεύθερο κλάσμα της ορμόνης, το οποίο βρίσκεται σε δυναμική ισορροπία με το συνδεδεμένο. Κάθε μόριο SHBG έχει μία μόνο δεσμευτική θέση για ένα μόριο τεστοστερόνης. Η τεστοστερόνη δεσμεύεται ισχυρά και σε ποσοστό 45-50% με την SHBG, στο δε υπόλοιπο ποσοστό με λευκωματίνες. Μόνο το 1-3% της τεστοστερόνης του αίματος παραμένει ελεύθερη και είναι βιολογικά δραστική διότι διέρχεται ελεύθερα τις κυτταρικές μεμβράνες .

Η τεστοστερόνη διέρχεται από το ήπαρ και μεταβολίζεται σε ποσοστό 40-50% σε στεροειδή που έχουν ελάχιστη ή καθόλου ανδρογονική δράση όπως την ανδροστερόνη, την ετιοχολανολόνη, τη Δ4-ανδροστενδιόνη, την οιστραδιόλη και άλλες, εκτός από την διϋδροτεστοστερόνη που είναι 2,5 φορές ισχυρότερο ανδρογόνο από αυτήν.

Η ελεύθερη τεστοστερόνη διέρχεται τις κυτταρικές μεμβράνες και εισέρχεται στα κύτταρα. Στα κύτταρα στόχους η ορμόνη υφίσταται δύο μεταβολές: μετατρέπεται από ένα ένζυμο το οποίο βρίσκεται σε ορισμένους μόνο ιστούς, την 5α-ρεδουκτάση (ή αναγωγή), σε διϋδροξυτεστοστερόνη (DHT), και με τη μορφή της DHT συνδέεται με κυτταροπλασματικό πρωτεϊνικό υποδοχέα. Η αναγωγή της ορμόνης σε αυτή την μορφή αυξάνει τη δραστηριότητα της ορμόνης, αυξάνοντας την ικανότητα σύνδεσής της με τον αντίστοιχο υποδοχέα. Το σύμπλεγμα DHT-υποδοχέας ή το σύμπλεγμα τεστοστερόνη-υποδοχέας, στους ιστούς που δεν υπάρχει 5α-αναγωγή αλλά μόνο υποδοχέας για τεστοστερόνη, διέρχεται κατά ζεύγη την πυρηνική μεμβράνη και συναντά ειδικό αποδέκτη με τον οποίο ενώνεται για να προκαλέσει εκδίπλωση του DNA. Ακολουθεί παραγωγή mRNA το οποίο βγαίνει από τον πυρήνα στο πρωτόπλασμα για να μεταφέρει στα ριβοσώματα το μήνυμα της ορμονικής δράσης^(38,39).

Οι περισσότεροι ευαίσθητοι ιστοί στην ανδρογονική δράση, όπως ο προστάτης, το πέος, το όσχεο, και το δέρμα, έχουν 5α-αναγωγή και σε αυτούς η τεστοστερόνη δε δρα εάν δε μετατραπεί σε DHT. Ο εγκέφαλος, η υπόφυση, οι νεφροί, η επιδιδυμίδα, και οι σπερματοδόχες κύστες δεν έχουν ανάγκη μετατροπής της τεστοστερόνης για να δράσει. Σε περιπτώσεις έλλειψης της 5α-αναγωγής, παρόλο που η τεστοστερόνη είναι φυσιολογική, η ανάπτυξη των γεννητικών οργάνων είναι ατελής. Η συγγενής επίσης έλλειψη του κυτταροπλασματικού υποδοχέα προκαλεί τέλεια έλλειψη αρρενοποίησης και γυναικείο φαινότυπο, που είναι γνωστό σαν σύνδρομο θηλεοποιητικών όρχεων⁽³⁹⁾.

Σε μερικές περιπτώσεις, για την άσκηση της βιολογικής δράσης της ορμόνης είναι απαραίτητη η μετατροπή της σε οιστραδιόλη (αρωματοποίηση), ασκώντας έτσι τη δράση σαν οιστρογόνο. Αυτό παρατηρείται κυρίως στα οστά και το κεντρικό νευρικό σύστημα. Με την μετατροπή της τεστοστερόνης σε οιστραδιόλη στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ασκείται ανασταλτική επίδραση στην έκκριση GnRH από τον υποθάλαμο και την επακόλουθη έκκριση γοναδοτροπινών από την υπόφυση, δημιουργώντας ένα κύκλωμα αρνητικής παλίνδρομης ρύθμισης (feedback)^(38,39).

Η τεστοστερόνη προσδιορίζεται στο αίμα με ραδιοανοσολογική μέθοδο, η οποία μετρά την ολική τεστοστερόνη αίματος. Ο υπολογισμός της ελεύθερης τεστοστερόνης γίνεται έμμεσα, από τη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης και της δεσμευτικής πρωτεΐνης SHBG. Οι τιμές της ολικής τεστοστερόνης εμφανίζουν διακυμάνσεις από άτομο σε άτομο και από μέρα σε μέρα στο ίδιο άτομο. Το εύρος τιμών στα φυσιολογικά άτομα κυμαίνονται από 3,5 έως 12 ng/ml.

Η τεστοστερόνη είναι η ισχυρότερη αναβολική ορμόνη του οργανισμού⁽³⁹⁾. Προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση σε πλήθος ιστών⁽¹⁷¹⁾. Η αυξημένη σύνθεση λευκωμάτων στο μυοσκελετικό σύστημα υπό την επίδραση της τεστοστερόνης, συνεπάγεται αύξηση της λειτουργικότητας και πολλαπλασιασμό των κυττάρων, αυξάνοντας την μυϊκή μάζα και ισχύ και την οστική πυκνότητα και προάγοντας την κατα μήκος αύξηση των οστών. Αυτό γίνεται διεγείροντας τον πολλαπλασιασμό του συζευκτικού χόνδρου με παράλληλη ισχυρότερη οστεοποίηση, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα την ταχύτερη ωρίμανση του οστού. Ωστόσο, η υπερπαραγωγή της κατά την εφηβεία, επιταχύνει τη σύγκλειση των επιφύσεων των οστών, με κατάληξη το χαμηλό τελικό ανάστημα^(38,39). Κατά την εμβρυϊκή ζωή η τεστοστερόνη προκαλεί διαφοροποίηση των γεννητικών οργάνων προς την κατεύθυνση του αρρενος. Εξωγενής χορήγηση τεστοστερόνης στη διάρκεια της περιόδου αυτής της διαφοροποίησης προκαλεί διαφοροποίησή τους προς την ανδρική διαμόρφωση και γέννηση θήλεος με στοιχεία ψευδεμφροδιτισμού⁽³⁹⁾.

Κατά την ήβη προκαλεί την αύξηση των αρρένων γεννητικών οργάνων, του προστάτη και των σπερματοδόχων κύστεων και είναι απαραίτητη στη διαδικασία της σπερματογένεσης αυξάνοντας ταυτόχρονα και τη γενετήσια ορμή (libido).

Δευτερεύουσες δράσεις της ορμόνης είναι η ανδρογεννητική αλωπεκία (φαλάκρα), η λιπαρότητα του δέρματος που οφείλεται στην αυξημένη σμηγματόρροια και η αύξηση του αιματοκρίτη. Το λίπος στον κορμό συσσωρεύεται κατά το ανδρικό πρότυπο (περισσότερο στην κοιλιά και λιγότερο στους γλουτούς). Παράλληλα δρα στην ανάπτυξη της ορμονοεξαρτώμενης τρίχωσης, κατά σειρά εμφάνισης σε εφήβαιο, μασχάλη, κάτω άκρα, κορμό, και πρόσωπο. Επίσης δρα στην ανάπτυξη των ολοκρινών αδένων της μασχάλης και του περινέου, στην πάχυνση και μελάγχρωση της επιδερμίδας, και στη χαρακτηριστική μορφολογία του λάρυγγα, δίνοντας την χαρακτηριστική τραχύτητα της φωνής στους άρρενες^(38,39).

6.1.1.1 Stress, Σωματική Άσκηση και Τεστοστερόνη

Ένα μείζον κομμάτι, από πλευράς φυσιολογίας, της ανθρώπινης αντίδρασης στο στρες, είναι η ενεργοποίηση του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-επινεφρίδια και η έκκριση κορτιζόλης⁽⁶²⁾. Μελέτες σε άτομα σε συνθήκες σωματικού ή ψυχολογικού στρες, έδειξαν σημαντική μείωση των επιπέδων τεστοστερόνης⁽⁴⁰⁾. Υπάρχει μια διάσπαρτη λανθασμένη εντύπωση ότι η άσκηση αυξάνει την παραγωγή τεστοστερόνης. Αντίθετα, η για μεγάλο συνεχόμενο χρονικό διάστημα άσκηση, μειώνει την παραγωγή τεστοστερόνης σε ποσοστό 10% ή και περισσότερο⁽⁴¹⁾. Πολλές έρευνες έχουν δείξει αυξημένα επίπεδα τεστοστερόνης στο αίμα μετά την άσκηση. Όμως αυτό είναι μια προσωρινή και ψεύτικη αύξηση. Γι'αυτό και οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται πάντα πρωί. Μεγάλη έκκριση τεστοστερόνης συμβαίνει κατά την διάρκεια του ύπνου και τα επίπεδα στο αίμα φτάνουν σε μέγιστο βαθμό κατά τις πρώτες πρωινές ώρες. Κατά την διάρκεια της ημέρας τα επίπεδα μειώνονται και το βράδυ το ποσοστό της μείωσης μπορεί να φτάσει και το 25%⁽⁴²⁾. Οι επαγγελματίες αθλητές είχαν το 60-85% της τεστοστερόνης που είχαν οι αντίστοιχοι μη-αθλητές. Οι συγκεντρώσεις των LH και FSH δεν βρέθηκαν επηρεασμένες στα αθλούμενα άτομα, ακόμα και σ' αυτά που βρέθηκαν ιδιαίτερα μειωμένες τιμές τεστοστερόνης. Υποστηρίχθηκε η άποψη ότι η σωματική άσκηση και η τεστοστερόνη δεν συνδέονται αιτιακά, και ότι η μείωση της τεστοστερόνης οφείλεται σε μεταβολικά αίτια άλλων συστημάτων, όπως ήπαρ και μυοσκελετικό^(43,44).

6.2 Αυξητική Ορμόνη και IGF-1 Παράγοντας (Σωματομεδίνη)

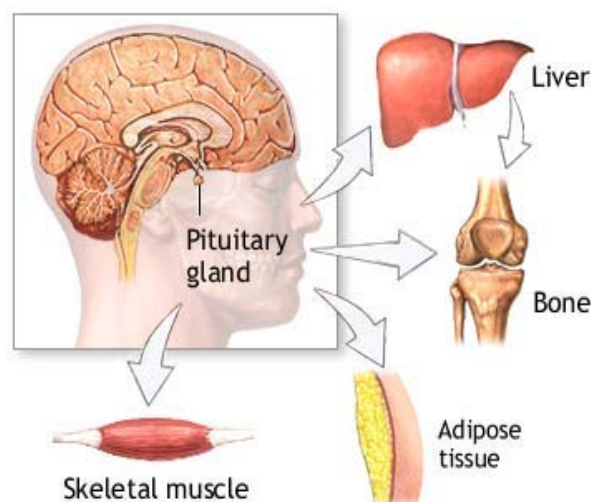
Η αυξητική ή σωματοτρόπος ορμόνη (GH, Growth Hormone) είναι μια ορμόνη που εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης. Έχει αναβολική δράση και προάγει την ανάπτυξη του σώματος. Είναι μια πεπτιδική ορμόνη, με δομικές ομοιότητες με την προλακτίνη και τη γαλακτογόνο πλακουντιακή ορμόνη⁽³⁸⁾.

Η έκκριση της βρίσκεται κάτω από τον έλεγχο του υποθαλάμου. Τα υποθαλαμικά νευρικά κύτταρα παράγουν δύο ορμόνες, που ελέγχουν την έκκριση της αυξητικής ορμόνης. Οι ορμόνες αυτές μεταφέρονται μέσω του πυλαίου αγγειακού συστήματος στον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης, όπου ελέγχουν τη λειτουργία του. Η μια ορμόνη ονομάζεται σωματοεκλυτίνη (GHRH, Growth Hormone Releasing Hormone, ορμόνη εκλυτική της έκκρισης GH) και επάγει την έκκριση GH από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης. Η έκκρισή της δεν είναι συνεχής, αλλά γίνεται κατά κύμματα (picks), οι οποίες προκαλούν αντίστοιχα picks στην έκκριση της αυξητικής ορμόνης. Λόγω των εκκριτικών αυτών picks, η συγκέντρωση της GH στο αίμα παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου και η μέτρησή της έχει μικρή, σχετικά, αξία. Η έκκριση GHRH είναι εντονότερη κατά τις πρώτες ώρες του ύπνου.

Η άλλη ορμόνη ονομάζεται σωματοστατίνη και έχει ανασταλτική επίδραση στην έκκριση αυξητικής ορμόνης από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης. Σημειώνεται ότι η σωματοστατίνη δεν παράγεται μόνο από τον υποθάλαμο. Τα κύτταρα D του παγκρέατος εκκρίνουν επίσης σωματοστατίνη, που ασκεί ανασταλτική επίδραση στην έκκριση πολλών γαστρεντερικών ορμονών .

Η αυξητική ορμόνη ασκεί άμεσες επιδράσεις στα όργανα στόχους, αλλά και έμμεσες μέσω των σωματομεδινών. Οι σωματομεδίνες είναι ουσίες, η έκκριση των οποίων επάγεται από την αυξητική ορμόνη. Η κυριότερη από αυτές ονομάζεται σωματομεδίνη C ή IGF-I (αυξητικός παράγοντας τύπου ινσουλίνης, insulin like growth factor) και παράγεται από το ήπαρ με την επίδραση της αυξητικής ορμόνης, όπως θα αναφερθεί και στην συνέχεια του κεφαλαίου .

Η αυξητική ορμόνη είναι μια ουσία με εντονότατη αναβολική δράση στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών. Επάγει την πρωτεϊνσύνθεση σε πλήθος ιστών, όπως στους μυς, τα ερυθρά αιμοσφαίρια, το συκώτι και το δέρμα. Αυτό το επιτυγχάνει διευκολύνοντας, κυρίως, την είσοδο των αμινοξέων μέσα στα κύτταρα. Με τη δράση της αυξητικής ορμόνης στο συζευκτικό χόνδρο των οστών, προάγεται η κατά μήκος αύξησή τους. Στο λιπώδη ιστό ευνοεί τη λιπόλυση, ενώ έχει και υπεργλυκαιμική και, καμιά φορά, διαβητογόνο δράση. Στόχος είναι ο εφοδιασμός των οργάνων στόχων (μύες και ήπαρ) με τα απαραίτητα ενεργειακά αποθέματα (λιπαρά οξέα και γλυκόζη) και η ταυτόχρονη εξοικονόμηση των αμινοξέων, που είναι απαραίτητα για τη διεργασία της πρωτεϊνσύνθεσης. Η δράση όμως της αυξητικής ορμόνης στο σκελετικό μυ ή σε διαδικασίες αντιγήρανσης που συχνά αναφέρονται στα μέσα μαζικής ενημέρωσης καθώς και στην ενίσχυση της μυικής δύναμης είναι αμφιλεγόμενη.



ADAM.

Εικόνα 12. Δράση της GH στους ιστούς

Ο IGF-1 έχει αναβολικές ιδιότητες και αναφέρεται ότι διεγείρει προνομιακά την σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών όταν χορηγείται τοπικά⁽⁴⁵⁾. Η έκφραση της IGF-1 ορμόνης συνδέεται με υπερτροφία των σκελετικών μυών, όπως καλύτερα καταδεικνύεται από μελέτες σε ζώα, όπου το IGF-1 γονίδιο είναι εκλεκτικά υπερεκφρασμένο στον σκελετικό μυ⁽⁴⁶⁾. Επιπλέον, ένας μηχανισμός με τον οποίο η IGF-1 ορμόνη προκαλεί υπερτροφία των σκελετικών μυών είναι μέσω της διέγερσης των δορυφορικών κυττάρων που αναδιπλώνονται: δηλαδή με την επιτάχυνση της προόδου της κυτταροδιαίρεσης⁽⁴⁷⁾. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά εναύσματα για την τοπική έκκριση της IGF-1 ορμόνης, συμπεριλαμβανομένων των ανδρογόνων^(63,64), του μηχανικού φορτίου⁽⁴⁸⁾ και της άσκησης⁽⁴⁹⁾. Χρόνια φλεγμονή, όπως υποδεικνύεται από την σύνθεση ιντερλευκίνης-6, πιστεύεται ότι μπορεί να προκαλέσει την απώλεια φυσικής λειτουργίας με την παρεμπόδιση της τοπικής έκκρισης IGF-1 ορμόνης στους σκελετικούς μύες⁽⁶⁵⁾. Η αύξηση της έκφρασης mRNA της IGF-1 ορμόνης στο σκελετικό μυ προκαλείται πιθανώς από την αυξανόμενη μεταγραφή του IGF-1 γονιδίου⁽⁵⁰⁾. Επομένως, όσο περισσότερο κατανοητός γίνεται ο μηχανισμός που ελέγχει την έκκριση της πρωτεΐνης IGF-1 στο σκελετικό μυ και οι μηχανισμοί με τους οποίους η IGF-1 υποκινεί την υπερτροφία των μυών, βελτιωμένα παραδείγματα χορήγησης rhGH ή πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν την GH σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, θα μπορούσαν να κάνουν την GH μια σημαντική αναβολική ορμόνη για την λειτουργία των σκελετικών μυών.

6.3 Ινσουλίνη

Η ινσουλίνη είναι μια ορμόνη που παράγεται από τα β-κύτταρα των νησιδίων του Langerhans του παγκρέατος. Συμμετέχει μαζί με τη γλυκαγόνη στη ρύθμιση του σακχάρου (δηλαδή της γλυκόζης) του αίματος. Είναι μια πεπτιδική ορμόνη που συντίθεται αρχικά υπό την μορφή προορμόνης, της προ-ινσουλίνης. Η προ-ινσουλίνη διασπάται προ της έκκρισης και παράγεται η δραστική ινσουλίνη και το ανενεργό C-πεπτίδιο⁽³⁸⁾.

Έκτος από τον ρόλο της στην ρύθμιση της γλυκόζης και του μεταβολισμού των λιπαρών οξέων, η ινσουλίνη είναι επίσης και ένας σημαντικός ρυθμιστής του πρωτεϊνικού μεταβολισμού του σκελετικού μυός. Αν και ο ακριβής μηχανισμός της δράσης της έχει συζητηθεί ευρέως, η ινσουλίνη είναι σαφώς ένα ισχυρό αναβολικό ερέθισμα για τον πρωτεϊνικό μυϊκό μεταβολισμό, όταν δίνεται μόνη της^(51,52), σε συνδυασμό με αμινοξέα⁽⁵³⁾ ή και τα δυο^(51,52). Η σημασία της διαθεσιμότητας αμινοξέος καθιερώθηκε από μελέτες που καταδείκνυαν ότι ο συνδυασμός ινσουλίνης και αμινοξέων ήταν ευεργετικότερος σε σχέση με το καθένα από τα άλλα ερεθίσματα μόνο του (μόνο ινσουλίνη ή μόνο αμινοξέα)^(54,55). Η Δ.Ο.Ε έχει απαγορεύσει την χρήση ινσουλίνης ως μέσω για την αύξηση της αθλητικής απόδοσης. Η ινσουλίνη μπορεί να αποτελέσει παράγοντα αύξησης της αθλητικής απόδοσης με τους εξής τρόπους:

- Διευκολύνοντας την είσοδο της γλυκόζης στα κύτταρα, σε ποσά μεγαλύτερα από αυτά που απαιτούνται για την κυτταρική αναπνοή, διεγείρεται ο σχηματισμός γλυκογόνου.
- Διαμέσου της χρήσης παρόμοιων σκευασμάτων ινσουλίνης, προαγωνιστικά ή κατά τη διάρκεια της προπόνησης, είναι δυνατό να βελτιωθεί η αντοχή του αθλητή και η ικανότητα ανάνηψης μετά τον αγώνα.
- Απ' ότι είναι γνωστό οι body builders και οι αρσιβαρίστες κάνουν συχνές ενέσεις ινσουλίνης βραχείας δράσης σε συνδυασμό με μια δίαιτα υψηλή σε υδατάνθρακες. Μέσω αυτής της αγωγής, είναι πολύ πιθανό να αυξάνεται ο μυϊκός όγκος και η απόδοση λόγω αναστολής του καταβολισμού των μυϊκών πρωτεϊνών. Πράγματι τα σημερινά δεδομένα δείχνουν ότι η ινσουλίνη δεν διεγείρει άμεσα την πρωτεϊνοσύνθεση⁽⁵⁶⁾.

Οι μελλοντικές μελέτες με ινσουλίνη πρέπει να επικεντρωθούν στο να δημιουργήσουν μοριακά μονοπάτια που είναι αρμόδια για την δράση της ινσουλίνης στο σκελετικό μυ· εκτός από τον ρόλο της ινσουλινοαντίστασης στον μυϊκό πρωτεϊνικό μεταβολισμό.

6.4 Οιστρογόνα και Σκελετικός Μυς

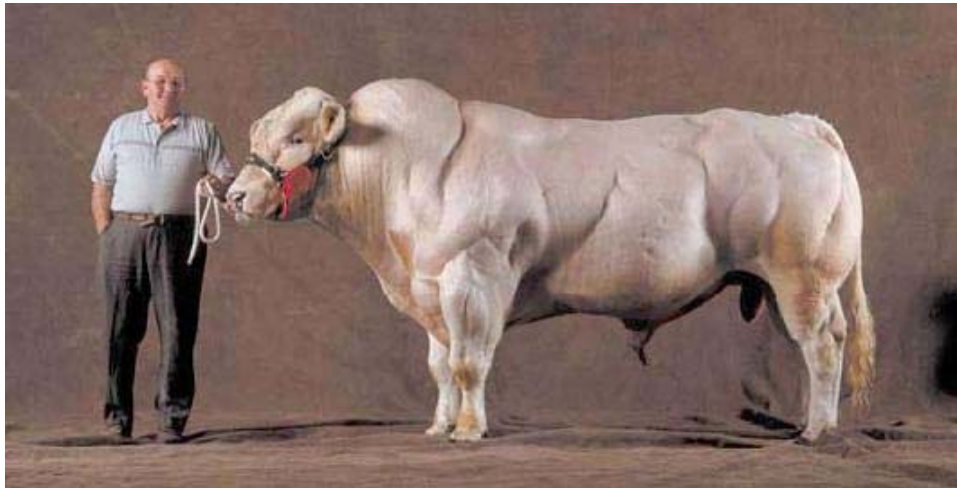
Η έκφραση του α-υποδοχέα οιστρογόνων έχει καταδειχτεί στον σκελετικό μυ. Οι μελέτες που αξιολογούν την δύναμη των μυών και την θεραπεία αντικατάστασης ορμονών (HRT) είναι διαφορούμενες. Μερικές παρουσιάζουν μια βελτίωση στη δύναμη, ενώ άλλες όχι, όπως πρόσφατα έχει δημοσιευθεί⁽⁶⁶⁾. Δεδομένου ότι υπάρχει μόνο μια περιορισμένη κατανόηση των μηχανισμών των ενεργειών του οιστρογόνου στο σκελετικό μυ, αυτό δεν πρέπει να αποκλειστεί από την περαιτέρω μελέτη.

6.5 Καταβολικές Ορμόνες

6.5.1 Μυοστατίνη και Σκελετικός Μυς

Η μυοστατίνη δεν σχετίζεται με την υπερτροφία του σκελετικού μυός σε αντίθεση με την IGF-1 ορμόνη που σχετίζεται όπως προαναφέρθηκε παραπάνω. Αν και ο βασικός μηχανισμός της μυοστατίνης (που ονομάζεται επίσης και αυξητικός παράγοντας διαφοροποίησης 8) είναι η παρεμπόδιση του πολλαπλασιασμού και της διαφοροποίησης του μυοβλάστη^(57,58), η λειτουργία της είναι πολύπλοκη επειδή σχετίζεται με πολλαπλές πρωτεΐνες που μπορούν να διεγείρουν και να εμποδίσουν τις ενέργειές της. Η μειωμένη μυϊκή μάζα στους άνδρες που έχουν μολυνθεί με τον ιό του AIDS και στους ηλικιωμένους σχετίζεται με υψηλότερες συγκεντρώσεις στον ορό και ενδομυϊκά, της πρωτεΐνης μυοστατίνης. Οι συγκεντρώσεις του mRNA που κωδικοποιούν την μυοστατίνη είναι μειωμένες στο σκελετικό μυ νέων και ηλικιωμένων ανδρών και γυναικών μετά από έντονη άσκηση αντίστασης⁽⁵⁹⁾. Εντούτοις, η έκφραση του mRNA που κωδικοποιεί την

μυοστατίνη στον σκελετικό μυ των ηλικιωμένων ανδρών δεν διαφέρει από αυτήν που υπάρχει στους νεότερους άνδρες⁽⁶⁰⁾, και χαμηλή δόση χορήγησης GH και τεστοστερόνης στους ηλικιωμένους άνδρες δεν διαφοροποιεί αυτήν την έκφραση⁽⁶¹⁾. Επομένως, υπάρχει ακόμα ένα σημαντικό ποσό γνώσης που μπορεί να αποκτηθεί όσον αφορά τις ενέργειες τις μυοστατίνης και των ανταγωνιστών της στο σκελετικό μυ.



Εικόνα 13. Ταύρος με έλλειψη μυοστατίνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7. ΜΑΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΜΥΪΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ

7.1 Γενικά

Η αμερικάνικη διαιτητική ένωση, οι Καναδοί διαιτολόγοι και το αμερικάνικο κολέγιο της αθλητιατρικής για την σωματική δραστηριότητα, αναφέρουν ότι η αθλητική απόδοση και η αποκατάσταση από την άσκηση ενισχύονται με την βέλτιστη διατροφή. Κατά διαστήματα υψηλής σωματικής δραστηριότητας, οι ανάγκες για ενέργεια και μακροθρεπτικά συστατικά πρέπει να καλύπτονται ώστε να διατηρείται το σωματικό βάρος, να αποκαθίστανται τα αποθέματα γλυκογόνου και να παρέχεται επαρκής πρωτεΐνη για την «χτίσιμο» και την «επισκευή» των μυών. Η πρόσληψη λίπους θα πρέπει να είναι επαρκής ώστε να παρέχει τα απαραίτητα λιπαρά οξέα και τις λιποδιαλυτές βιταμίνες, καθώς επίσης και για να προσφέρει επαρκή ενέργεια για την συντήρηση του βάρους. Συνολικά, οι διατροφές θα πρέπει να παρέχουν μέτρια ποσά ενέργειας από το λίπος (το 20-25% της ενέργειας)· αντίθετα, δεν φαίνεται να υπάρχει κανένα όφελος στην υγεία ή την απόδοση με την κατανάλωση μιας διατροφής που περιέχει λιγότερο από το 15% της ενέργειας σε λίπος. Το σωματικό βάρος και η σύνθεση του σώματος μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην απόδοση της άσκησης αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως μοναδικό κριτήριο για την αθλητική απόδοση· το καθημερινό ζύγισμα αντενδεικνύεται. Καταναλώνοντας επαρκή τρόφιμα και υγρά πριν, κατά την διάρκεια και μετά την άσκηση, μπορεί να βοηθήσουμε στην διατήρηση της γλυκόζης του αίματος κατά την διάρκεια της άσκησης, στην μεγιστοποίηση της απόδοσης της άσκησης και στην βελτίωση του χρόνου αποκατάστασης. Οι αθλητές θα πρέπει να είναι καλά ενυδατωμένοι πριν να αρχίσουν να ασκούνται· θα πρέπει επίσης να πίνουν πολλά υγρά κατά την διάρκεια και μετά από την άσκηση για να ισορροπήσουν τις απώλειες υγρών. Η κατανάλωση αθλητικών ποτών που περιέχουν υδατάνθρακες και ηλεκτρολύτες κατά την διάρκεια της άσκησης παρέχοντας τα καύσιμα για τους μυς βοηθούν στην διατήρηση της γλυκόζης του αίματος και μειώνουν τον κίνδυνο αφυδάτωσης ή υπονατριάμιας.

7.2 Βασικά Στοιχεία

Οι ειδικοί στην αθλητική διατροφή, μπορούν να ρυθμίσουν περαιτέρω αυτές τις γενικές συστάσεις για να προσαρμοστούν στις ατομικές και ιδιαίτερες ανησυχίες των αθλητών σχετικά με την υγεία, τον αθλητισμό, τις θρεπτικές ανάγκες, τις επιλογές των τροφίμων και των στόχων του σωματικού βάρους και της σύνθεσης του σώματος.

Κατά την διάρκεια μεγάλης και έντονης προπόνησης, θα πρέπει να καταναλώνεται επαρκής ενέργεια ώστε να διατηρηθεί το βάρος του σώματος, να μεγιστοποιείται το αποτέλεσμα της

προπόνησης, και να διατηρείται η υγεία. Χαμηλή ενεργειακή πρόσληψη μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια μυϊκής μάζας, σε εμμηνορροϊκή δυσλειτουργία, σε απώλεια ή αποτυχία να αυξηθεί η πυκνότητα των οστών, σε αυξημένο κίνδυνο υπερκόπωσης, τραυματισμού και ασθένειας.

Το βάρος και η σύνθεση του σώματος μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην απόδοση της άσκησης αλλά δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως μόνο κριτήριο για συμμετοχή στον αθλητισμό· το καθημερινό ζύγισμα αντενδεικνύεται. Τα βέλτιστα επίπεδα σωματικού λίπους ποικίλουν ανάλογα με το φύλο, την ηλικία, την κληρονομικότητα του αθλητή καθώς επίσης και το ίδιο το άθλημα. Οι τεχνικές αξιολόγησης του σωματικού λίπους έχουν έμφυτη μεταβλητότητα (δηλ. διαφέρουν η μια από την άλλη), περιορίζονται κατά συνέπεια στην ακρίβεια με την οποία μπορούν να ερμηνευτούν.

Οι υδατάνθρακες (CHO) είναι σημαντικοί στην διατήρηση των επιπέδων της γλυκόζης του αίματος κατά την διάρκεια της άσκησης και για την αντικατάσταση του μυϊκού γλυκογόνου. Επίσης όσον αφορά την αύξηση βάρους μέσω άσκησης αντίστασης, μια διατροφή θα πρέπει να είναι πλούσια σε CHO, πράγμα το οποίο μπορεί να αυξήσει την απελευθέρωση ινσουλίνης, διευκολύνοντας την μεταφορά των αμινοξέων μέσα στον μυ για την προαγωγή της σύνθεσης πρωτεΐνης. Οι CHO περιορίζουν επίσης την χρήση των πρωτεϊνών ως πηγή ενέργειας. Οι συστάσεις για τους αθλητές κυμαίνονται από 6-10 γρ./κιλό ΣΒ/ημέρα. Το ποσό που απαιτείται εξαρτάται από τις συνολικές καθημερινές ενεργειακές δαπάνες του αθλητή, τον τύπο του αθλήματος, το φύλο του αθλητή και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Οι πρωτεϊνικές απαιτήσεις είναι ελαφρώς αυξημένες ιδιαίτερα στους ενεργούς ανθρώπους. Οι πρωτεϊνικές συστάσεις για τους αθλητές αντοχής είναι 1,2-1,4 γρ/κιλό ΣΒ/ημέρα, ενώ για τους αθλητές δύναμης και αντίστασης μπορεί να είναι υψηλότερες, δηλ. 1,6-1,7 (άλλοι επιστήμονες ισχυρίζονται ότι οι αθλητές αντίστασης θα πρέπει να λαμβάνουν 1,8 γρ/κιλό ΣΒ/ημέρα. Η άποψη αυτή βέβαια δεν στηρίζεται από τους περισσότερους επιστήμονες⁽⁶⁷⁾). Αυτές οι πρωτεϊνικές προσλήψεις που συστήνονται, μπορούν γενικά να καλυφθούν μόνο μέσω της διατροφής, χωρίς την χρήση συμπληρώματος αμινοξέων ή πρωτεΐνης αν η ενεργειακή πρόσληψη είναι επαρκής ώστε να διατηρήσει το βάρος του σώματος.

Η πρόσληψη λίπους δεν πρέπει να περιοριστεί, επειδή δεν υπάρχει όφελος στην απόδοση με την κατανάλωση μιας διατροφής με λιγότερο από 15% της ενέργειας από το λίπος. Το λίπος είναι σημαντικό στις διατροφές των αθλητών δεδομένου ότι αυτό παρέχει την ενέργεια, τις λιποδιαλυτές βιταμίνες και τα απαραίτητα λιπαρά οξέα. Επιπλέον, δεν υπάρχει καμία επιστημονική βάση στην οποία συστήνονται πλούσιες σε λίπη διατροφές για τους αθλητές.

Οι αθλητές με τον μεγαλύτερο κίνδυνο ανεπάρκειας σε μακροθρεπτικά στοιχεία, είναι εκείνοι που περιορίζουν την ενεργειακή πρόσληψη ή χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές για την απώλεια

βάρους, που αποβάλλουν μια ή περισσότερες ομάδες τροφίμων από την διατροφή τους ή που καταναλώνουν υψηλές σε CHO δίαιτες με χαμηλή περιεκτικότητα μικροθρεπτικών στοιχείων.

Πριν την άσκηση, ένα γεύμα ή σνακ θα πρέπει να παρέχει ικανοποιητικά υγρά για διατήρηση της ενυδάτωσης, να είναι σχετικά χαμηλό σε λίπος και ίνα ώστε να διευκολύνει την γαστρική εκκένωση και να ελαχιστοποιήσει τον γαστρικό κίνδυνο, να είναι σχετικά υψηλό σε CHO για να μεγιστοποιήσει την συντήρηση της γλυκόζης αίματος, να είναι μέτριο σε πρωτεΐνη και να αποτελείται από οικία τρόφιμα ώστε να είναι καλά ανεκτό από τον αθλητή.

Μετά την άσκηση, ο διαιτητικός σκοπός είναι η παροχή επαρκούς ενέργειας και CHO για την αντικατάσταση του μυϊκού γλυκογόνου και την εξασφάλιση της γρήγορης αποκατάστασης. Αν ένας αθλητής έχει μειωμένο γλυκογόνο μετά την άσκηση, μια υδατανθρακική πρόσληψη των 1,5 γρ./κιλό ΣΒ κατά την διάρκεια των πρώτων 30 λεπτών και ξανά (η ίδια ποσότητα CHO) κάθε 2 ώρες για 4 έως 6 ώρες θα είναι επαρκής ώστε να αντικατασταθούν τα αποθέματα γλυκογόνου. Η πρωτεΐνη που καταναλώνεται μετά από την άσκηση παρέχει τα αμινοξέα για το “χτίσιμο” και την επισκευή του μυϊκού ιστού. Επομένως, οι αθλητές θα πρέπει να καταναλώνουν ένα μικτό γεύμα, που θα περιέχει CHO, PRO και FAT, ταχέως μετά από μια επίπονη ανταγωνιστική ή προπονητική περίοδο.

7.3 Απαιτήσεις Μακροθρεπτικών Συστατικών για την Άσκηση

Τα καύσιμα που καίγονται κατά την διάρκεια της άσκησης, εξαρτώνται από την ένταση και την διάρκεια της διενεργηθείσας άσκησης, το φύλο του αθλητή και την προηγούμενη θρεπτική κατάστασή του. Γενικά μια αύξηση στην ένταση μιας άσκησης αυξάνει την συμβολή των CHO στα ενεργειακά αποθέματα που καταναλώνονται⁽⁶⁷⁾. Δεδομένου ότι η διάρκεια της άσκησης συνεχίζεται, η πηγή του CHO μπορεί να μετατοπιστεί από τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου στην κυκλοφορία της γλυκόζης του αίματος, αλλά σε όλες τις περιπτώσεις εάν δεν μπορεί να διατηρηθεί η γλυκόζη του αίματος, η ένταση της διενεργηθείσας άσκησης θα μειωθεί⁽⁶⁸⁾. Η κατανάλωση υδατανθράκων βοηθάει στην αύξηση της ημερησίας θερμιδικής κατανάλωσης, που όπως αναφέρθηκε είναι απαραίτητη για την αύξηση του μυϊκού όγκου. Ακόμα, η πρόσληψη υδατάνθρακα υψηλού γλυκαιμικού δείκτη επιταχύνει την αναπλήρωση του μυϊκού γλυκογόνου που εξαντλήθηκε κατά την διάρκεια της προπόνησης, αυξάνει την συγκέντρωση ινσουλίνης στο αίμα και μειώνει την συγκέντρωση κορτιζόλης (καταβολική ορμόνη). Το λίπος συμβάλλει στα ενεργειακά αποθέματα (που καταναλώνονται)· εντούτοις, η αναλογία της ενέργειας που συνεισφέρεται από το λίπος μειώνεται στις αυξήσεις εντάσεων της άσκησης επειδή αυξάνεται η συμβολή των CHO. Η πρωτεΐνη συμβάλλει στα ενεργειακά αποθέματα (που καταναλώνονται) στην ανάπαυση και κατά την διάρκεια της άσκησης, αλλά σε άτομα που έχουν φάει πιθανόν να

παρέχει λιγότερο από 5% της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Καθώς αυξάνεται η διάρκεια της άσκησης, η πρωτεΐνη μπορεί να συμβάλλει στην διατήρηση της γλυκόζης του αίματος μέσω της νεογλυκογένεσης στο συκώτι. Αν και υψηλή διατροφή σε CHO (μεγαλύτερη από το 60% της ενεργειακής πρόσληψης) έχει υποστηριχθεί στο παρελθόν, η χρήση των αναλογιών (ποσοστά συγκεκριμένων μακροθρεπτικών στοιχείων) στην υποβολή διαιτητικών συστάσεων μπορεί να είναι πραγματικά παραπλανητική από την άποψη της παροχής βέλτιστης διατροφής. Όταν η ενεργειακή πρόσληψη είναι 4000 έως 5000 kcals /ημέρα, ακόμα και μια διατροφή που περιέχει το 50% της ενέργειας από τους CHO, θα παρέχει 500 έως 600 γρ. CHO (ή περίπου 7 έως 8 γρ./kg για έναν αθλητή 70 kg), το οποίο ποσό είναι επαρκές για να διατηρηθούν τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου από την καθημερινή προπόνηση. Ομοίως, εάν η πρωτεϊνική πρόσληψη μέσα σε μια τέτοια διατροφή ήταν ακόμα και τόσο χαμηλή, όπως το 10% της ενεργειακής πρόσληψης, η απόλυτη πρωτεϊνική πρόσληψη (100 με 125 γρ. /ημέρα) θα υπερέβαινε τις συστάσεις για την πρωτεϊνική πρόσληψη των αθλητών (1,2 έως 1,7 γρ./ ημέρα ή 84 έως 119 γρ. σε έναν αθλητή 70 κιλών). Αντιθέτως όταν η ενεργειακή πρόσληψη είναι μικρότερη από 2000 kcals/ημέρα, ακόμα και μια διατροφή που παρέχει το 60% της ενέργειας από τους CHO μπορεί να μην παρέχει επαρκή ποσότητα CHO για να διατηρήσει τα βέλτιστα αποθέματα CHO (4 έως 5γρ./ kg σε έναν αθλητή 60 κιλών). Συνήθως, οι διατροφές που περιέχουν το 20-25% της ενέργειας από το λίπος έχουν συσταθεί για να διευκολύνουν την επαρκή πρόσληψη CHO και για να βοηθήσουν στην διαχείριση βάρους όπου είναι απαραίτητο. Συνεπώς, συγκεκριμένες συστάσεις για τα ατομικά ενεργειακά συστατικά μπορεί να είναι πιο χρήσιμες όταν βασίζονται στους στόχους για το μέγεθος του σώματος, το βάρος και την σωματική σύνθεση, το άθλημα που εκτελείται και το φύλο του αθλητή.

Οι πρωτεϊνικές ανάγκες των αθλητών έχουν γίνει αντικείμενο ιδιαίτερης έρευνας όχι μόνο όσον αφορά εάν οι πρωτεϊνικές απαιτήσεις των αθλητών αυξάνονται, αλλά και σε σχέση με το εάν τα μεμονωμένα αμινοξέα έχουν ένα όφελος στην απόδοση. Εάν οι πρωτεϊνικές ανάγκες είναι αυξημένες, το μέγεθος της μυϊκής αύξησης μπορεί να εξαρτηθεί από τον τύπο της διενεργηθείσας άσκησης (αντοχή έναντι αντίστασης), την ένταση και την διάρκεια της δραστηριότητας, και ενδεχομένως το φύλο των συμμετεχόντων. Για τους αθλητές αντοχής, μελέτες ισοζυγίου αζώτου στους άνδρες συνιστούν μια πρωτεϊνική πρόσληψη 1,2 γρ./κιλό ΣΒ/ημέρα⁽⁶⁷⁾. Η άσκηση αντίστασης πιστεύεται ότι αυξάνει τις πρωτεϊνικές απαιτήσεις ακόμα περισσότερο από την άσκηση αντοχής, και έχει συσταθεί οι έμπειροι αθλητές άνδρες σωματοδομής και οι αθλητές δύναμης να καταναλώνουν 1,6 έως 1,7 γρ./κιλό ΣΒ/ημέρα ώστε να επιτρέπεται η συσσώρευση και συντήρηση της μυϊκής μάζας^(69,67). Στοιχεία όσον αφορά τις αθλήτριες δύναμης δεν είναι διαθέσιμα. Οι αθλητές θα πρέπει να γνωρίζουν ότι αυξάνοντας την πρωτεϊνική πρόσληψη πέρα από το συνιστώμενο επίπεδο είναι απίθανο να οδηγηθούν στις

πρόσθετες αυξήσεις του μυϊκής μάζας, επειδή υπάρχει ένα όριο στο ποσοστό του πρωτεϊνικού ιστού που μπορεί να αυξηθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συνηθισμένες διατροφές των περισσότερων αθλητών παρέχουν ικανοποιητική πρωτεΐνη για να καλύψουν ακόμα και τα αυξανόμενα ποσά που μπορούν να απαιτηθούν.

Το λίπος είναι απαραίτητο συστατικό μιας φυσιολογικής διατροφής, παρέχοντας ενέργεια και απαραίτητα στοιχεία των κυτταρικών μεμβρανών και σχετικές θρεπτικές ουσίες όπως οι βιτ. Ε, Α και D. Εντούτοις, τα μακροπρόθεσμα αρνητικά αποτελέσματα των πλούσιων σε λίπη διατροφών στην υγεία είναι ευρέως γνωστά. Οι διαιτητικές οδηγίες για τους Αμερικανούς και οι διατροφικές συστάσεις των Καναδών αναφέρουν συγκεκριμένα ποσοστά ενέργειας από τα λιπαρά οξέα (10% κορεσμένα, 10% μονοακόρεστα και 10% πολυακόρεστα της ολικής ενέργειας)⁽⁶⁷⁾. Οι αθλητές θα πρέπει να ακολουθήσουν αυτές τις γενικές συστάσεις και θα πρέπει να εξασφαλίσουν επίσης ότι οι προσλήψεις τους σε λίπος δεν είναι υπερβολικά χαμηλές. Τέλος, οι θερμίδες και τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνονται από την τροφή πρέπει να κατανέμονται σε πολλά μικρά γεύματα (5 με 6) έτσι ώστε να μην μένει ο οργανισμός χωρίς ενέργεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να διατηρείται η ορμονική ισορροπία. Με αυτόν τον τρόπο οι θερμίδες και τα θρεπτικά συστατικά αφομοιώνονται καλύτερα ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι έτσι, με τα μικρά δηλαδή γεύματα, μειώνεται η συγκέντρωση του λίπους ενώ αυξάνεται η άλιπη σωματική μάζα^(70,71,72).

7.4 Ο Μεταβολισμός της Πρωτεΐνης Ολόκληρου του Σώματος

Οι αποκρίσεις της πρωτεϊνικής σύνθεσης και της πρωτεϊνικής βλάβης έχουν αναφερθεί να διαρκούν από μερικά λεπτά έως και μερικές μέρες μετά την άσκηση. Από την στιγμή που η άσκηση γενικά διαρκεί μόνο ένα σχετικό μικρό χρονικό διάστημα (από μερικά λεπτά έως 3-4 ώρες), μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι μετά την άσκηση αποκρίσεις μπορούν να είναι βασικά πιο σημαντικές στην καθ' ολοκληρίαν κατάσταση του πρωτεϊνικού μεταβολισμού από τις αλλαγές που σημειώνονται κατά την διάρκεια της άσκησης.

7.4.1 Κατά την Διάρκεια της Άσκησης

Δεν φαίνεται να υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ερευνών οι οποίες εξέτασαν τις ανταποκρίσεις του πρωτεϊνικού μεταβολισμού σε ολόκληρο το σώμα κατά την διάρκεια και μετά από την άσκηση. Η αναλογία εμφάνισης της λευκίνης στα αποθέματα στο πλάσμα, όπως βρέθηκε από την έγχυση ισοτοπικά χαρακτηριζόμενης λευκίνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της βλάβης πρωτεϊνών ολόκληρου του σώματος. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι ο καταβολισμός των πρωτεϊνών ολόκληρου του σώματος, όπως φαίνεται από την απεικόνιση της λευκίνης που

είναι αυξημένη κατά την διάρκεια άσκησης αντοχής στους ανθρώπους και στα σκυλιά. Από την άλλη πλευρά, άλλοι βρήκαν ότι πρωτεϊνικός καταβολισμός της πρωτεΐνης παραμένει αμετάβλητος. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις, η οξειδωση της λευκίνης έδειξε να αυξάνεται κατά την διάρκεια της άσκησης έτσι υπάρχει προφανώς ένα πλέγμα αρνητικής ισορροπίας της λευκίνης, το οποίο θα έπρεπε να αντιστοιχεί σε αυξημένο καταβολισμό του πρωτεϊνικού πλέγματος. Η αύξηση του καταβολισμού των πρωτεϊνών ολόκληρου του σώματος προκύπτει πρωτίστως από το έντερο και ίσως από τον μυ⁽⁷³⁾.

7.4.2 Μετά την Άσκηση

Μετά από άσκηση αντοχής, μετρήσεις σε όλο το σώμα δείχνουν ότι ο πρωτεϊνικός καταβολισμός είναι είτε αναλλοίωτος, είτε μειωμένος, σε σχέση με την ξεκούραση. Ακολουθώντας άσκηση αντίστασης, ή τον συνδυασμό άσκησης αντοχής και αντίστασης, η βλάβη των πρωτεϊνών ολόκληρου του σώματος είναι αναλλοίωτη σε σχέση με την ξεκούραση. Ακολουθώντας κυκλική άσκηση, η τιμή οξειδωσης της λευκίνης αναφέρθηκε να είναι λιγότερη από ότι η τιμή κατά την ξεκούραση⁽⁷³⁾. Ωστόσο, ο Fielding και άλλοι (1991) ανέφεραν ότι η πρωτεϊνική αποσύνθεση ολόκληρου του σώματος και η οξειδωση της λευκίνης ήταν αυξημένα για παραπάνω από 10 μέρες ακολουθώντας ένα γύρο εκκεντρικής κυκλικής προπόνησης⁽⁷⁴⁾. Η πρωτεϊνική σύνθεση ολόκληρου του σώματος είχε αναφερθεί να είναι μειωμένη ή αμετάβλητη κατά την διάρκεια άσκησης αντοχής. Ακολουθώντας άσκηση αντοχής, αναφέρθηκε να είναι αυξημένη η πρωτεϊνική σύνθεση, ενώ ακολουθώντας άσκηση αντίστασης η πρωτεϊνική σύνθεση ολόκληρου του σώματος παρέμεινε αναλλοίωτη⁽⁷⁴⁾.

7.5 Συσχέτιση Θερμίδων και Αύξηση Σωματικού Βάρους (Μυϊκής Μάζας) Μέσω Άσκησης Αντίστασης

Το 70% του μυϊκού ιστού αποτελείται από νερό, το 22% είναι πρωτεΐνη και το υπόλοιπο ποσοστό είναι υδατάνθρακες, λίπος και ανόργανα συστατικά. Επειδή το μεγαλύτερο ποσοστό του μυϊκού ιστού είναι νερό, που δεν έχει καμιά θερμιδική αξία, η ολική θερμιδική αξία είναι μόνο περίπου 1500-1800 θερμίδες ανά κιλό μυϊκού ιστού. Ωστόσο, χρειάζεται επιπλέον ενέργεια για την σύνθεση του μυϊκού ιστού. Δεν είναι ακριβώς γνωστό πόσες επιπρόσθετες θερμίδες χρειάζονται για την σύνθεση νέου μυϊκού ιστού, ούτε είναι γνωστό σε ποια μορφή αυτές οι θερμίδες θα πρέπει να καταναλωθούν. Το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των ΗΠΑ σημειώνει ότι χρειάζονται 5 θερμίδες για να υποστηρίξουν την σύνθεση ενός γραμμαρίου ιστού κατά την διάρκεια της ανάπτυξης, ενώ ο Forbes αναφέρει το ποσό 8 θερμίδων ανά γραμμάριο στους ενήλικες. Ένα εύρος 2800-3500 επιπρόσθετων θερμίδων φαίνεται να είναι ένα λογικό ποσό όταν

ο επιθυμητός ρυθμός αύξησης της μυϊκής μάζας είναι περίπου μισό κιλό την εβδομάδα. Περίπου 400-500 θερμίδες πάνω από τις ημερήσιες ανάγκες θα παρέχουν ένα ποσό μέσα στο προτεινόμενο εύρος των 2800-3500 θερμίδων ανά εβδομάδα. Μια πρόσφατη έρευνα από τον Robert Bartels και τους συνεργάτες του στο πανεπιστήμιο της πολιτείας του Οχάιο αποκάλυψε ότι μια προσθήκη 500 θερμίδων ανά ημέρα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση στη μυϊκή μάζα σώματος κατά μισό ($\frac{1}{2}$) περίπου κιλό ανά εβδομάδα κατά την διάρκεια ενός προπονητικού προγράμματος αντίστασης. Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές μια αύξηση βάρους κατά $\frac{1}{4}$ με $\frac{1}{2}$ του κιλού σε μυϊκή μάζα την εβδομάδα είναι ένας λογικός στόχος κατά την διάρκεια των αρχικών σταδίων προπόνησης αντίστασης.

Ο Gilbert Forbes σημειώνει ότι χρειαζόμαστε αρκετά ποσά πρωτεΐνης για να υποστηρίξουμε την αύξηση της μυϊκής μάζας, αλλιώς θα αποκτούσαμε σωματικό λίπος. Με δεδομένο ότι ο μυϊκός ιστός αποτελείται κατά 22% σε πρωτεΐνη, μόλις 100 γραμμάρια περιέχονται σε μισό κιλό μυϊκού ιστού. Αν διαιρέσουμε 100 γρ. δια τις 7 ημέρες θα χρειαζόμαστε περίπου 14 γρ. πρωτεΐνης την ημέρα πάνω από τις φυσιολογικές πρωτεϊνικές ανάγκες. Ωστόσο, η μέση δίαιτα ήδη περιέχει επιπλέον πρωτεΐνη πέρα από το συνιστώμενο ημερήσιο ποσό, έτσι πιθανώς η ανάγκη αυτή καλύπτεται. Τα επιπλέον 14 γρ. πρωτεΐνης μπορούν να ληφθούν σε τέτοια μικρά ποσά τροφής, όπως 2 ποτήρια γάλατος, 2 φέτες τυριού, 2 αυγά ή 2 ισοδύναμα κρέατος, ψαριών ή πουλερικών. Από την άλλη μεριά όμως, μια πρόσφατη ανασκόπηση που αφορούσε την υγιή μυϊκή αύξηση, η Susan Kleiner υποστήριξε ότι η νέα τάση είναι να αποφεύγονται οι δίαιτες με πολύ κρέας, πολύ γάλα ή πολλά λιπαρά και να προτιμώνται οι δίαιτες με υψηλές θερμίδες, πολλούς υδατάνθρακες και με αυξημένες πρωτεΐνες.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διαιτητική πρωτεΐνη σε ποσότητα μεγαλύτερη των αναγκών θα μετατραπεί σε λίπος σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί προπόνηση αντίστασης για να διεγείρει την αύξηση του μυός.

7.6 Πηγή Πρωτεΐνης και Πεπτικότητα

Διαφορετικές πρωτεΐνες αποδίδουν διαφορετικά μοντέλα εμφάνισης των αμινοξέων στην συστηματική κυκλοφορία^(75,76,77). Ειδικότερα, η καζεΐνη είναι αυτή που έχει οριστεί ως «αργή πρωτεΐνη» επειδή οδηγεί σε μια σχετικά αργή διανομή των αμινοξέων στην συστηματική κυκλοφορία⁽⁷⁸⁾. Αντίθετα, η πρωτεΐνη ορού γάλακτος καθώς επίσης και οι περισσότερες άλλες πηγές πρωτεΐνης οδηγούν σε μια σχετικά γρήγορη διανομή αμινοξέων στους περιφερικούς ιστούς. Το γάλα είναι γνωστό ότι «κτίζει» γερά οστά, αλλά μία νέα μελέτη υποδηλώνει ότι είναι σημαντικό και για την απόκτηση γερών μυών – από τους νεαρούς άνδρες, τουλάχιστον. Ερευνητές από το Πανεπιστήμιο ΜακΜάστερ, στο Οντάριο του Καναδά, διαπίστωσαν ότι

νεαροί άνδρες που έκαναν προπόνηση με βάρη και έπιναν και δύο ποτήρια άπαχο αγελαδινό γάλα την ημέρα, απέκτησαν περισσότερη μυϊκή μάζα απ' ό,τι οι συναθλητές τους οι οποίοι έπιναν γάλα σόγιας ή αθλητικά ροφήματα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες. Στην πραγματικότητα, οι εθελοντές που έπιναν αγελαδινό γάλα απέκτησαν κατά μέσον όρο 60% περισσότερη μυϊκή μάζα.

Ο επικεφαλής ερευνητής δρ Στιούαρτ Μ. Φίλιπς δήλωσε ότι, οι πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος περιέχουν αμινοξέα σε ποσότητες και αναλογίες που είναι πιο αποτελεσματικές για την απόκτηση γερών μυών απ' ό,τι οι αντίστοιχες στο γάλα σόγιας. Επιπλέον, οι πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος πέπτονται διαφορετικά από εκείνες του γάλακτος σόγιας, συμπλήρωσε ο δρ. Φίλιπς⁽⁷⁹⁾.

Έχει επίσης αναφερθεί ότι η κατανάλωση γάλακτος (με αναλογία που περιέχει ορό γάλακτος-καζεΐνη περίπου 1/4), οδηγεί επίσης σε ένα χαμηλότερο ρυθμό εμφάνισης αμινοξέων στην περιφερική κυκλοφορία από ότι οι πρωτεΐνες σόγιας^(80,81,82). Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, η επίδραση ενός γρηγορότερου ρυθμού εμφάνισης αμινοξέων από πρωτεΐνη στην μορφή ορού γάλακτος σε αντίθεση με την καζεΐνη είναι ότι ο ορός γάλακτος διεγείρει την οξειδωση των αμινοξέων ολόκληρου του σώματος σε ένα μεγαλύτερο βαθμό από την καζεΐνη. Επιπροσθέτως, ενώ οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος προκαλούν μια μεγαλύτερη αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης ολόκληρου του σώματος από ότι οι πρωτεΐνες καζεΐνης επειδή προκαλούν εξασθένηση στην πρωτεόλυση. Το αποτέλεσμα είναι η μεγαλύτερη κατακράτηση πρωτεΐνης με καζεΐνη παρά με ορό γάλακτος^(76,78,83).

Όταν ο ορός γάλακτος και η καζεΐνη καταναλώνονται στο γάλα και συγκρίνονται με μια ποσότητα πρωτεϊνών σόγιας ίση σε άζωτο, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το γάλα υποστηρίζει μεγαλύτερο πρωτεϊνικό αναβολισμό στους περιφερικούς ιστούς^(80,81,84). Αυτά τα αποτελέσματα φαίνεται ότι οφείλονται σχεδόν αποκλειστικά σε ένα διαφορετικό μοντέλο διανομής αμινοξέων στην περιφερική κυκλοφορία. Καθώς τέτοια αμινοξέα που προέρχονταν από πρωτεΐνη σόγιας πέπτονταν πιο γρήγορα και κατευθύνονταν προς τα μονοπάτια απαμίνωσης και πρωτεϊνοσύνθεσης στο ήπαρ περισσότερο από τα αμινοξέα που προέρχονταν από το γάλα. Σημειωτέον, όταν τα άτομα της μελέτης κατανάλωσαν μια μεγαλύτερη πρωτεϊνική πρόσληψη (2gr. πρωτεΐνης/kg/day) έναντι μιας μικρότερης πρωτεϊνικής πρόσληψης (1gr. πρωτεΐνης/kg/day), βρέθηκε ότι η αποτελεσματικότητα της χρησιμοποίησης πρωτεϊνών γάλακτος, που είναι φυσιολογικά υψηλή⁽⁸⁴⁾, μειώθηκε αλλά και ότι η αποτελεσματικότητα της χρησιμοποίησης πρωτεΐνης σόγιας μειώθηκε σε ένα αρκετά μεγαλύτερο βαθμό⁽⁸⁰⁾. Αυτά τα ευρήματα έχουν ενδιαφέρον υπό το φως των συνήθως υψηλών διατροφικών προσλήψεων πρωτεΐνης που καταναλώνονται από πολλούς αθλητές αντίστασης⁽⁸⁵⁾. Σαφώς απομένει πολύ

έρευνα που πρέπει να γίνει σε αυτόν τον τομέα ώστε να απεικονιστούν οι λειτουργικές συνέπειες της χρησιμοποίησης της βελτιωμένης πρωτεΐνης με γάλα σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες σόγιας.

7.6.1 Συμπερασματικά

Φαίνεται ότι η ιδανική θρεπτική υποστήριξη για την προαγωγή των κερδών άλιπης μάζας με την άσκηση αντίστασης θα αυξήσει τα κέρδη μυϊκής μάζας και ότι οι πρωτεΐνες γάλακτος εμφανίζονται ιδιαίτερα αποτελεσματικές σε σχέση με αυτό. Και η πρωτεΐνη ορού γάλακτος και η καζεΐνη έχουν πρόσφατα αποδειχθεί αποτελεσματικές στην υποστήριξη μίας θετικής ισορροπίας λευκίνης και φαινυλαλανίνης μετά την άσκηση αντίστασης, χωρίς εμφανή διαφορά μεταξύ των δύο πρωτεϊνών⁽⁸⁶⁾. Μένει ακόμη να προσδιοριστεί ποια οξεία επίδραση έχουν αυτές οι δύο πρωτεΐνες πάνω στο ρυθμό σύνθεσης των μυϊκών πρωτεϊνών μετά την άσκηση αντίστασης. Και κυρίως, εάν η μακροπρόθεσμη συμπλήρωση με ορό γάλακτος ή καζεΐνης είναι πιο αποτελεσματική στην αύξηση της μυϊκής μάζας. Αναμφισβήτητα απαιτείται μελλοντική έρευνα ώστε να διαλευκανθεί το πιθανό όφελος του γάλακτος και των μεμονωμένων πρωτεϊνικών συστατικών του στην υποστήριξη του αναβολισμού με την άσκηση αντίστασης.

7.7 Αγωνιστικά Γεύματα

7.7.1 Χρόνος Πρόσληψης

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό σημείο στην στρατηγική για την αύξηση του μυϊκού όγκου είναι ο χρόνος πρόσληψης των θρεπτικών συστατικών (nutrient timing) μετά από μια προπόνηση. Κι αυτό γιατί στα πρώτα 45 περίπου λεπτά μετά το πέρας της άσκησης οι μεταβολικές συνθήκες στον οργανισμό είναι τέτοιες που επιτρέπουν την ταχύτερη αλλά και μεγαλύτερη αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών που θα προσληφθούν. Ακόμα κατά το χρονικό αυτό διάστημα πρέπει να αναστραφεί η καταβολική κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο οργανισμός μετά την προπόνηση κι αυτό μπορεί να γίνει μόνο μέσα από τη διατροφή⁽⁸⁷⁾. Σε καμία άλλη χρονική στιγμή κατά την διάρκεια της ημέρας δεν μπορεί η διατροφή να έχει τόσο δραστικά θετικό ρόλο στο προπονητικό πρόγραμμα όσο σε αυτά τα πρώτα 45 λεπτά⁽⁸⁸⁾.

Ας δούμε όμως τι συνθήκες επικρατούν στο μυϊκό κύτταρο μετά από μια προπόνηση με βάρη: Ο ρυθμός αποδόμησης της μυϊκής πρωτεΐνης είναι αυξημένος. Ταυτόχρονα όμως αυξάνει και ο ρυθμός σύνθεσης νέας μυϊκής πρωτεΐνης. Υπάρχει δηλαδή ένας λόγος σύνθεσης / αποδόμησης μυϊκής πρωτεΐνης με την αποδόμηση να επικρατεί σε περίπτωση που δεν δημιουργηθούν οι κατάλληλες αναβολικές συνθήκες, αν δηλαδή δεν υπάρξει η κατάλληλη διατροφική υποστήριξη⁽⁸⁹⁾.

Πιο συγκεκριμένα, για να υπάρξει σύνθεση μυϊκού ιστού πρέπει: α) να υπάρξει άμεση αύξηση των βασικών αμινοξέων^(90,91) (Βαλίνη, τρυπτοφάνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, μεθειονίνη, λυσίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λυσίνη) στο αίμα. β) να υπάρχει ευνοϊκή ως προς τον αναβολισμό συγκέντρωση ορμονών στο αίμα κυρίως αυξημένη συγκέντρωση ινσουλίνης^(88,90) σε σχέση με την κορτιζόλη. Η ινσουλίνη είναι, σε αυτή τη φάση, η ορμόνη που ενεργοποιεί τον αναβολικό μηχανισμό στα κύτταρα⁽⁸⁸⁾. Αν περάσει αυτό το κρίσιμο διάστημα των 45 λεπτών ο οργανισμός αποκτά αντίσταση στην δράση της ινσουλίνης και η αναβολική διαδικασία μπορεί να είναι και μέχρι 3 φορές μικρότερη. Με πιο απλά λόγια, αν δεν καταναλωθεί άμεσα πρωτεΐνη σε συνδυασμό με υδατάνθρακα, ο μυϊκός όγκος αντί να αυξηθεί θα μειωθεί.

7.7.2 Προαγωνιστικό Γεύμα

Η κατανάλωση πριν την άσκηση, εν αντιθέσει προς την άσκηση που γίνεται με άδειο στομάχι, έχει παρουσιαστεί ότι βελτιώνει την απόδοση. Το γεύμα ή το σνακ που καταναλώνεται πριν από τον αγώνα ή μια έντονη προπόνηση, πρέπει να προετοιμάσει τους αθλητές για την απερχόμενη δραστηριότητα, και να μην αφήσει ούτε πεινασμένο το στομάχι, αλλά ούτε αχώνευτη την τροφή σ' αυτό. Συνεπώς, οι ακόλουθες γενικές οδηγίες για τα γεύματα και τα σνακ πρέπει να χρησιμοποιούνται: ικανοποιητικά ποσά υγρών για να διατηρήσουν την υδάτωση, χαμηλή ποσότητα σε λίπος και ίνες για να διευκολύνει την γαστρική εκκένωση, υψηλό σε CHO για να διατηρήσει την γλυκόζη του αίματος και να μεγιστοποιήσει τα αποθέματα γλυκογόνου, μέτριες ποσότητες PRO, και περιεκτικότητα σε τροφές οικίες για τον αθλητή. Το μέγεθος και ο χρόνος πρόσληψης του γεύματος, είναι αλληλένδετα. Επίσης, δεν πρέπει να καταναλώνονται απλοί CHO πριν την άσκηση προς αποφυγή αντιδραστικής υπογλυκαιμίας. Επειδή οι περισσότεροι αθλητές δεν επιθυμούν να αγωνίζονται μ' ένα γεμάτο στομάχι, τα μικρότερα γεύματα θα πρέπει να καταναλώνονται πιο κοντά χρονικά στο γεγονός (αγώνας ή προπόνηση) για να επιτρέψουν την γαστρική εκκένωση, ενώ τα μεγαλύτερα γεύματα μπορούν να καταναλωθούν εάν είναι διαθέσιμος περισσότερος χρόνος πριν από τη προπόνηση ή τον αγώνα. Τα ποσά των CHO που χρησιμοποιήθηκαν στις μελέτες στις οποίες η απόδοση βελτιώθηκε κυμαίνονται περίπου από 200 έως 300 γρ. για τα γεύματα που καταναλώθηκαν 3 έως 4 ώρες πριν από την άσκηση. Οι συστάσεις σχετικά με την κατανάλωση CHO μέσα σε μια ώρα πριν την δραστηριότητα είναι αμφισβητούμενες. Πρόσφατη έρευνα πρότεινε ότι αυτή η πρακτική οδηγεί στην υπογλυκαιμία και στην πρόωρη κούραση· πιο πρόσφατες έρευνες αναφέρουν ότι η κατανάλωση τροφής 1 ώρα πριν το αθλητικό γεγονός έχει ευεργετική ή καμία επίδραση στην απόδοση. Τα τρέχοντα στοιχεία είναι συγκεκριμένα σχετικά με το εάν ο γλυκαιμικός δείκτης των CHO στα προαγωνιστικά γεύματα έχει επιπτώσεις στην απόδοση. Αν και οι παραπάνω οδηγίες είναι σωστές και λειτουργούν καλά κατά μέσο όρο, θα πρέπει να δίνεται έμφαση στις ιδιαίτερες

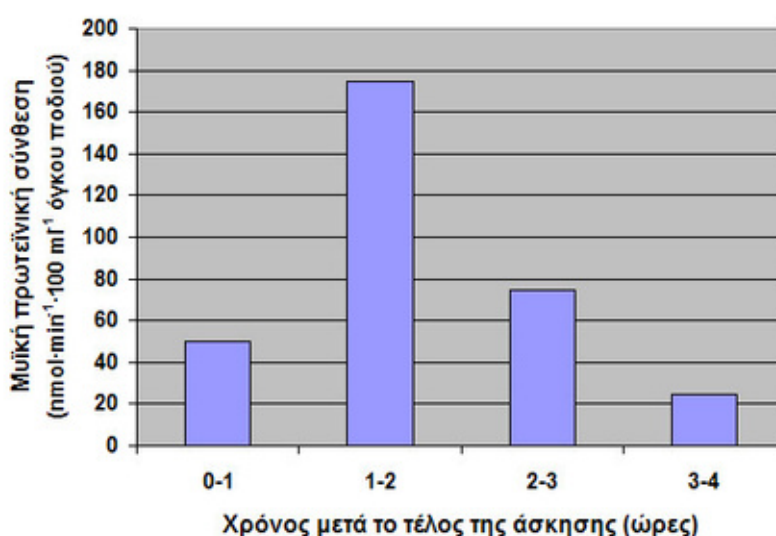
ανάγκες των αθλητών. Παραδείγματος χάριν, ορισμένοι αθλητές καταναλώνουν και απολαμβάνουν ένα χορταστικό γεύμα (π.χ. τηγανίτες, χυμό και ομελέτα) 2 με 4 ώρες πριν την άσκηση ή τον αγώνα· εντούτοις, άλλοι μπορούν να υποστούν σοβαρή γαστροεντερική δυσφορία ακολουθώντας ένα τέτοιο γεύμα και έτσι πρέπει να στηριχθούν στα υγρά γεύματα. Οι αθλητές θα πρέπει πάντα να εξασφαλίζουν ότι γνωρίζουν ποιο είναι το καλύτερο αποτέλεσμα για τον εαυτό τους, με τον πειραματισμό με νέες τροφές και ποτά κατά την διάρκεια προπονήσεων και προνοώντας ώστε να εξασφαλίσουν την πρόσβαση σε αυτά τα τρόφιμα την κατάλληλη στιγμή.

7.7.3 Κατά τη Διάρκεια της Άσκησης (Γεύμα)

Εάν ή όχι η κατανάλωση των CHO στα χαρακτηριστικά ποσά που παρέχονται στα αθλητικά ποτά (4 έως 8%) βελτιώνει την απόδοση στα γεγονότα που διαρκούν 1 ώρα ή λιγότερο, αμφισβητείται. Η τρέχουσα έρευνα υποστηρίζει τώρα το όφελος αυτής της πρακτικής⁽⁶⁷⁾ ιδιαίτερα στους αθλητές που ασκούνται το πρωί μετά από μια ολονύκτια νηστεία, όταν τα επίπεδα του ηπατικού γλυκογόνου είναι χαμηλά. Συνεπώς, παρέχοντας εξωγενή CHO κάτω από αυτές τις συνθήκες θα βοηθούσε να διατηρηθούν τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος σταθερά και θα βελτιώνει την απόδοση. Τα πλεονεκτήματα στην απόδοση στις δραστηριότητες μικρής διάρκειας μπορεί να μην είναι προφανή όταν η άσκηση γίνεται σε κατάσταση μη νηστείας. Για μεγαλύτερης διάρκειας αθλητικά γεγονότα, η κατανάλωση 0,7 γρ. CHO/κιλό ΣΒ/ώρα (περίπου 30 έως 60 γρ./ώρα), αυξάνει την απόδοση αντοχής. Η κατανάλωση CHO κατά την διάρκεια της άσκησης είναι ακόμα σημαντικότερη στις καταστάσεις όπου οι αθλητές δεν έχουν κάνει φόρτιση CHO, δεν έχουν καταναλώσει προαγωνιστικά γεύματα ή έχουν περιορίσει την πρόσληψη ενέργειας για απώλεια βάρους. Η πρόσληψη CHO πρέπει να αρχίσει αμέσως μετά την έναρξη της δραστηριότητας· καταναλώνοντας ένα ποσό CHO σε μια μπουκιά μετά από 2 ώρες άσκησης δεν είναι τόσο αποτελεσματικό όσο είναι το να καταναλώνεις το ίδιο ποσό κάθε 15 με 20 λεπτά κατά την διάρκεια των 2 πρώτων ωρών της δραστηριότητας⁽⁹²⁾. Ο CHO που καταναλώνεται θα πρέπει να παραγάγει πρώτιστα την γλυκόζη· η φρουκτόζη από μόνη της δεν είναι αποτελεσματική και μπορεί να οδηγήσει στη διάρροια, αν και τα μίγματα γλυκόζης και φρουκτόζης φαίνονται να είναι αποτελεσματικά⁽⁶⁷⁾. Εάν λαμβάνεται το ίδιο συνολικό ποσό CHO και υγρών, η μορφή του CHO δεν φαίνεται να έχει σημασία. Ορισμένοι αθλητές μπορεί να προτιμήσουν να χρησιμοποιήσουν ένα αθλητικό ποτό ενώ άλλοι μπορεί να φάνε στερεά τροφή ή ζελέ και να πιούνε νερό. Όπως περιγράφεται και αλλού στο παρόν κείμενο, επαρκής πρόσληψη υγρών είναι επίσης ουσιαστική για την διατήρηση της απόδοσης της αντοχής.

7.7.4 Μεταγωνιστικό Γεύμα

Ο χρόνος και η σύνθεση του γεύματος ή σνάκ μετά τον αγώνα ή την προπόνηση, εξαρτώνται από την διάρκεια και την ένταση της άσκησης(δηλ. εάν εμφανίζεται η μείωση γλυκογόνου), και από το πότε θα γίνει η επόμενη προπόνηση. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι αθλητές θα τελειώσουν έναν μαραθώνιο με μειωμένα αποθέματα γλυκογόνου, ενώ η μείωση του γλυκογόνου, θα ήταν χαρακτηριστικά πολύ λιγότερη μετά από την προπόνηση-άσκηση 90 λεπτών. Εντούτοις, οι περισσότεροι αθλητές που αγωνίζονται σε έναν μαραθώνιο το πρωί, δεν θα κάνουν άλλη μεγάλη κούρσα η σκληρή προπόνηση μέσα στο απόγευμα. Ο χρόνος και η σύνθεση του γεύματος είναι έτσι λιγότερο κρίσιμα γι' αυτούς τους αθλητές. Αντιθέτως, ένας τριαθλητής που τρέχει 90 λεπτά το πρωί, θα πρέπει να μεγιστοποιήσει την αποκατάσταση μεταξύ των περιόδων άσκησης, και το μεταγωνιστικό γεύμα έχει ιδιαίτερη σημασία στην επίτευξη αυτού του στόχου. Ο χρόνος πρόσληψης του μεταγωνιστικού γεύματος έχει επιδράσεις στη σύνθεση γλυκογόνου κατά την διάρκεια μικρού διαστήματος. Η κατανάλωση CHO στην αρχή και αμέσως μετά από την άσκηση (1,5 γρ. CHO/κιλό ΣΒ σε διαστήματα των 2 ωρών συστήνονται συχνά) οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα γλυκογόνου 6 ώρες μετά την άσκηση από όταν η απορρόφηση καθυστερεί για 2 ώρες. Τα υψηλότερα αναφερόμενα ποσά σύνθεσης γλυκογόνου μετά την άσκηση, εμφανίστηκαν σε άτομα που είχαν φάει 0.4 γρ. CHO/κιλό κάθε 15 λεπτά για 4 ώρες μετά τη μείωση του γλυκογόνου από την άσκηση⁽⁶⁷⁾. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό αντιπροσωπεύει ένα πολύ υψηλής ενέργειας φορτίο (σχεδόν 2000 kcals για έναν αθλητή 75 κιλών) που μπορεί να υπερβεί την ενέργεια που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της άσκησης.



Εικόνα 14.Επίδραση του χρόνου κατανάλωσης (timing effect) γεύματος, που λαμβάνεται 1 ώρα μετά από τη άσκηση με βάρη, που περιέχει 6 γρ. απαραίτητων αμινοξέων και 35 γρ .γλυκόζης, στη μυϊκή πρωτεϊνική σύνθεση (Rasmussen et al 2000). Η μυϊκή σύνθεση αυξήθηκε τρεις φορές παραπάνω, μεταξύ των ωρών 0-1 και 1-2.

Οι παραπάνω πρακτικές σχετικά με τον συγχρονισμό της απορρόφησης δεν είναι ανάγκη να υιοθετηθούν από τους αθλητές που παίρνουν μια ή περισσότερες ημέρες άδεια μεταξύ των έντονων περιόδων άσκησης, επειδή όταν παρέχεται ικανοποιητικός CHO κατά την διάρκεια μιας 24ωρης περιόδου, ο χρόνος πρόσληψης δεν εμφανίζεται να έχει επιπτώσεις στο ποσό του γλυκογόνου που αποθηκεύεται. Εντούτοις, η κατανάλωση ενός γεύματος ή ενός σνάκ σε μικρό χρονικό διάστημα μετά το τέλος της άσκησης, μπορεί να είναι σημαντική ώστε να φθάσουν τους καθημερινούς στόχους τους σε CHO και ενέργεια. Ο τύπος του CHO που καταναλώνεται μπορεί επίσης να έχει επιδράσεις στην σύνθεση του γλυκογόνου μετά την άσκηση. Συγκρίνοντας τα απλά σάκχαρα, η γλυκόζη και η σουκρόζη εμφανίζονται εξίσου αποτελεσματικές, όταν καταναλώνονται σε ένα ποσό 1,5 γρ./κιλό ΣΒ για 2 ώρες· η φρουκτόζη από μόνη της είναι λιγότερο αποτελεσματική. Όσον αφορά τα ολόκληρα τρόφιμα, η κατανάλωση CHO με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη, οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου 24 ώρες μετά την άσκηση, συγκρινόμενη με το ίδιο ποσό χορηγούμενων CHO αλλά από τρόφιμα με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη ⁽⁹³⁾. Η χρησιμότητα αυτών των συμπερασμάτων εντούτοις, θα πρέπει να εξετασθεί σε συνδυασμό με τη γενική διατροφή του αθλητή, και πρέπει πιθανώς να διατηρείται για περιπτώσεις όπου η μεγιστοποίηση της σύνθεσης γλυκογόνου είναι σημαντική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

8. ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΜΥΪΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ

8.1 Γενικά

Τα ιχνοστοιχεία παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή της ενέργειας, την σύνθεση της αιμοσφαιρίνης (Hb), την διατήρηση της υγείας των οστών, την επάρκεια της ανοσοποιητικής λειτουργίας και την προστασία των ιστών του σώματος από την οξειδωτική βλάβη (οξειδώσεις). Απαιτούνται επίσης για να βοηθήσουν το "χτίσιμο" και την επισκευή του μυϊκού ιστού μετά από την άσκηση. Θεωρητικά, η άσκηση μπορεί να αυξήσει ή να αλλάξει την ανάγκη για βιταμίνες και ανόργανα άλατα με διάφορους τρόπους. Η άσκηση ενισχύει πολλά από τα μεταβολικά μονοπάτια στα οποία απαιτούνται αυτά τα ιχνοστοιχεία, συνεπώς η άσκηση μπορεί να οδηγήσει στις μυϊκές βιοχημικές προσαρμογές που αυξάνουν τις ανάγκες για ιχνοστοιχεία. Η άσκηση μπορεί επίσης να αυξήσει τον κύκλο εργασιών των ιχνοστοιχείων, αυξάνοντας κατά συνέπεια τις απώλειες ιχνοστοιχείων από το σώμα. Τέλος, υψηλότερες προσλήψεις ιχνοστοιχείων μπορεί να απαιτούνται ώστε να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες για την επισκευή και συντήρηση της ισχνής μυϊκής μάζας στους αθλητές. Υποτίθεται ότι τα τρέχοντα RDAs και οι διαιτητικές προσλήψεις αναφοράς (DRIs) είναι κατάλληλες για τους αθλητές, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά ^(94,95,96). Οι αθλητές που έχουν τον μέγιστο κίνδυνο για κατάσταση ένδειας ιχνοστοιχείων, είναι εκείνοι που περιορίζουν την ενεργειακή πρόσληψη ή χρησιμοποιούν αυστηρές πρακτικές απώλειας βάρους, αποβάλλουν μια ή περισσότερες ομάδες τροφίμων από την διατροφή τους, ή καταναλώνουν πλούσιες σε CHO και φτωχές σε ιχνοστοιχεία διατροφές. Οι αθλητές που παρουσιάζουν αυτούς τους τύπους συμπεριφοράς μπορεί να πρέπει να χρησιμοποιήσουν ένα πολυβιταμινούχο και με ανόργανα άλατα συμπλήρωμα για να βελτιώσουν την γενική κατάσταση των ιχνοστοιχείων. Η συμπλήρωση μόνο με ιχνοστοιχεία δεν ενδείκνυται εκτός αν συντρέχουν καθαρά ιατρικοί, διατροφικοί ή δημόσιας υγείας λόγοι, όπως η συμπλήρωση σιδήρου για να αντιμετωπιστεί η σιδηροπενική ανεπάρκεια ή του φολικού οξέος για να αποτραπούν οι ανωμαλίες διάπλασης.

8.2 Βιταμίνες

Μετά από εκτεταμένη ανασκόπηση των μελετών σχετικά με την διατροφή των αθλητών, η Sarah Short από το πανεπιστήμιο του Syracuse, καθώς και οι Larry Armstrong και Carl Maresh σε μια πρόσφατη ανασκόπηση διαπίστωσαν ότι πολύ σπάνια αναφέρονταν συμπτώματα βιταμινικής έλλειψης ^(97,98). Η πλειοψηφία των αθλητών πιστεύουν ότι τα βιταμινούχα σκευάσματα είναι ουσιαστικής σημασίας για την επιτυχία, και τα λαμβάνουν είτε για να νιώθουν ασφαλείς ότι καλύπτονται οι διατροφικές τους ανάγκες, είτε ελπίζοντας να βελτιώσουν την απόδοσή τους.

Ωστόσο, στοιχεία από πολλές μελέτες αποδεικνύουν ότι ο αθλητής που εφαρμόζει ισορροπημένη διατροφή δεν χρειάζεται να καταναλώνει συμπληρώματα βιταμινών για την βελτίωση της απόδοσής του. Υπάρχει μια επιφυλακτικότητα όσον αφορά τις αντιοξειδωτικές βιταμίνες.

Έρευνες καταδεικνύουν επίσης ότι η εξουθενωτική, μέγιστη άσκηση προάγει την παραγωγή ελευθέρων ριζών, οι οποίες προκαλούν υπεροξειδωση των λιπιδίων, με αποτέλεσμα την απώλεια της ακεραιότητας των κυτταρικών και υποκυτταρικών μεμβρανών των μυϊκών κυττάρων, προκαλώντας έντονα μυϊκά άλγη. Ωστόσο, η ίδια η προπόνηση αυξάνει την ενεργότητα των ενζύμων που αδρανοποιούν τις ελεύθερες ρίζες, όπως της δισμουτάσης του υπεροξειδίου, ώστε να περιοριστούν οι βλαπτικές τους επιδράσεις. Σύμφωνα με τον Niess η εξουθενωτική άσκηση δυνητικά προκαλεί βλάβες στο DNA, λόγω της αυξημένης απελευθέρωσης ελευθέρων ριζών, έχοντας αποτέλεσμα οι βλάβες στους ασκούμενους να είναι λιγότερες σε σύγκριση με τους μη ασκούμενους⁽⁹⁹⁾. Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στις πιθανές επιδράσεις των αντιοξειδωτικών ουσιών σχετικά με την πρόληψη των μυϊκών βλαβών κατά την διάρκεια της άσκησης. Μολονότι, τα αντιοξειδωτικά δεν φάνηκε να βελτιώνουν την αθλητική απόδοση, θεωρητικά η πρόληψη της μυϊκής καταστροφής επιτρέπει στους αθλητές να προπονούνται πιο αποτελεσματικά, με τελικό αποτέλεσμα την βελτίωση των επιδόσεων. Ιδιαίτερα στην επίπονη άσκηση, σύμφωνα με την έρευνα του Dekkers και άλλων τα συμπληρώματα διατροφής που περιέχουν αντιοξειδωτικές βιταμίνες έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην υπεροξειδωση των λιπιδίων και συνιστώνται σε εκείνους που εκτελούν τακτικά σκληρή άσκηση, με στόχο την πρόληψη των μυϊκών βλαβών⁽¹⁰⁰⁾.

8.2.1 Λιποδιαλυτές

8.2.1.1 Βιταμίνη Α

Θεωρητικά η έλλειψη της βιτ.Α, υποστηρίζει ο Melvin Williams, ίσως να επηρεάζει την φυσική δραστηριότητα. Μερικοί ερευνητές έχουν προτείνει ότι μια τέτοια έλλειψη είναι δυνατόν να μειώνει την νεογλυκογέννεση στο συκώτι, γεγονός σημαντικό για την αντοχή ενός αθλητή. Άλλοι έχουν υποδείξει μείωση στην σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών, κάτι το οποίο μπορεί να επιδρά σε αθλητές δύναμης. Υπάρχουν λίγες έρευνες που υποστηρίζουν αυτές τις θεωρητικές απόψεις. Όσον αφορά τα συμπληρώματα της βιτ.Α δεν συστήνονται γιατί πιθανές υπερβολικές ποσότητες, συνήθως λόγω προσωπικής πρωτοβουλίας χρήσης υπερβολικών δόσεων, μπορούν να προκαλέσουν υπερβιταμίνωση .

8.2.1.2 Βιταμίνη D

Η βιτ. D απαιτείται για την επαρκή απορρόφηση του Ca, την ρύθμιση των επιπέδων Ca στον ορό και την προαγωγή της υγείας των οστών. Οι δυο κύριες πηγές της βιτ. D είναι οι εμπλουτισμένες τροφές, όπως το γάλα, και η παραγωγή της βιτ. D με την δράση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα. Αθλητές που ζουν στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη ή που προπονούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους καθ' όλη την διάρκεια του έτους - όπως είναι οι αθλητές της ενόργανης γυμναστικής και οι αθλητές παγοδρομίου- μπορεί να διατρέξουν τον κίνδυνο για κατάσταση έλλειψης βιτ. D, ειδικά εάν δεν καταναλώνονται ενισχυμένα τρόφιμα με βιτ. D. Αυτοί οι αθλητές θα ωφελούνταν από ένα συμπλήρωμα βιτ. D, στο επίπεδο του DRI (5mg/ημέρα ή 200 διεθνείς μονάδες [IU] βιτ. D⁽⁹⁵⁾).

Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η γυμναστική με βάρη αυξάνει την συγκέντρωση της βιτ. D στο πλάσμα, κάτι που οι ερευνητές απέδωσαν στην αύξηση της οστικής μάζας η οποία οφείλεται στην άσκηση. Δεν υπάρχουν πολλά θεωρητικά δεδομένα σχετικά με την λήψη συμπληρωμάτων βιτ. D από τους αθλητές. Γι' αυτό το λόγο, σε ελάχιστες εργασίες υπάρχει συσχετισμός των συμπληρωμάτων της βιτ. D με την φυσική δραστηριότητα και αυτές δεν έδειξαν κάποιο ευεργετικό αποτέλεσμα, ακόμα και για μεμονωμένες υψηλές δόσεις ή για μακροχρόνια λήψη (μεγαλύτερη των 2 ετών).

8.2.1.3 Βιταμίνη E

Μολονότι η ανεπάρκεια της βιτ. E είναι σπάνια στους ανθρώπους, πολλοί ερευνητές, χρησιμοποιώντας δεδομένα από έρευνες σε ζώα, καθώς και από ανθρώπους με γενετικές ασθένειες, υποστηρίζουν ότι είναι αναγκαία η χρήση συμπληρωμάτων από τους αθλητές. Εξαιτίας της πιθανής επίδρασης της βιτ. E στη μυϊκή βλάβη που προκαλείται λόγω άσκησης, ο Simon-Schnass επισήμανε σε μια ανασκόπηση ότι οι αθλητές θα πρέπει να λαμβάνουν 67-133mg ημερησίως, δόση η οποία χωρίς να είναι βλαπτική μπορεί να βοηθήσει τους αθλητές⁽¹⁰¹⁾.

8.2.1.4 Βιταμίνη K

Δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες σχετικά με την επίδραση της χρήσης συμπληρωμάτων βιτ. K στην φυσική δραστηριότητα, επειδή φαίνεται ότι ο ρόλος της δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε αυτόν τον τομέα. Τέλος, τα συμπληρώματά της χορηγούνται μόνο με ιατρική συνταγή.

8.2.2 Υδατοδιαλυτές

Οι βιτ. του συμπλέγματος Β έχουν δυο σημαντικές λειτουργίες άμεσα συνδεδεμένες με την άσκηση. Η θειαμίνη, η ριβοφλαβίνη, η Β6, η νιασίνη, το παντοθενικό οξύ και η βιοτίνη συμμετέχουν στην ενεργειακή παραγωγή κατά την διάρκεια της άσκησης^(102,103,104), ενώ το φολικό οξύ και η Β12 απαιτούνται για την ερυθροποίηση, την πρωτεϊνική σύνθεση και στην συντήρηση και επισκευή του ιστού⁽¹⁰⁵⁾. Λίγες έρευνες έχουν εξετάσει εάν η άσκηση αυξάνει τις ανάγκες για μερικές από τις βιτ. του συμπλέγματος Β, ιδιαίτερα την Β6, την ριβοφλαβίνη και την θειαμίνη^(103,104,106). Τα διαθέσιμα στοιχεία δεν ήταν αρκετά ακριβή ώστε να θέσουν ξεχωριστές συστάσεις για τους αθλητές ή για να συνδέσουν ποσοτικά τις συστάσεις με τις ενεργειακές δαπάνες⁽⁹⁶⁾. Εντούτοις, τα διαθέσιμα στοιχεία αναφέρουν ότι η άσκηση μπορεί να αυξήσει ελαφρώς την ανάγκη για αυτές τις βιταμίνες ίσως και μέχρι δυο φορές το τρέχον συνιστώμενο ποσό⁽¹⁰⁷⁾. Αυτές οι αυξανόμενες ανάγκες μπορούν γενικά να ικανοποιηθούν από τις υψηλότερες ενεργειακές προσλήψεις που απαιτούνται από τους αθλητές ώστε να διατηρήσουν το σωματικό τους βάρος.

8.2.2.1 Βιταμίνη Β1 ή Θειαμίνη

Δεν έχουν προκύψει στοιχεία που να συνηγορούν στο ότι πρόσληψη θειαμίνης μεγαλύτερη από την ΣΗΔ βελτιώνει την απόδοση. Παρόλα αυτά, σε μια πρόσφατη μελέτη από την Ιαπωνία, οι Suzuki και Itokawa ανέφεραν ότι λήψη 100mg θειαμίνης για 3 ημέρες οδήγησε σε αύξηση των επιπέδων της θειαμίνης στο πλάσμα και μείωσε το υποκειμενικό αίσθημα της κόπωσης σε άτομα που ακολουθούσαν επίπονο πρόγραμμα άσκησης⁽¹⁰⁸⁾.

8.2.2.2 Βιταμίνη Β2 ή Ριβοφλαβίνη

Μια από τις κύριες λειτουργίες της Β2 είναι η συμμετοχή της στην παραγωγή ενέργειας από τους CHO και τα λίπη. Επίσης εμπλέκεται στον μεταβολισμό των πρωτεϊνών. Βάσει αυτών θεωρητικά θα μπορούσε να επηρεάσει την απόδοση στην άσκηση. Βασιζόμενοι όμως, στα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα, αλλά και στην απουσία έλλειψης ριβοφλαβίνης στα περισσότερα άτομα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα συμπληρώματα ριβοφλαβίνης δεν βελτιώνουν την φυσική δραστηριότητα.

8.2.2.3 Νιασίνη

Θεωρητικά, η αναερόβια άσκηση θα πρέπει να επηρεάζεται από την έλλειψη νιασίνης, αφού περιορίζεται η παραγωγή ενέργειας από τους υδατάνθρακες. Ωστόσο, δεν είναι διαθέσιμη κάποια έρευνα που να έχει μελετήσει άμεσα αυτήν την επίδραση. Πολλές πρόσφατες ανασκοπήσεις καταδεικνύουν ότι τα συμπληρώματα νιασίνης δεν έχουν σημαντική εργογόνο δράση σε αθλητές που ακολουθούν ισορροπημένη διαίτα, μην έχοντας κανένα αποτέλεσμα ακόμα και σε ιδιαίτερη επίπονη άσκηση.

8.2.2.4 Βιταμίνη Β6

Οι περισσότερες μελέτες αναφέρουν ότι οι άνδρες αθλητές έχουν επαρκή πρόσληψη, ενώ κάποιες αθλήτριες ειδικά αυτές με δίαιτες χαμηλής ενεργειακής πρόσληψης, συχνά έχουν μειωμένη πρόσληψη Β6. Οι ανάγκες σε βιτ Β6 αυξάνονται ανάλογα με την πρόσληψη των πρωτεϊνών, γεγονός που μπορεί να έχει επιπτώσεις σε αθλητές με δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Ωστόσο, αφού η βιτ Β6 βρίσκεται στα πρωτεϊνικά προϊόντα μπορούν εύκολα να καλυφθούν οι ανάγκες σε μια τέτοια διαίτα. Μερικοί ερευνητές παρατήρησαν ότι η άσκηση πιθανώς προάγει την αποθήκευση της βιταμίνης, αποτρέποντας έτσι την εμφάνιση έλλειψης στους αθλητές. Τα επίπεδα της βιτ. Β6 στο αίμα αυξάνονται κατά την διάρκεια της άσκησης. Ο Hoffman και άλλοι παρατήρησαν ότι απομένει να καθοριστεί η προέλευση της βιτ Β6 στο πλάσμα, όμως μπορεί να προέρχεται από την φωσφορυλάση, ένα ένζυμο εξαρτημένο από την βιτ Β6, το οποίο διασπά το γλυκογόνο των μυών. Όσον αφορά τα συμπληρώματα της βιτ.Β6, οι έρευνες δεν έχουν αποκαλύψει κάποια σημαντική επίδραση στις μεταβολικές λειτουργίες κατά την άσκηση, ούτε στην ικανότητα παραγωγής έργου⁽¹⁰⁹⁾.

8.2.2.5 Βιταμίνη Β12

Μια μορφή συνενζύμου, της βιτ Β12, γνωστό ως Dibencobal, είχε συστηθεί στους αθλητές σωματικής διάπλασης προκειμένου να βελτιώσουν την μυϊκή ανάπτυξη και ισχύ. Ωστόσο, σε μια αναφορά, ο Williams σημείωσε ότι αυτοί οι ισχυρισμοί βασίζονται σε εσφαλμένα δεδομένα και ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία που να επιβεβαιώνουν τις εργογόνες επιδράσεις του Dibencobal⁽¹¹⁰⁾. Πολύ υψηλές δόσεις βιτ Β12 θεωρούνται σχετικά ακίνδυνες. Δεν φαίνεται επίσης να έχουν ευεργετική επίδραση σε ένα ενεργά δραστήριο άτομο με ισορροπημένη διαίτα.

8.2.2.6 Φυλλικό οξύ

Δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποστηρίζουν τη χρησιμότητα των συμπληρωμάτων του φυλλικού οξέος στην απόδοση.

8.2.2.7 Παντοθενικό οξύ

Μια ισορροπημένη διαίτα είναι αρκετή για να παρέχει το απαιτούμενο παντοθενικό οξύ σε ένα υγιές, ασκούμενο άτομο. Σε θεωρητική βάση, το παντοθενικό οξύ φαίνεται να έχει εξέχουσα σημασία για το ενεργό άτομο, αφού κατέχει σημαντική θέση στο κέντρο των ενεργειακών οδών. Τέλος, δεν υπάρχουν μελέτες για την μέγιστη άσκηση.

8.2.2.8 Βιοτίνη

Η βιοτίνη, καθώς και όλες οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β, μπορούν θεωρητικά να επηρεάσουν την φυσική δραστηριότητα εφόσον συμμετέχουν σε πολλά ενεργειακά μονοπάτια για τον καταβολισμό των υδατανθράκων. Η ανεπάρκεια σε μια φυσιολογική διατροφή είναι σπάνια, μπορεί όμως να συμβεί εάν καταναλώνονται πολλά ωμά αυγά (κυρίως το λευκό τμήμα),

κάτι που συναντάται σε διαιτολόγια αθλητών δύναμης, διότι στα αυγά υπάρχει μια πρωτεΐνη που συνδέεται με την βιοτίνη και εμποδίζει την απορρόφησή της. Τα συμπτώματα σε τέτοια περίπτωση περιλαμβάνουν απώλεια όρεξης, κατάθλιψη, δερματίτιδα και μυαλγίες. Όσον αφορά τους αθλητές που καταναλώνουν πολλά αυγά λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, είναι σημαντικό να γνωρίζουν ότι μαγειρεύοντας τα αυγά περιορίζουν αυτό το πρόβλημα ενώ λαμβάνουν το ίδιο ποσό πρωτεϊνών. Τέλος, δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις επιδράσεις των συμπληρωμάτων βιοτίνης στη φυσική δραστηριότητα. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχουν δεδομένα που να αποδεικνύουν ότι η χρήση συμπληρωμάτων αυξάνει την αθλητική απόδοση.

8.2.2.9 Βιταμίνη C

Θεωρητικά η βιτ C θα μπορούσε να συμβάλλει θετικά στην μυϊκή διάπλαση, δια μέσου του κύριου ρόλου της ο οποίος είναι η σύνθεση κολλαγόνου, το οποίο είναι απαραίτητο για τον σχηματισμό και την διατήρηση του συνδετικού ιστού στο σώμα, όπως των χόνδρων, των τενόντων και των οστών. Επίσης συμμετέχει στην σύνθεση συγκεκριμένων ορμονών και νευροδιαβιβαστών, όπως της επινεφρίνης (αδρεναλίνη), οι οποίες εκκρίνονται σε καταστάσεις stress, όπως η άσκηση αντίστασης. Επίσης, ρυθμίζει τον μεταβολισμό των αμινοξέων, είναι πολύ σημαντική για την επούλωση των τραυμάτων, μέσω της παραγωγής ουλώδους ιστού, καθώς επίσης και ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό. Τόσο οι παλαιότερες, όσο και οι πιο πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν ότι τα συμπληρώματα της βιτ C βελτιώνουν την απόδοση κατά την άσκηση σε άτομα που είχαν έλλειψη της βιταμίνης. Προσεκτική όμως ανάλυση αυτών των μελετών στηρίζει το γενικό συμπέρασμα ότι τα συμπληρώματα της βιτ C δεν βελτιώνουν την ικανότητα άσκησης σε άτομα που δεν εμφανίζουν έλλειψη. Λόγω του ότι γενικά η άσκηση, αλλά ειδικότερα η άσκηση αντίστασης θεωρείται στρεσογόνος παράγοντας οι ερευνητές πιστεύουν ότι ένα φυσικά δραστήριο άτομο θα πρέπει να λαμβάνει μεγαλύτερη από την ΣΗΔ, περίπου 200-300mgr ημερησίως.

8.3 Μακροστοιχεία

8.3.1 Ασβέστιο

Το Ca είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την δόμηση και την επισκευή του οστίτη ιστού και την διατήρηση των επιπέδων Ca στο αίμα. Η διαιτητική ανεπάρκεια του Ca αυξάνει τον κίνδυνο της χαμηλής οστικής πυκνότητας σε μεταλλικά στοιχεία (BMD) και των καταγμάτων πίεσης^(111,112). Αντίθετα, η άσκηση θέτει το οστό σε μηχανική πίεση διευκολύνοντας κατ' αυτό τον τρόπο την ανάπτυξή του και την εναπόθεση αλάτων ασβεστίου. Τα ιόντα ασβεστίου μπορούν θεωρητικά να επηρεάσουν την αθλητική απόδοση και κατ' επέκταση την άσκηση αντίστασης μέσω της

οποίας δύναται να αυξηθεί ο μυϊκός ιστός. Αυτό μπορεί να συμβεί με δυο λειτουργίες του Ca οι οποίες είναι: α) η ρύθμιση της μετάδοσης της νευρικής ώσης, μέσω της οποίας γίνεται η σύσπαση των σκελετικών μυών και β) η σύνθεση και η αποδόμηση του μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου μέσω της ενεργοποίησης ορισμένων ενζύμων. Συμπτώματα έλλειψης Ca μπορούν να επιφέρουν διαταραχή της μυϊκής σύσπασης και μυϊκές κράμπες. Οι τελευταίες, παρουσιάζονται λόγω της διαταραχής της ισορροπίας του Ca μέσα στον μυ και στα περιβάλλοντα υγρά. Αυτό θα επηρέαζε σίγουρα την απόδοση ενός αθλητή. Επίσης, τα χαμηλά επίπεδα ασβεστίου στον ορό μπορεί να επηρεάσουν την νευρομυϊκή λειτουργία, όμως τέτοιες περιπτώσεις είναι εξαιρετικά σπάνιες, αφού ο οργανισμός αντλεί ασβέστιο από τα αποθέματα του σκελετού για να διατηρήσει σταθερά επίπεδα στον ορό. Ακόμα, συνιστώνται στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης για την αποφυγή ανάπτυξης οστεοπόρωσης. Τέλος, οι ασκήσεις στις οποίες το σωματικό βάρος χρησιμοποιείται ως αντίσταση όπως το περπάτημα ή το τρέξιμο προάγουν την μεταλλοποίηση των οστών, πιέζοντας την σπονδυλική στήλη και το ισχίο, ενώ οι ασκήσεις δύναμης είναι, επίσης, άριστες για την σπονδυλική στήλη και για την κερκίδα στην άρθρωση του καρπού.

8.3.2 Φώσφορος

Ο φώσφορος βρίσκεται στον ανθρώπινο οργανισμό αποκλειστικά υπό μορφή φωσφορικού άλατος, που υφίσταται ως ανόργανο φωσφορικό ή ενώνεται με άλλα ανόργανα συστατικά ή οργανικά μόρια. Τα φωσφορικά άλατα είναι ιδιαίτερος σημαντικά για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το 80-90% περίπου του φωσφόρου στον οργανισμό ενώνεται με ασβέστιο και σχηματίζει φωσφορικό ασβέστιο, που χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό οστών και δοντιών. Ορισμένα άλλα οργανικά φωσφορικά διατηρούν σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία των βιταμινών του συμπλέγματος B που ρυθμίζουν ενεργειακές διαδικασίες μέσα στο κύτταρο παίζοντας πρωταρχικό ρόλο στο ενεργό άτομο. Ακόμη, αποτελούν τμήμα των μορίων υψηλής ενέργειας που βρίσκονται στα μυϊκά κύτταρα, όπως το ATP και την φωσφοκρεατίνη, τα οποία είναι απαραίτητα για την μυϊκή σύσπαση. Επίσης η γλυκόζη πρέπει να φωσφορυλιωθεί προκειμένου να προχωρήσει στην γλυκόλυση. Τέλος, τα οργανικά φωσφορικά αποτελούν τμήμα ενός μορίου που βρίσκεται μέσα στα ερυθρά αιμοσφαίρια που ονομάζεται 2,3 διφωσφο γλυκερινικό (2,3 DPG), το οποίο διευκολύνει την απελευθέρωση οξυγόνου στους μυϊκούς ιστούς.

Ο φώσφορος είναι ευρέως κατανεμημένος στις τροφές, κυρίως με τη μορφή φωσφορικών αλάτων συνδεδεμένων με ζωικές πρωτεΐνες. Η υπερβολική μυϊκή άσκηση μπορεί να αυξήσει την απέκκριση φωσφόρου στα ούρα, όμως δεν φαίνεται να προκαλεί ανεπάρκεια. Η έλλειψη φωσφόρου θεωρητικά μπορεί να επηρεάσει τη σωματική απόδοση, όμως η άποψη αυτή δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας λόγω του ότι τέτοιες ανεπάρκειες είναι σπάνιες.

Όσον αφορά τα συμπληρώματα φωσφορικών αλάτων μια παλιά έρευνα ανέφερε ότι αυτά θα μπορούσαν να βελτιώσουν τη σωματική απόδοση. Η έρευνα αυτή αμφισβητήθηκε κατά ένα μεγάλο μέρος της υπογραμμίζοντας όμως ταυτόχρονα ότι τα φωσφορικά πιθανόν να αυξάνουν την ανθρώπινη ικανότητα παραγωγής έργου όταν καταναλώνονται σε ποσότητες που ξεπερνούν κατά πολύ τα ποσά που υπάρχουν στη φυσιολογική διατροφή. Στις ΗΠΑ προωθούνται ως ένα εργογόνο βοήθημα, όντας κύριο συστατικό του PhosFuel, το οποίο διαφημίζεται ως το καλύτερο ρυθμιστικό διάλυμα για το γαλακτικό οξύ. Επίσης, σε ένα δημοφιλές αθλητικό περιοδικό, ο φώσφορος χαρακτηρίστηκε ως το μέταλλο που προσδίδει δύναμη⁽¹¹³⁾. Τέλος, τα φωσφορικά άλατα ως μέρος της τριφωσφορικής αδενοσίνης έχουν χρησιμοποιηθεί και αυτά ως συμπληρώματα για αθλητές, παρόλο που δεν έχει αποδειχτεί ότι βελτιώνουν τη σωματική απόδοση. Είναι πολύ πιθανό, ένζυμα του γαστρεντερικού σωλήνα να καταβολίζουν το ATP πριν αυτό φτάσει στο μύ. Η φωσφορική κρεατίνη (PC) χρησιμοποιείται προκειμένου να επαναφορτίσει γρήγορα το ATP, ως συστατικό στοιχείο του ενεργειακού συστήματος ATP-PC. Χρειάζονται μελέτες ώστε να προσδιοριστεί τελικά αν υπάρχουν πιθανές εργογόνες επιδράσεις στα συμπληρώματα φωσφορικής κρεατίνης αλλά και γενικά άλλων φωσφορικών αλάτων.

8.3.3 Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο παίζει βασικό ρόλο σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες. Για παράδειγμα, ως μέρος της ATPασης βοηθάει στη μυϊκή σύσπαση και σε όλες τις λειτουργίες του οργανισμού που χρησιμοποιούν το ATP ως πηγή ενέργειας. Βοηθάει επίσης στη ρύθμιση της σύνθεσης των πρωτεϊνών και άλλων μορίων, όπως το 2,3 DPG το οποίο μπορεί να είναι βασικό για τον βέλτιστο μεταβολισμό του οξυγόνου. Επιπλέον, αποτελεί μέρος ενός ενζύμου που διευκολύνει τον μεταβολισμό της γλυκόζης στο μύ. Με βάση τις παραπάνω λειτουργίες του μαγνησίου, έρευνες που έγιναν από Ιταλούς γιατρούς στο πανεπιστήμιο του Παλέρμο, έδειξαν ότι τα άτομα με υψηλότερα επίπεδα μαγνησίου αίματος είχαν μεγαλύτερη μυϊκή δύναμη στα χέρια και στις κνήμες. Επίσης η έκταση των γονάτων και αστραγάλων σε αυτούς, ήταν ισχυρότερη⁽¹¹⁴⁾.

Η άσκηση φαίνεται να επηρεάζει το μεταβολισμό του μαγνησίου κατά έναν αδιευκρίνιστο μηχανισμό. Ο Deuster έχει επισημάνει ότι μια από τις συχνότερες παρατηρήσεις στις διάφορες έρευνες είναι μια μείωση των επιπέδων του μαγνησίου στο πλάσμα αμέσως μετά την άσκηση. Θεωρείται ότι το μαγνήσιο εισέρχεται στους ιστούς ως απάντηση στις απαιτήσεις της άσκησης, για παράδειγμα, του μυϊκού ιστού για τον ενεργειακό μεταβολισμό και του λιπώδους ιστού για λιπόλυση⁽¹¹⁹⁾. Σύμφωνα με τους McDonald και Keen τα συμπληρώματα μαγνησίου δεν δείχνουν να έχουν θετική επίδραση στην αθλητική απόδοση ατόμων με φυσιολογικά επίπεδα μαγνησίου⁽¹¹⁶⁾.

8.4 Ιχνοστοιχεία

8.4.1 Σίδηρος

Ο Fe διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο στην άσκηση, καθώς απαιτείται για τον σχηματισμό της αιμοσφαιρίνης (Hb) και της μυοσφαιρίνης οι οποίες δεσμεύουν το οξυγόνο στο σώμα, και για τα ένζυμα που συμμετέχουν στην ενεργειακή παραγωγή. Η μείωση του Fe (χαμηλά αποθέματα Fe) είναι μια από τις επικρατέστερες διατροφικές ανεπάρκειες που παρατηρούνται στους αθλητές, ιδιαίτερα στις αθλήτριες. Η επίδραση της μείωσης του Fe στις επιδόσεις στην άσκηση είναι περιορισμένη, αλλά εάν αυτή η κατάσταση προχωρήσει σε σιδηροπενική αναιμία (χαμηλά επίπεδα αιμοσφαιρίνης (Hb)) οι επιδόσεις στην άσκηση μπορεί να επηρεαστούν αρνητικά^(102,117). Η μεγάλη συχνότητα της ένδειας σιδήρου στους αθλητές οφείλεται συνήθως στις φτωχές ενεργειακές προσλήψεις: αποφυγή κρέατος, ψαριού και πουλερικών που περιέχουν τον Fe στην εύκολα διαθέσιμη αιμική μορφή. Μια παροδική μείωση στην φερριτίνη και την αιμοσφαιρίνη μπορεί να συμβεί σε μερικούς αθλητές στην έναρξη της προπόνησης. Αυτές οι μειώσεις είναι αποτέλεσμα μιας αύξησης στον όγκο του πλάσματος, η οποία προκαλεί την μείωση των κυττάρων λόγω αιμορραγίας και εμφανίζεται να μην έχει καμία αρνητική επίδραση στην απόδοση⁽¹¹⁷⁾. Επίσης, ο όρος αναιμία των σπόρ σύμφωνα με 2 ερευνητές είναι λανθασμένος και παραπλανητικός, διότι η συγκεκριμένη αναιμία είναι από ανεπάρκεια πρόσληψης σιδήρου, κάτι το οποίο συμβαίνει και σε μη αθλητές^(118,119). Εάν ένας αθλητής εμφανίζεται να έχει σιδηροπενική αναιμία αλλά δεν ανταποκρίνεται στην επέμβαση διατροφής, τότε οι χαμηλές τιμές αιμοσφαιρίνης (Hb) μπορεί να είναι το αποτέλεσμα των αλλαγών του όγκου του πλάσματος και όχι μια φτωχή θρεπτική κατάσταση⁽¹⁰²⁾. Η χρόνια σιδηροπενική αναιμία ως αποτέλεσμα της χαμηλής πρόσληψης Fe μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και την αθλητική απόδοση και χρειάζεται ιατρική και διατροφική παρέμβαση. Όσον αφορά τα συμπληρώματα Fe, έχουν αποδειχθεί 2 πράγματα: α) εάν δεν η αύξηση της φερριτίνης του ορού με τη χρήση συμπληρωμάτων Fe δεν συνοδεύεται με ανάλογη αύξηση της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης δεν υπάρχει βελτίωση στην απόδοση και β) τα συμπληρώματα Fe δεν παρέχουν πρόσθετα οφέλη όταν το άτομο έχει φυσιολογικά επίπεδα αιμοσφαιρίνης⁽¹²⁰⁾. Τέλος, η έλλειψη σιδήρου (όχι κατ' ανάγκην και σιδηροπενική αναιμία) φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο τους αθλητές αντοχής παρά δύναμης και συναντάται κυρίως στις γυναίκες και τους έφηβους.

8.4.2 Χαλκός

Οι επιδράσεις της άσκησης ή της προπόνησης στα επίπεδα χαλκού στον ορό είναι ποικίλες, με μελέτες να δείχνουν αυξήσεις, μειώσεις, ή και καμία μεταβολή. Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει μείωση των επιπέδων χαλκού στον ορό αθλητών που πραγματοποιούν παρατεταμένη

προπόνηση. Δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια έρευνα σχετικά με την επίδραση των συμπληρωμάτων χαλκού στη φυσική απόδοση, γενικά όμως δεν συνιστώνται.

8.4.3 Ψευδάργυρος

Μια από τις κύριες λειτουργίες του Zn είναι και η συμμετοχή του στη σύσταση του ενζύμου γαλακτικής εφυδρογονάσης η οποία είναι σημαντική για το ενεργειακό σύστημα του γαλακτικού οξέος. Επίσης, ενέχεται και σε άλλες λειτουργίες του οργανισμού όπως την πρωτεϊνοσύνθεση, την διεργασία της ανάπτυξης και την επούλωση των τραυμάτων. Επειδή ο Zn παίζει ρόλο στην ανάπτυξη, την δόμηση και την επιδιόρθωση του μυϊκού ιστού και της παραγωγής ενέργειας, είναι συνετό να αξιολογούνται οι διατροφές των δραστήριων γυναικών για την επαρκή πρόσληψη Zn.

Μέσω των προαναφερόμενων λειτουργιών του Zn θεωρητικά θα μπορούσε να επηρεαστεί η αθλητική απόδοση. Όμως, οι περισσότερες έρευνες δείχνουν ότι οι αθλητές που καταναλώνουν τις απαραίτητες για αυτούς θερμίδες φτάνουν και τη ΣΗΔ του Zn. Έχει βρεθεί ότι η χαμηλή διαιτητική πρόσληψη Zn οδηγεί σε μείωση των επιπέδων τεστοστερόνης, γεγονός που ίσως εξηγεί τα χαμηλά επίπεδα τεστοστερόνης που συχνά παρατηρούνται σε παλαιστές. Παρόλα αυτά οι αθλητές αυτοί δεν εμφάνισαν συμπτώματα ανεπάρκειας Zn και οι έρευνες υποστηρίζουν ότι τα χαμηλά επίπεδα του ορού δεν σημαίνει απαραίτητα ότι υπάρχουν χαμηλά επίπεδα και στους μύες. Γενικά δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι η άσκηση προκαλεί ανεπάρκεια Zn ή ότι η οριακή ανεπάρκεια επηρεάζει την απόδοση. Τα συμπληρώματα Zn γενικά δεν συνιστώνται για τους περισσότερους αθλητές. Αν όμως, αποφασιστεί να ληφθεί συμπλήρωμα ψευδαργύρου δεν θα πρέπει αυτό να ξεπερνά τη ΣΗΔ.

8.4.4 Χρώμιο

Το στοιχείο του χρωμίου φαινομενικώς παίζει ρόλο στην διατήρηση του κατάλληλου μεταβολισμού λιπιδίων και υδατανθράκων στα θηλαστικά. Όσο αυτός ο ρόλος πιθανόν περιλαμβάνει το αρχικό σήμα της ινσουλίνης, η διαιτητική συμπλήρωση χρωμίου έχει γίνει παραδεκτό ότι επιδρά σημαντικά στην σύσταση του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της λιπώδους μάζας και της αύξησης της άλιπης μάζας του σώματος. Η ανεπάρκεια του χρωμίου θα μπορούσε να είναι πρόβλημα τόσο για τους αθλητές δύναμης, όσο και για τους αθλητές αντοχής. Η μειωμένη μεταφορά αμινοξέων στους μύες περιορίζει την ωφέλεια του προγράμματος με βάρη, ενώ η διαταραχή του μεταβολισμού των υδατανθράκων μειώνει την απόδοση στα αγωνίσματα αντοχής. Ο Anderson πιστεύει ότι η επίπονη άσκηση μπορεί να αυξήσει τις απαιτήσεις σε χρώμιο του ανθρώπινου οργανισμού⁽¹²¹⁾. Θεωρητικά, επειδή το χρώμιο αυξάνει την αναβολική δράση της ινσουλίνης, μπορεί να προάγει την είσοδο αμινοξέων μέσα στους μύες και να μεταβάλει τη σύσταση του σώματος, αυξάνοντας τη μυϊκή μάζα και

μειώνοντας το σωματικό λίπος. Ωστόσο, επειδή το συμπλήρωμα απορροφάται καλύτερα από το διαιτητικό χρώμιο, οι περισσότερες μελέτες έχουν εστιάσει στην χρήση του πικολινικού χρωμίου {Cr (pic)}. Το πικολινικό είναι ένα φυσικό παράγωγο της τρυπτοφάνης, ενός αμινοξέος, το οποίο πιθανότατα διευκολύνει την απορρόφηση του χρωμίου από τον οργανισμό. Το Cr (pic) έχει γίνει εξαιρετικά δημοφιλές στο ευρύ κοινό, ειδικά σε αθλητές που ίσως έχουν λόγω άσκησης αυξομειώσεις της απώλειας χρωμίου στα ούρα . Ωστόσο, πάνω από μια δεκαετία ανθρώπινων μελετών για το Cr (pic) έδειξαν ότι το συμπλήρωμα δεν έχει ενδεδειγμένα αποτελέσματα, ούτε στην ισχνή σωματική μάζα αλλά ούτε και στο σωματικό λίπος ή την δύναμη⁽¹²²⁾.

8.4.5 Σελήνιο

Η έλλειψη σεληνίου στους αθλητές μπορεί να επηρεάσει τις αντιοξειδωτικές λειτουργίες κατά την έντονη άσκηση, οδηγώντας έτσι σε βλάβη του μυϊκού ιστού και των μιτοχονδρίων, με επακόλουθο τον επηρεασμό της αθλητικής απόδοσης.

8.4.6 Βόριο

Υπάρχουν περιορισμένα ερευνητικά στοιχεία σχετικά με την εργογόνο αποτελεσματικότητα των συμπληρωμάτων βορίου. Μια από τις κύριες λειτουργίες του B είναι και η συμμετοχή του στον μεταβολισμό των στεροειδών ορμονών (οιστρογόνα και τεστοστερόνη). Οι Ferrando και Green υποστήριξαν ότι παρόλο που τα συμπληρώματα βορίου αύξησαν τα επίπεδα βορίου στον ορό, δεν υπήρξαν σημαντικές επιδράσεις στη συνολική και την ελεύθερη τεστοστερόνη, στην ισχνή σωματική μάζα ή τη δύναμη. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι τα συμπληρώματα βορίου δεν είναι εργογόνα⁽¹²³⁾.

8.4.7 Βανάδιο

Τα άλατα βαναδίου έχουν προωθηθεί σε αθλητές με την ένδειξη ότι μεταβάλλουν θετικά τη σύσταση του σώματος. Κύριες λειτουργίες του βαναδίου είναι το ότι συμμετέχει σε ενζυμικές αντιδράσεις στον μεταβολισμό των λιπιδίων και των υδατανθράκων, ενώ έχει αναβολική επίδραση στους μύες, μέσω αναστολής του καταβολισμού των πρωτεϊνών. Έρευνες έδειξαν ότι τα συμπληρώματα βαναδίου είναι αναποτελεσματικά στη μεταβολή της σύστασης του σώματος, ενώ η μικρή αύξηση της δύναμης που πιθανόν προκαλούν απαιτεί περαιτέρω έρευνα.

8.4.8 Άλλα Ιχνοστοιχεία

Δεν υπάρχουν ερευνητικά στοιχεία σχετικά με την επίδραση της άσκησης στο μεταβολισμό ιχνοστοιχείων όπως το κοβάλτιο, το φθόριο, το ιώδιο, το μαγγάνιο, το μολυβδένιο κλπ, ενώ ούτε μελέτες υπάρχουν που να εξετάζουν την επίδραση των συμπληρωμάτων των ιχνοστοιχείων αυτών στη σωματική απόδοση. Αυτό συμβαίνει γιατί η ανεπάρκεια των ιχνοστοιχείων αυτών είναι σπάνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

9. ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΑ ΚΑΙ ΣΩΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΓΙΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΥΪΚΗΣ ΜΑΖΑΣ

9.1 Εισαγωγή

Η Αμερικάνικη διαιτητική ένωση και οι Καναδοί διαιτολόγοι, προγραμμάτισαν κατάλληλα τις χορτοφαγικές διατροφές ώστε να είναι υγιεινές, θρεπτικά επαρκείς και να παρέχουν οφέλη στην υγεία, στην πρόληψη και θεραπεία ορισμένων ασθενειών. Περίπου το 2,5% των ενηλίκων στις ΗΠΑ και το 4% των ενηλίκων στον Καναδά ακολουθούν χορτοφαγικές διατροφές. Μια χορτοφαγική διατροφή, ορίζεται ως μια διατροφή που δεν περιλαμβάνει το κρέας, τα ψάρια ή τα πτηνά. Μια χορτοφαγική διατροφή, συμπεριλαμβανομένης και της vegan, μπορεί να παρέχει τις τρέχουσες συστάσεις για όλες τις θρεπτικές ουσίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η χρήση των ενισχυμένων τροφίμων ή συμπληρωμάτων μπορεί να βοηθήσει ώστε να καλυφθούν οι συστάσεις για μεμονωμένα θρεπτικά στοιχεία. Μια καλοσχεδιασμένη vegan, αλλά και άλλων τύπων χορτοφαγικές διατροφές, είναι κατάλληλες για όλα τα στάδια του κύκλου της ζωής, συμπεριλαμβανομένων της εγκυμοσύνης, του θηλασμού, της νηπιακής και παιδικής ηλικίας και της εφηβείας. Οι χορτοφαγικές διατροφές προσφέρουν διάφορα θρεπτικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών επιπέδων κορεσμένου λίπους, χοληστερόλης και ζωικών πρωτεϊνών, καθώς επίσης και υψηλότερα επίπεδα CHO, ινών, μαγνησίου, καλίου, φυλικού οξέος και αντιοξειδωτικών, όπως βιτ. C και E και φυτοχημικά.

9.2 Κατηγορίες Χορτοφάγων

Τα διατροφικά πρότυπα των χορτοφάγων μπορεί να ποικίλουν σημαντικά μεταξύ τους. Το γαλακτο-ωοφαγικό διατροφικό πρότυπο βασίζεται στα σιτηρά, τα λαχανικά, τα φρούτα, τα όσπρια, τους σπόρους, τους ξηρούς καρπούς, τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα αυγά, και αποκλείουν το κρέας, τα ψάρια και τα πτηνά. Ο γαλακτοφυτοφάγος αποκλείει τα αυγά καθώς επίσης και το κρέας, τα ψάρια και τα πουλερικά. Το vegan ή αλλιώς το εξ' ολοκλήρου φυτοφαγικό διατροφικό μοντέλο είναι παρόμοιο με το γαλακτοφυτοφαγικό μοντέλο, με τον πρόσθετο αποκλεισμό όμως γαλακτοκομικών και ζωικών προϊόντων. Ακόμα και ανάμεσα σε αυτές τις κατηγορίες, μπορεί να υπάρξει μια ιδιαίτερη παραλλαγή, ανάλογα με το ποια συγκεκριμένα ζωικά προϊόντα θα αποφεύγονται. Οι άνθρωποι που επιλέγουν μια μακροβιοτική διατροφή, προσδιορίζονται συχνά όπως αυτοί οι οποίοι κάνουν μια χορτοφαγική διατροφή. Η μακροβιοτική διατροφή βασίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στα σιτηρά, τα όσπρια και τα λαχανικά.. Τα φρούτα, οι ξηροί καρποί και οι σπόροι χρησιμοποιούνται σε μικρότερο βαθμό. Μερικά άτομα που ακολουθούν μια μακροβιοτική διατροφή μπορεί να μην είναι γνήσιοι χορτοφάγοι επειδή καταναλώνουν περιορισμένα ποσά ψαριών. Ορισμένοι αυτοπροσδιορίζονται

επίσης χορτοφάγοι, οι οποίοι όμως δεν είναι ουσιαστικά χορτοφάγοι διότι τρώνε ψάρια, κοτόπουλο ή ακόμα και κρέας^(124,125). Μερικές ερευνητικές μελέτες έχουν ταυτοποιήσει αυτούς που αυτοπροσδιορίζονται χορτοφάγοι ως ημιχορτοφάγους, ορίζοντας ως ημιχορτοφάγο αυτόν που περιστασιακά καταναλώνει κρέας έχοντας κυρίως μια πρακτική χορτοφαγικής διατροφής⁽¹²⁶⁾ ή αυτόν ο οποίος τρώει ψάρια και πουλερικά, αλλά λιγότερες από μια φορά την εβδομάδα⁽¹²⁷⁾. Μεμονωμένη αξιολόγηση απαιτείται για να προσδιοριστεί επακριβώς η θρεπτική ποιότητα μιας χορτοφαγικής διατροφής ή κάποιου που λέει ότι είναι χορτοφάγος. Οι συνήθειες λόγοι για την επιλογή μιας χορτοφαγικής διατροφής περιλαμβάνουν το ενδιαφέρον για την υγεία, την ανησυχία για το περιβάλλον και τους παράγοντες ευημερίας των ζώων^(128,129). Οι χορτοφάγοι αναφέρουν επίσης και οικονομικούς λόγους, ηθικές πεποιθήσεις, θέματα παγκόσμιας πείνας και θρησκευτικές πεποιθήσεις ως λόγους που επιλέγουν να ακολουθήσουν αυτό το πρότυπο κατανάλωσης.

9.3 Επιπτώσεις στην Υγεία από την Χορτοφαγία

Οι χορτοφαγικές διατροφές προσφέρουν έναν αριθμό πλεονεκτημάτων, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών επιπέδων κορεσμένου λίπους, χοληστερόλης και ζωικών πρωτεϊνών, ενώ παρέχουν υψηλά επίπεδα CHO, ινών, μαγνησίου, βόριου, φυλικού οξέος, αντιοξειδωτικών όπως η βιτ. C και E, καροτενοειδών και φυτοχημικών^(130,131,132). Μερικές vegan διατροφές μπορεί να έχουν χαμηλότερες προσλήψεις για την βιτ. B12, την βιτ. D, το ασβέστιο, τον ψευδάργυρο και περιστασιακά την ριβοφλαβίνη, από αυτές που συστήνονται^(130,132,133).

9.4 Εκτιμήσεις Διατροφής για τους Χορτοφάγους

9.4.1 Πρωτεΐνη

Η φυτική πρωτεΐνη μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις όταν καταναλώνεται ποικιλία φυτικών τροφίμων και ικανοποιούνται και οι ενεργειακές ανάγκες. Η έρευνα δείχνει ότι μια ποικιλία φυτικών τροφίμων που καταναλώνεται κατά την διάρκεια μιας ημέρας μπορεί να παρέχει όλα τα βασικά αμινοξέα και να εξασφαλίσει μια επαρκή διατήρηση αζώτου και χρήση στους υγιείς ενήλικους, συνεπώς οι συμπληρωματικές πρωτεΐνες δεν είναι ανάγκη να καταναλώνονται στο ίδιο γεύμα⁽¹³⁴⁾. Οι εκτιμήσεις των πρωτεϊνικών απαιτήσεων για τους vegan ποικίλουν, και εξαρτώνται σε κάποιο βαθμό από τις διατροφικές επιλογές τους⁽¹³⁵⁾. Μια πρόσφατη μετανάλυση από μελέτες για το ισοζύγιο του αζώτου, δεν βρήκε καμία σημαντική διαφορά στις πρωτεϊνικές ανάγκες λόγω διαφορετικής πηγής διαιτητικής πρωτεΐνης^(136,137). Βασισμένοι κυρίως στην χαμηλότερη πεπτικότητα των φυτικών πρωτεϊνών, άλλες ομάδες έχουν προτείνει ότι οι απαιτήσεις πρωτεΐνης στους vegan μπορεί να είναι αυξημένες από 30-35% για τα νήπια μέχρι την ηλικία των 2 ετών, 20-30% για την ηλικία από 2-6 ετών και 15-20% για αυτούς που έχουν

ηλικία 6 ετών και άνω, σε σύγκριση με τους μη χορτοφάγους⁽¹³⁸⁾. Η ποιότητα των φυτικών πρωτεϊνών ποικίλει. Η απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας μπορεί να ικανοποιήσει τις πρωτεϊνικές ανάγκες τόσο αποτελεσματικά όσο και οι ζωικές πρωτεΐνες, ενώ η πρωτεΐνη σίτου για παράδειγμα που τρώγεται όπως είναι, μπορεί να είναι 50% λιγότερο χρησιμοποιήσιμη από την ζωική πρωτεΐνη⁽¹³⁹⁾. Οι επαγγελματίες της διατροφής θα πρέπει να γνωρίζουν ότι οι πρωτεϊνικές ανάγκες μπορεί να είναι υψηλότερες από ότι το RDA των χορτοφάγων των οποίων οι διαιτητικές πρωτεϊνικές πηγές είναι κυρίως εκείνες που πέπτονται λιγότερο καλά, όπως μερικά δημητριακά και όσπρια. Τα δημητριακά τείνουν να είναι χαμηλά σε λυσίνη, ένα απαραίτητο αμινοξύ. Διαιτητικές ρυθμίσεις όπως η κατανάλωση περισσότερων φασολιών και προϊόντων σόγιας αντί άλλων πρωτεϊνικών πηγών που είναι χαμηλότερες σε λυσίνη ή μια αύξηση από όλες τις πρωτεϊνικές πηγές, μπορεί να εξασφαλίσουν μια επαρκή πρόσληψη λυσίνης. Αν και μερικές vegan γυναίκες έχουν οριακές πρωτεϊνικές προσλήψεις, τυπικές πρωτεϊνικές προσλήψεις των γακακτοωοφυτοφάγων και vegan διατροφών εμφανίζονται να καλύπτουν και να υπερβαίνουν τις απαιτήσεις σε πρωτεΐνη⁽¹³²⁾. Αυτό δείχνει πως και οι αθλητές μπορούν να ικανοποιήσουν τις πρωτεϊνικές ανάγκες τους μέσω των φυτικών διατροφών αυξάνοντας τις προσλήψεις περίπου κατά 10%^(140,141).

9.4.2 Σίδηρος

Οι φυτικές τροφές περιέχουν μόνο μη αιμικό σίδηρο, ο οποίος είναι πιο ευαίσθητος από τον αιμικό στον οποίο επιδρούν ανασταλτικοί παράγοντες αλλά και αυξητικοί κατά την απορροφήση του. Οι ανασταλτικοί παράγοντες της απορρόφησης του σιδήρου περιλαμβάνουν τα φυτικά, το ασβέστιο, το τσάι συμπεριλαμβανομένων κάποιων φυτικών τσαγιών, τον καφέ, το κακάο μερικά καρυκεύματα και ίνες⁽¹⁴²⁾. Η βιτ. C και άλλα οργανικά οξέα που βρίσκονται στα φρούτα και τα λαχανικά, μπορούν να ενισχύσουν την απορρόφηση του σιδήρου και να βοηθήσουν να μειωθούν οι επιδράσεις των φυτικών^(143,144,145). Οι μελέτες δείχνουν ότι η απορρόφηση του σιδήρου θα μειωνόταν σημαντικά εάν μια διατροφή πρόκειται να είναι υψηλή στους ανασταλτικούς παράγοντες και χαμηλή σε αυξητικούς παράγοντες. Συστήνεται για την πρόσληψη σιδήρου από τους χορτοφάγους να είναι 1,8 φορές υψηλότερη από ότι των μη χορτοφάγων λόγω της χαμηλότερης βιοδιαθεσιμότητας του σιδήρου από μια χορτοφαγική διατροφή⁽¹⁴⁶⁾.

9.4.3 Ψευδάργυρος

Επειδή τα φυτικά δεσμεύουν ψευδάργυρο, και οι ζωικές πρωτεΐνες θεωρείται ότι ενισχύουν την απορρόφηση του ψευδαργύρου, η συνολική βιοδιαθεσιμότητα του ψευδαργύρου εμφανίζεται να είναι χαμηλότερη στις χορτοφαγικές διατροφές⁽¹⁴⁷⁾. Επίσης, μερικοί χορτοφάγοι κάνουν

διατροφές που είναι σημαντικά κάτω από τις συνιστώμενες προσλήψεις για τον ψευδάργυρο^(130,132,148). Αν και εμφανής ανεπάρκεια ψευδαργύρου δεν υφίσταται στους δυτικούς χορτοφάγους, τα αποτελέσματα των οριακών προσλήψεων δεν είναι πλήρως κατανοητά⁽¹⁴⁹⁾.

9.4.4 Ασβέστιο

Το Ca βρίσκεται σε πολλά φυτικά και ενισχυμένα τρόφιμα. Τα πράσινα τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξαλικά (κινέζικο λάχανο, μπρόκολο, κινέζικο νάπα λάχανο, πλατύφυλλο λάχανο, το μεσογειακό λάχανο κάλε, μπάμιες και πράσινα γογγύλια) παρέχουν Ca με υψηλή βιοδιαθεσιμότητα (49-61%) , σε σύγκριση με το καθορισμένο Ca του τοφού, τους ενισχυμένους φρουτοχυμούς και το αγελαδινό γάλα (με την βιοδιαθεσιμότητά τους να κυμαίνεται από 31-32%), (και συγκριτικά) με το ενισχυμένο γάλα σόγιας, τους σπόρους σουσαμιού, τα αμύγδαλα και τα κόκκινα και άσπρα φασόλια (που έχουν βιοδιαθεσιμότητα από 21-24%)^(150,151,152). Τα σύκα και τα τρόφιμα σόγιας όπως η μαγειρεμένη σόγια και οι ξηροί καρποί από σόγια παρέχουν επιπλέον Ca . Τα τρόφιμα που έχουν ενισχυθεί με Ca, περιλαμβάνουν τους φρουτοχυμούς, τον τοματοχυμό και τα δημητριακά πρωινού. Συνεπώς, είναι διάφορες οι ομάδες των τροφίμων που συμβάλλουν στο διαιτητικό Ca^(153,154). Τα οξαλικά που υπάρχουν σε μερικά τρόφιμα μπορούν να μειώσουν αρκετά την απορρόφηση του Ca, έτσι τα λαχανικά που έχουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις αυτών των ενώσεων όπως είναι το σπανάκι, τα πράσινα τεύτλα και τα ελβετικά παντζάρια, δεν είναι καλές πηγές χρησιμοποιήσιμου Ca παρά την υψηλή περιεκτικότητά τους σε Ca. Τα φυτικά οξέα μπορούν επίσης να εμποδίσουν την απορρόφηση του Ca. Εντούτοις, μερικά τρόφιμα με υψηλό περιεχόμενα φυτικών και οξαλικών, όπως τα τρόφιμα σόγιας παρέχουν καλά απορροφήσιμο Ca⁽¹⁵²⁾. Οι παράγοντες που ενισχύουν την απορρόφηση Ca περιλαμβάνουν την επάρκεια σε βιτ. D και την πρωτεΐνη. Οι προσλήψεις Ca των γαλακτοφυτοφάγων είναι συγκρίσιμες ή και υψηλότερες από εκείνες των μη χορτοφάγων,^(155,156) ενώ οι προσλήψεις Ca των vegans τείνουν να είναι χαμηλότερες και από τις δυο προαναφερόμενες ομάδες, και συχνά κατώτερες από τις συνιστώμενες προσλήψεις^(130,157,152).

9.4.5 Βιταμίνη D

Η κατάσταση της βιτ. D εξαρτάται από την έκθεση στο ηλιακό φως και την πρόσληψή της σε ενισχυμένα τρόφιμα ή συμπληρώματα βιταμινών. Η ηλιοθεραπεία στο πρόσωπο, τα άκρα των χεριών και το μέρος των αντιβραχιονίων για 5-15 λεπτά την ημέρα κατά στην διάρκεια του καλοκαιριού στο 42° γεωγραφικό πλάτος (Βοστώνη) θεωρείται ότι παρέχει ικανοποιητικά ποσά βιτ. D για τους ανθρώπους που έχουν ανοιχτό χρώμα δέρματος. Εκείνοι που έχουν σκουρόχρωμο δέρμα απαιτούν μεγαλύτερη έκθεση. Η έκθεση στον ήλιο μπορεί να είναι ανεπαρκής για αυτούς που ζουν στον Καναδά και στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη των ΗΠΑ ειδικά τους χειμερινούς

μήνες, στις συννεφιασμένες περιοχές, και για εκείνους που περιορίζονται στην έκθεσή του. Επιπλέον, τα νήπια, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι συνθέτουν λιγότερο αποτελεσματικά την βιτ. D^(158,159,160).

9.4.6 Βιταμίνη B2 ή Ριβοφλαβίνη

Μερικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι vegans έχουν χαμηλότερες προσλήψεις ριβοφλαβίνης έναντι των μη χορτοφάγων· εντούτοις, δεν έχουν παρατηρηθεί κλινικές καταστάσεις από ανεπάρκεια ριβοφλαβίνης^(130,132,133). Τα τρόφιμα που παρέχουν περίπου 1 mgg ριβοφλαβίνης είναι τα σπαράγγια, οι μπανάνες, τα φασόλια, το μπρόκολο, τα σύκα, το κατσαρό λάχανο, οι φακές, τα μπιζέλια, οι σπόροι, το ταχίνι, οι γλυκοπατάτες, το τοφού και το εμπλουτισμένο ψωμί⁽¹⁶¹⁾.

9.4.7 Βιταμίνη B12

Οι πηγές της βιταμίνης B12 που δεν προέρχονται από τα ζώα, περιλαμβάνουν ενισχυμένα τρόφιμα σε βιτ. B12 (όπως είναι ορισμένα προϊόντα από γάλα σόγιας, τα δημητριακά πρωινού και η θρεπτική ζύμη) ή τα συμπληρώματα. Κανένα φυτικό τρόφιμο δεν περιέχει σημαντικά ποσά ενεργής βιτ. B12, εκτός αν είναι ενισχυμένο. Τροφές όπως διάφορα φυτά της θάλασσας και η σπιρουλίνα μπορεί να περιέχουν ανάλογα βιτ. B12, κανένα όμως από αυτά ούτε τα ζυμωμένα προϊόντα σόγιας μπορούν να υπολογιστούν ως αξιόπιστες πηγές ενεργής βιτ. B12^(132,162). Οι γαλακτοοφυτοφάγοι μπορούν να πάρουν επαρκή βιτ. B12 από τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα αυγά, εάν αυτά τα τρόφιμα καταναλώνονται τακτικά. Οι μελέτες δείχνουν ότι μερικοί vegans και άλλοι χορτοφάγοι δεν καταναλώνουν τακτικά αξιόπιστες πηγές B12, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανεπάρκεια σε βιτ. B12^(130,132,162). Είναι σημαντικό όλοι οι χορτοφάγοι να χρησιμοποιούν ένα συμπλήρωμα, ενισχυμένες τροφές, γαλακτοκομικά προϊόντα ή αυγά ώστε να καλύψουν τις συνιστώμενες προσλήψεις της B12. Η απορρόφηση της B12 είναι αποδοτικότερη όταν μικρά ποσά αυτής της βιταμίνης καταναλώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της χρήσης ενισχυμένων τροφίμων.

9.4.8 Βιταμίνη A/ Β-Καροτένιο

Επειδή η προσχηματισμένη βιτ.Α βρίσκεται μόνο στα ζωικά τρόφιμα, οι vegans διατροφείς λαμβάνουν όλη την βιτ.Α από την μετατροπή των διαιτητικών καροτενοειδών ιδιαίτερα από το β-καροτένιο. Η έρευνα αναφέρει ότι η απορρόφηση των β-καροτενοειδών από τις φυτικές τροφές είναι λιγότερο αποδοτική από ότι πιστευόταν^(146,163). Αυτή αναφέρει ότι η πρόσληψη από τους vegans της βιτ.Α είναι περίπου η μισή από αυτήν που έχουν αναφέρει προηγούμενες μελέτες, και η πρόσληψη των γαλακτοοφυτοφάγων μπορεί να είναι 25% χαμηλότερη από αυτήν που έχουν αναφέρει προηγούμενες έρευνες. Παρά ταύτα, οι χορτοφάγοι έχουν δείξει υψηλότερα επίπεδα καροτενοειδών ορού από ότι οι μη χορτοφάγοι⁽¹³²⁾.

9.4.9 Ωμέγα-3 Λιπαρά Οξέα

Ενώ οι χορτοφαγικές διατροφές είναι γενικά πλούσιες σε ω-6 λιπαρά οξέα (ιδιαίτερα σε λινολαϊκό οξύ), αυτές οι διατροφές μπορεί να είναι χαμηλές σε ω-3 λιπαρά οξέα, με συνέπεια μια δυσαναλογία η οποία μπορεί να εμποδίσει την παραγωγή των φυσιολογικά ενεργών ω-3 λιπαρών οξέων μακράς αλύσου, του 25 νοϊκού οξέος (EPA) και του 26 νοϊκού οξέος (DHA). Διατροφές που δεν περιλαμβάνουν τα ψάρια, τα αυγά ή σημαντικές ποσότητες θαλάσσιων φυτών έχουν γενικά έλλειψη σε άμεσες πηγές EPA και DHA λιπαρών οξέων. Πρόσφατα, οι vegans πηγές του DHA λιπαρού οξέος προέρχονταν από μικροφύκια τα οποία έχουν αρχίσει να διατίθενται ως συμπληρώματα σε κάψουλες χωρίς ζελατίνη. Τα φύκια ως πηγές του DHA έχει αποδειχτεί ότι έχουν θετικές επιπτώσεις στα επίπεδα του αίματος των DHA και EPA μέσω ανάδρομης ρύθμισης.

Οι περισσότερες μελέτες παρουσιάζουν τους χορτοφάγους, και ειδικά τους vegans να έχουν χαμηλότερα επίπεδα EPA και DHA στα αίμα από ότι οι μη χορτοφάγοι ^(164,165,166). Οι νέες διαιτητικές αναφορές προσλήψεων (DRI) συστήνουν προσλήψεις των 1,6 και 1,1 γρ. α-λινολαϊκού οξέος την ημέρα για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα.

Αυτές οι συστάσεις προτείνουν μερική πρόσληψη ω-3 λιπαρών οξέων μακράς αλύσου και μπορεί να μην είναι οι βέλτιστες για τους φυτοφάγους οι οποίοι καταναλώνουν ενδεχομένως μικρές ή καθόλου ποσότητες DHA και EPA ⁽¹⁴¹⁾. Το ειδικό συμβούλιο διατροφής, θρέψης και πρόληψης χρόνιων ασθενειών της ένωσης παγκόσμιου οργανισμού υγείας και του οργανισμού γεωργικών τροφίμων ⁽¹⁶⁷⁾, συστήνει το 5-8% των θερμίδων να προέρχεται από ω-6 λιπαρά οξέα, και το 1-2% των θερμίδων από τα ω-3 λιπαρά οξέα. Με βάση μια ημερήσια πρόσληψη 2000 θερμίδων, αυτό αντιστοιχεί σε μια καθημερινή πρόσληψη 2,2 έως 4,4 γρ. ω-3 λιπαρών οξέων.

Εκείνοι με αυξημένες απαιτήσεις [π.χ. έγκυες, θηλάζουσες ή άτομα με ασθένειες που συνδέονται με την φτωχή περιεκτικότητα σε απαραίτητα λιπαρά οξέα ή άτομα που κινδυνεύουν λόγω φτωχής μετατροπής αυτών των λιπαρών οξέων (π.χ. άνθρωποι με ΣΔ)], μπορούν να ωφεληθούν από άμεσες πηγές ω-3 λιπαρών οξέων μακράς αλύσου, όπως είναι τα μικροφύκια τα οποία είναι πλούσια σε DHA ^(168,169,170).

9.4.10 Ιώδιο

Ορισμένες μελέτες αναφέρουν ότι οι vegans οι οποίοι δεν καταναλώνουν ιωδιούχο αλάτι μπορεί να παρουσιάσουν τον κίνδυνο ανεπάρκειας ιωδίου· αυτό φαίνεται ιδιαίτερα να ισχύει για εκείνους που ζουν σε περιοχές φτωχές σε ιώδιο ^(132,171,172). Το ψωμί μπορεί να είναι μια πηγή ιωδίου επειδή μερικοί σταθεροποιητές της ζύμης περιέχουν ιώδιο. Στις ΗΠΑ περίπου το 50 % του γενικού πληθυσμού χρησιμοποιεί ιωδιούχο αλάτι, ενώ στον Καναδά όλα τα επιτραπέζια αλάτια ενισχύονται με ιώδιο. Το RDA του ενήλικα για το ιώδιο καλύπτεται εύκολα με μισό

κουταλάκι του γλυκού ιωδιωμένου άλατος καθημερινά⁽¹⁴⁶⁾. Ορισμένοι χορτοφάγοι μπορεί να έχουν πολύ υψηλές προσλήψεις ιωδίου λόγω της κατανάλωσης θαλάσσιων φυτών.

9.5 Ο Χορτοφάγος Αθλητής

Μερικοί αθλητές επιλέγουν να ακολουθήσουν χορτοφαγικές διατροφές. Οι διατροφικές συστάσεις για αυτούς τους αθλητές πρέπει να διατυπωθούν με την εκτίμηση των αποτελεσμάτων και της χορτοφαγίας και της άσκησης. Η Αμερικάνικη διαιτολογική ένωση όσον αφορά τις χορτοφαγικές διατροφές⁽¹⁷³⁾ παρέχει τις κατάλληλες διαιτητικές οδηγίες που πρέπει να εξεταστούν σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το σημείο. Η χορτοφαγία δεν έχει απαραίτητα επιπτώσεις στις ενεργειακές ανάγκες, αν και η ενεργειακή διαθεσιμότητα θα μπορούσε να μειωθεί ελαφρώς εάν ένας χορτοφάγος έχει μια εξαιρετικά υψηλή πρόσληψη ινών. Όπως με όλους τους αθλητές, ο έλεγχος του σωματικού βάρους και της σύνθεσης του σώματος είναι τα προτιμώμενα μέσα του καθορισμού εάν οι ενεργειακές ανάγκες ικανοποιούνται. Μερικοί άνθρωποι, ειδικά οι γυναίκες, μπορούν να μεταπηδήσουν στην χορτοφαγία ως μέσω περιορισμού της πρόσληψης ενέργειας για να επιτύχουν το πρότυπο αδύνατο σώμα που ευνοείται σε ορισμένα αθλήματα. Ενίοτε, αυτό μπορεί να είναι ένα βήμα προς την ανάπτυξη μιας διατροφικής διαταραχής⁽¹⁷⁴⁾. Λόγω αυτού του συσχετισμού, οι προπονητές και οι γυμναστές θα πρέπει να βρίσκονται σε επαγρύπνηση όταν ένας αθλητής γίνεται χορτοφάγος, εξασφαλίζοντας ότι διατηρείται το κατάλληλο βάρος.

Οι μελέτες, με συνέπεια αναφέρουν, ότι οι χορτοφάγοι έχουν χαμηλότερες πρωτεϊνικές προσλήψεις από ότι οι παμφάγοι. Αν και η πρωτεϊνική ποιότητα από μια χορτοφαγική διατροφή είναι επαρκής για τους ενήλικους^(171,175,176), οι φυτικές PRO δεν αφομοιώνονται τόσο καλά όσο οι ζωικές PRO. Συνεπώς, για να ρυθμιστεί η ελλειπής πέψη (των φυτικών PRO), μπορεί να γίνει μια αύξηση περίπου 10% στο ποσό που καταναλώνεται⁽¹⁷¹⁾. Οι πρωτεϊνικές συστάσεις για αθλήματα αντοχής είναι 1,2 -1,4 γρ. /κιλό ΣΒ, ενώ για αθλήματα αντίστασης και δύναμης μπορεί να χρειαστούν τουλάχιστον 1,6-1,7 γρ./κιλό ΣΒ⁽¹⁶²⁾. Οι χορτοφάγοι αθλητές με τις σχετικά χαμηλές ενεργειακές προσλήψεις, μπορεί να έχουν ανάγκη να επιλέξουν τα τρόφιμά τους προσεκτικά, εξασφαλίζοντας ότι οι πρωτεϊνικές τους προσλήψεις είναι σύμφωνες με αυτές τις συστάσεις .



Εικόνα 15. Χορτοφαγική πυραμίδα

Οι χορτοφάγοι αθλητές μπορεί να έχουν κίνδυνο για χαμηλές προσλήψεις B12 και D, ριβοφλαβίνης, Fe, Ca και Zn, επειδή πολλά από αυτά τα θρεπτικά στοιχεία είναι υψηλά σε περιεκτικότητα στα ζωικά προϊόντα. Ο Fe είναι μια θρεπτική ουσία που μπορεί να είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για χορτοφάγους αθλητές. Εξαιτίας της χαμηλότερης βιοδιαθεσιμότητας του Fe στις φυτοφαγικές διατροφές, οι αποθήκες Fe στους χορτοφάγους είναι γενικά χαμηλότερες από ότι στους παμφάγους, παρά τις συνολικές προσλήψεις σιδήρου οι οποίες είναι παρόμοιες ή και υψηλότερες στους χορτοφάγους⁽¹⁴²⁾. Όταν συνδυάζεται με τα στοιχεία που δείχνουν ότι η άσκηση μπορεί να αυξήσει τις απαιτήσεις σιδήρου, υπάρχει ενδεχόμενο οι χορτοφάγοι αθλητές, ιδιαίτερα οι γυναίκες, μπορεί να διατρέξουν μεγαλύτερο κίνδυνο για ένδεια σιδήρου. Συνεπώς, θα ήταν συνετό να ελέγχεται η κατάσταση του σιδήρου συχνά, στις χορτοφάγες αθλήτριες. Οι αθλήτριες χορτοφάγοι μπορούν να ωφεληθούν από τις διατροφές που περιλαμβάνουν επαρκείς θερμίδες, υψηλότερα επίπεδα λίπους και σημαντικά ποσά Ca και Fe.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

10. ΔΗΜΟΦΙΛΗ ΕΡΓΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΣΤΟΥΣ ΝΕΟΥΣ ΑΘΛΗΤΕΣ

10.1 Ταξινόμηση Απαγορευμένων Ουσιών

Σύμφωνα με τις υπουργικές διατάξεις οι απαγορευμένες ουσίες και μέθοδοι ντόπινγκ καθορίζονται ως εξής: υπάρχουν α) ουσίες και μέθοδοι που απαγορεύονται εντός του αγώνα και β) ουσίες και μέθοδοι που απαγορεύονται εντός και εκτός του αγώνα.

Στις απαγορευμένες ουσίες εντός του αγώνα περιλαμβάνονται:

1. τα διεγερτικά
2. τα ναρκωτικά
3. τα κανναβινοειδή
4. οι αναβολικοί παράγοντες, οι οποίοι χωρίζονται σε: α) αναβολικά ανδρογενή στεροειδή (εξωγενή και ενδογενή) και β) άλλους αναβολικούς παράγοντες
5. οι πεπτιδικές ορμόνες στις οποίες ανήκουν: α) η αυξητική ορμόνη, β) η ερυθροποιητίνη, γ) η ινσουλίνη, δ) οι κορτικοτροπίνες, ε) οι υποθαλαμικές και συνθετικές γοναδοτροπίνες* και στ) η χοριονική γοναδοτροπίνη*
6. οι β2-αγωνιστές
7. οι παράγοντες με αντιοιστρογονική δράση*
8. οι παράγοντες απόκρυψης και
9. τα γλυκοκορτικοστεροειδή

Στις απαγορευμένες μεθόδους εντός αγώνα περιλαμβάνονται:

1. η αύξηση μεταφοράς οξυγόνου
2. οι φαρμακολογικοί, χημικοί και φυσικοί χειρισμοί

Στις απαγορευμένες ουσίες εντός και εκτός αγώνα περιλαμβάνονται:

1. οι αναβολικοί παράγοντες
2. οι πεπτιδικές ορμόνες
3. οι β2-αγωνιστές

4. οι παράγοντες με αντιοιστρογονική δράση* και
5. οι παράγοντες απόκρυψης

Στις απαγορευμένες μεθόδους εντός και εκτός αγώνα περιλαμβάνονται:

1. η αύξηση μεταφοράς οξυγόνου
2. οι φαρμακολογικοί, χημικοί και φυσικοί χειρισμοί και
3. το γονιδιακό ντόπινγκ

Τέλος, υπάρχουν και ουσίες που απαγορεύονται σε συγκεκριμένα αθλήματα και χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

1. αιθυλική αλκοόλη
2. β-αναστολείς και
3. διουρητικά

Οι ουσίες που σημαίνονται με αστερίσκο (*) απαγορεύονται μόνο στους άνδρες.

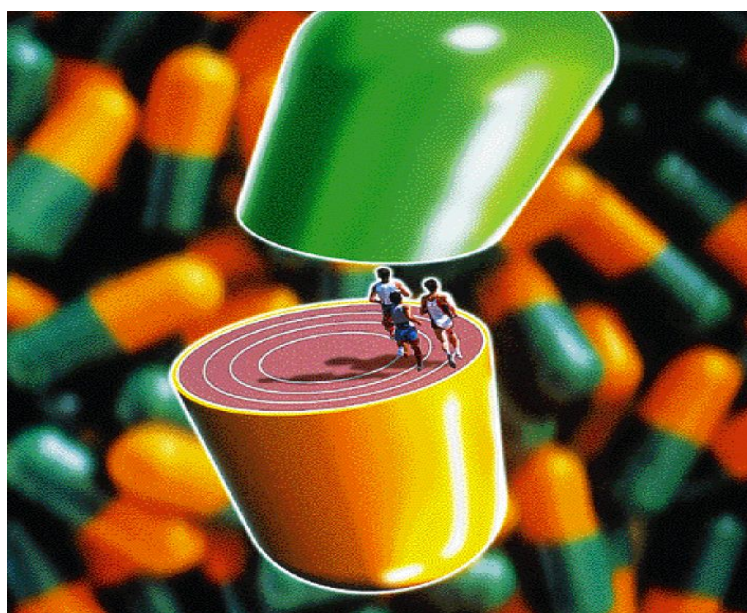
10.2 Εισαγωγή

Τα εργογενετικά φάρμακα είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν την αθλητική απόδοση. Αυτά τα φάρμακα περιλαμβάνουν απαγορευμένες ουσίες καθώς επίσης και ενώσεις που πωλούνται, όπως είναι τα θρεπτικά συμπληρώματα. Πολλά τέτοια φάρμακα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως από επαγγελματίες και κορυφαίους αθλητές για αρκετές δεκαετίες. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια η έρευνα δείχνει ότι οι νεότεροι αθλητές πειραματίζονται όλο και περισσότερο με αυτά τα φάρμακα ώστε να βελτιώσουν και την εμφάνιση αλλά και την αθλητική τους ικανότητα. Τα εργογενετικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται συνήθως σήμερα από την νεολαία, περιλαμβάνουν τα αναβολικά-ανδρογενή στεροειδή, πρόδρομες ουσίες στεροειδών (ανδροστενεδιόνη και δεϋδροεπιανδροστερόνη), την αυξητική ορμόνη, την κρεατίνη και τα αλκαλοειδή της εφεδρίνης. Αναθεωρώντας την βιβλιογραφία μέχρι σήμερα, είναι σαφές ότι τα παιδιά εκτίθενται σε αυτές τις ουσίες στις νεότερες ηλικίες από ότι τα περασμένα έτη, με την χρήση να αρχίζει από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Τα αναβολικά στεροειδή και η κρεατίνη προσφέρουν πιθανά οφέλη στην μυϊκή μάζα και την δύναμη αλλά και κινδύνους με δυσμενή αποτελέσματα σε πολλαπλά οργανικά συστήματα. Οι πρόδρομες στεροειδείς ουσίες, η αυξητική ορμόνη και τα αλκαλοειδή εφεδρίνης, δεν έχει αποδειχτεί ότι ενισχύουν οποιοσδήποτε αθλητικές μετρήσεις, ενώ μεταδίδουν πολλούς κινδύνους για τους χρήστες τους. Για την καταπολέμηση αυτών των ναρκωτικών ουσιών, έχουν υπάρξει πρόσφατες αλλαγές στο νομικό

καθεστώς αρκετών ουσιών, αλλαγές στους κανόνες του αθλητισμού των νέων συμπεριλαμβανομένων των εξετάσεων για φάρμακα στους μαθητές λυκείου και εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες που σχεδιάζονται για τον νέο αθλητή.

10.3 Ιστορία των Αναβολικών Ουσιών στον Αθλητισμό

Η χρήση των αναβολικών ουσιών από τους αθλητές για βελτίωση της απόδοσης δεν είναι μια νέα πρακτική. Από το 776 π.Χ., οι Έλληνες ολυμπιονίκες έχει αναφερθεί ότι χρησιμοποιούσαν ουσίες όπως τα ξηρά σύκα, τα μανιτάρια και την στρυχνίνη για να αποδώσουν καλύτερα. Ένα ορόσημο ανακάλυψης έγινε το 1889 όταν ο Δρ. Brown-Sequard ανήγγειλε σε μια επιστημονική συνεδρίαση στο Παρίσι, ότι βρήκε μια ουσία που αντέστρεψε τις ασθένειες του 72 ετών σώματος του. Ανέφερε ότι έκανε ο ίδιος ένεση στον εαυτό του με εκχύλισμα όρχεων από σκύλους και ινδικά χοιρίδια κάτω από την υπόθεση ότι αυτά τα όργανα (οι όρχεις) είχαν τις «εσωτερικές εκκρίσεις που λειτουργούσαν σαν φυσιολογικές ρυθμιστές»⁽¹⁷⁷⁾. Αυτή η τολμηρή δήλωση επιβεβαιώθηκε με την ανακάλυψη των ορμονών το 1905 και την απομόνωση της τεστοστερόνης το 1935. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν, στεροειδή και τονωτικά διαδίδονταν σε όλο τον αθλητισμό.



Εικόνα 16. Φαρμακοδιέγερση

Στην δεκαετία του 1960 η Διεθνής ολυμπιακή επιτροπή απαγόρευσε την χρήση στεροειδών και άρχισε επίσημα τις εξετάσεις φαρμάκων. Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1980, τα αναφερόμενα θετικά αποτελέσματα των εξετάσεων κυμάνθηκαν από 2 έως 50%, ανάλογα με το εάν οι εξετάσεις προαναγγέλλονταν ή διεξάγονταν τυχαία^(178,179). Σήμερα η χρήση απαγορευμένων ουσιών από τους αθλητές απασχολή σχεδόν καθημερινά τα μέσα μαζικής ενημέρωσης

Τα κυριότερα σωματικά και ψυχικά προβλήματα που προκαλούν τα αναβολικά είναι:

1. Μείωση του όγκου των όρχεων (μπορεί να είναι μόνιμη εάν υπάρχει παρατεταμένη χρήση των στεροειδών αναβολικών)
2. Μείωση του αριθμού των σπερματοζωαρίων
3. Σεξουαλική ανικανότητα
4. Πρόωρη φαλάκρα ή τριχοφυΐα στις γυναίκες
5. Γυναικομαστία
6. Δυσκολίες ή πόνος κατά την ούρηση
7. Αλλαγές ή διακοπή των κύκλων της έμμηνου ρύσης (περίοδος)
8. Η φωνή γίνεται πιο βαθιά στις γυναίκες
9. Ακμή
10. Αδυνάτισμα των τενόντων των μυών με κίνδυνο ρήξης τους
11. Μείωση στο αίμα της καλής χοληστερόλης HDL
12. Ψηλή πίεση
13. Τρόμος (τρεμούλιασμα)
14. Καταστολή ανάπτυξης στα παιδιά
15. Ευερεθιστικότητα
16. Κατάθλιψη-Ψευδαισθήσεις
17. Παρανοϊκή ζήλια
18. Ανωμαλίες στη λειτουργία της καρδιάς, των νεφρών και του ήπατος με κίνδυνο πρόκλησης ασθενειών των οργάνων αυτών
19. Κίνδυνος μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών (AIDS, ηπατίτιδα) λόγω της χρήσης κοινών βελονών για τη χορήγηση αναβολικών που δεν μπορούν να δοθούν από το στόμα αλλά μόνο δια μέσου ένεσης
20. Κίνδυνος δηλητηρίασης διότι προϊόντα που πωλούνται ανεξέλεγκτα, στη μαύρη αγορά, μπορούν να περιέχουν άλλες ουσίες που δυνατόν να είναι τοξικές⁽²²²⁾.

10.4 Αναβολικά-Ανδρογενή Στεροειδή

10.4.1 Φυσιολογία

Τα αναβολικά στεροειδή είναι συνθετικά παράγωγα της ορμόνης τεστοστερόνης. Δεσμεύουν τους ανδρογονικούς υποδοχείς μέσα στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων. Έπειτα μεταφέρονται μέσα στον πυρήνα και επάγουν την μεταγραφή, η οποία ενισχύει την συστατική και δομική πρωτεϊνική σύνθεση^(180,181). Τα στεροειδή έχουν τρία γενικά αποτελέσματα που ωφελούν τον αθλητή. Η δέσμευση των ανδρογονικών υποδοχέων προάγει ένα θετικό ισοζύγιο αζώτου στο μυ, ο οποίος παράγει μια αναβολική κατάσταση⁽¹⁸²⁾. Εντούτοις, στον μέσο φυσιολογικό άνδρα, η ενδογενής τεστοστερόνη σχεδόν υπερπληρώνει τους διαθέσιμους υποδοχείς ανδρογόνων, κάνοντας αυτήν την επίδραση αμφισβητούμενης σημασίας. Επομένως, γίνεται κρίσιμο ότι τα στεροειδή είναι επίσης αντικαταβολικά. Στο καλά προπονημένο άτομο, τα γλυκοκορτικοειδή απελευθερώνονται όλο και περισσότερο, προάγοντας την διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου για ενέργεια⁽¹⁸³⁾. Μόλις οι διαθέσιμοι υποδοχείς ανδρογόνων κορεστούν τα εξωγενή στεροειδή ανταγωνιστικά εμποδίζουν την σύνθεση των καταβολικών γλυκοκορτικοειδών, και με αυτόν τον τρόπο συντηρούν την μυϊκή μάζα που κερδίζεται⁽¹⁸⁴⁾. Τέλος, τα αναβολικά στεροειδή έχουν σημαντικά συναισθηματικά αποτελέσματα. Αυτό είναι συχνά εμφανές από την αυξημένη επιθετικότητα, η οποία μπορεί να ωθήσει τους αθλητές να προπονούνται εντονότερα, συχνότερα ή για περισσότερο χρονικό διάστημα. Γενικά τα αναβολικά αυξάνουν την ισοκινητική και ισομετρική δύναμη καθώς επίσης και την μυϊκή μάζα, μέσω της υπερτροφίας των μυών αλλά και τον σχηματισμό νέων μυϊκών ινών⁽¹⁸⁵⁾.

10.5 Πρόδρομες Ουσίες Στεροειδών (Προορμόνες)

10.5.1 Φυσιολογία

Η ανδροστενεδιόνη και η στενά συνδεδεμένη δεϋδροεπιανδροστερόνη (DHEA) είναι δυο σημαντικές πρόδρομες ουσίες στεροειδών, ή προορμόνες. Η DHEA είναι ένα αδύνατο ανδρογόνο που παράγεται μέσα στον φλοιό των επινεφριδίων, ενώ η ανδροστενεδιόνη είναι ισχυρότερο αναβολικό - αρρενογόνο στεροειδές που παράγεται στα επινεφρίδια και στους γονάδες (γενετικοί αδένες). Η DHEA μετατρέπεται στο σώμα σε ανδροστενεδιόνη, η οποία έπειτα μπορεί να μετασχηματιστεί είτε σε τεστοστερόνη είτε σε οιστρόνη⁽¹⁸⁶⁾. Οι αθλητές χρησιμοποιούν αυτές τις ουσίες με την πεποίθηση ότι θα τους αυξήσουν τα επίπεδα της τεστοστερόνης και με αυτόν τον τρόπο θα έχουν εργογενετικά αποτελέσματα, παρόμοια με τα αναβολικά στεροειδή. Αν και η ανδροστενεδιόνη με την DHEA δεν έχουν αποδεδειγμένο

όφελος, αυτές περιέχουν κινδύνους που δεν θα αναλυθούν περαιτέρω λόγω της περιορισμένης χρήσης της από τους αθλητές.

10.6 Αυξητική Ορμόνη

10.6.1 Φυσιολογία

Η αυξητική ορμόνη όπως έχει αναφερθεί και στην έκτη ενότητα είναι ένα πολυπεπίδιο που εκκρίνεται από τα σωματοτρόπα κύτταρα του πρόσθιου λοβού της υποφύσεως. Η έκκριση είναι παλλόμενη και μειώνεται βαθμιαία μετά την αποκορύφωσή της που συμβαίνει νωρίς στην εφηβεία. Η αυξητική ορμόνη μετατρέπεται στο ήπαρ στην IGF-1 ορμόνη η οποία έχει διάφορα αποτελέσματα σε όλο το σώμα. Η IGF-1 εξυπηρετεί στην αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης, στον καταβολισμό των λιπιδίων και την αύξηση των οστών⁽¹⁸⁷⁾.

10.6.2 Δοσολογία

Η αυξητική ορμόνη πρωτοχρησιμοποιήθηκε σε παιδιά που είχαν ανεπάρκεια από αυτήν την ορμόνη. Σήμερα υπάρχει διαθέσιμη βιοσυνθετική αυξητική ορμόνη. Η αυξητική ορμόνη παράγεται μόνο σε ενέσιμη μορφή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές μέσα στον μήνα, και το κόστος μιας μηνιαίας παροχής μπορεί να πλησιάσει τα 5000\$⁽¹⁸⁸⁾. Οι αθλητές που λαμβάνουν αυξητική ορμόνη συχνά συνδυάζουν την χρήση της με αναβολικά στεροειδή⁽¹⁸⁹⁾.

10.6.3 Επιδράσεις

Αν και η αυξητική ορμόνη έχει πολλά οφέλη για εκείνους που έχουν ανεπάρκεια εκ γενετής, δεν φαίνεται να ισχύει το ίδιο για τους υγιείς νέους αθλητές. Δεν υπάρχουν συμπερασματικά στοιχεία που να δείχνουν ότι η αυξητική ορμόνη ενισχύει την αθλητική απόδοση^(190,191,192). Στην πραγματικότητα οι ασθενείς που έχουν ακρομεγαλία λόγω υπερβολικής ποσότητας αυξητικής ορμόνης πρέπει να αποτελέσουν παράδειγμα για τον αθλητή που ενώ έχει φυσιολογικό επίπεδο ορμονών, λαμβάνει επιπλέον αυξητική ορμόνη. Οι ασθενείς με μεγαλακρία συχνά έχουν πιο αδύνατους μύες ως αποτέλεσμα της μυοπάθειας που προκαλείται από την αυξητική ορμόνη και δείχνουν να έχουν μεγαλύτερη ανοχή στην άσκηση όταν ακολουθήσουν θεραπεία που μειώνει τα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης τους^(193,194). Ακόμη και χωρίς να υπάρχει αποδεδειγμένο όφελος στην απόδοση, αυτό το φάρμακο (GH) έχει διάφορες επιδράσεις που προσελκύουν τους αθλητές. Μια από αυτές είναι ότι η αυξητική ορμόνη προκαλεί αντιληπτές μετατοπίσεις των υγρών μέσα στους σωματικούς ιστούς, κάνοντας τους αθλητές να θεωρούν ότι το φάρμακο τους "κάνει κάτι". Δεύτερον, η αυξητική ορμόνη έχει δράση ανακατανομής που έχει σχέση με την μείωση του υποδόριου λίπους, κάνοντάς την ελκυστική στα άτομα που στοχεύουν σε μια περισσότερο τονισμένη εμφάνιση⁽¹⁹⁵⁾.

10.6.4 Δυσμενείς Επιδράσεις

Η αρχική χρήση της αυξητικής ορμόνης από τα πτώματα εμπεριείχε κινδύνους μετάδοσης της "πρίον" ασθένειας, αλλά αυτό πλέον το πρόβλημα έχει επιλυθεί με την εμφάνιση της βιοσυνθετικής αυξητικής ορμόνης. Εντούτοις, η έγχυση της συνθετικής GH φέρνει ακόμα μαζί της τους ευρέως γνωστούς κινδύνους της μετάδοσης της ηπατίτιδας και του HIV ιού με την χρήση μη αποστειρωμένων βελονών. Επιπρόσθετοι κίνδυνοι περιλαμβάνουν το πρόωρο κλείσιμο των επιφύσεων, την διεύρυνση των σαγονιών, την υπέρταση και την ολίσθηση της κύριας μηριαίας επίφυσης⁽¹⁹⁶⁾. Σπάνια αλλά σοβαροί κίνδυνοι περιλαμβάνουν επίσης και το αναφερόμενο οίδημα της οπτικής θηλής (papilledema) που συνοδεύεται με ενδοκρανιακή υπέρταση⁽¹⁸⁴⁾.

10.7 Διατροφικά Συμπληρώματα

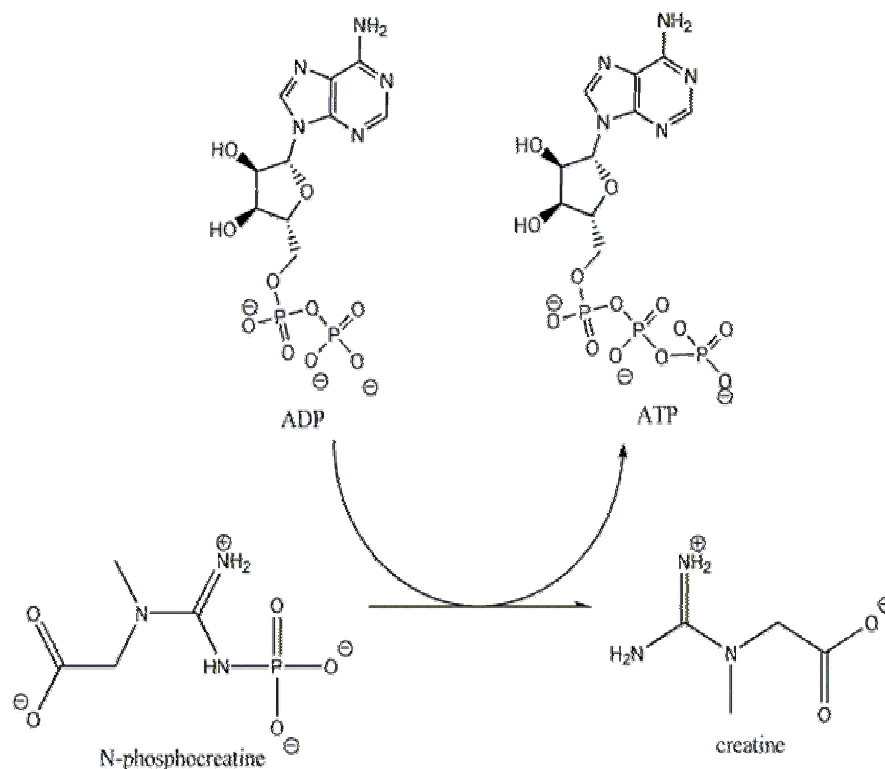
10.7.1 Εισαγωγή

Τα διατροφικά συμπληρώματα μπορούν να αγοραστούν νόμιμα σε οποιαδήποτε καταστήματα υγείας. Το 1994, η διαιτητική ένωση υγείας για τα συμπληρώματα και ο εκπαιδευτικός νόμος άλλαξαν μόνιμα το πεδίο για αυτές τις ουσίες. Σε αυτόν τον νόμο, τα διαιτητικά συμπληρώματα ορίστηκαν ως ένα προϊόν (εκτός από τον καπνό) που προορίζεται για να συμπληρώσει την διατροφή. Φέρει ή περιέχει ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα διατροφικά συστατικά: μια βιταμίνη, ένα μεταλλικό στοιχείο, ένα χόρτο ή κάποιο άλλο βότανο, ένα αμινοξύ, μια διαιτητική ουσία που συμπληρώνει την διατροφή μέσω αύξησης της συνολικής καθημερινής πρόσληψης, ή ένα συμπύκνωμα, ένα μεταβολίτη, ένα συστατικό στοιχείο της διατροφής, ένα εκχύλισμα ή των συνδυασμό αυτών των συστατικών. Το προϊόν προορίζεται για κατάποση ως χάπι, κάψουλα, ταμπλέτα ή σε υγρή μορφή. Το προϊόν δεν συστήνεται για χρήση όπως ένα συμβατικό τρόφιμο ή ως το μόνο στοιχείο ενός γεύματος ή μιας διατροφής και χαρακτηρίζεται ως διαιτητικό συμπλήρωμα⁽¹⁹⁷⁾. Εκτός από ότι παρέχει ένα γενναιόδωρα περιεκτικό ορισμό, ο νόμος περί συμπληρωμάτων είχε και διάφορες άλλες επιπτώσεις. Συγκεκριμένα, η έγκριση του οργανισμού τροφίμων και φαρμάκων (FDA) δεν είναι απαραίτητη ώστε ένα συμπλήρωμα να φτάσει στην αγορά. Από τις περισσότερες κατηγορίες ομάδων, οι αθλητές σήμερα είναι αυστηρά υπεύθυνοι για όλες τις ουσίες τις οποίες εισάγουν στο σώμα τους. Μια θετική εξέταση φαρμάκου είναι τιμωρητέα άσχετα από το εάν ο αθλητής δεν γνώριζε ότι κατανάλωσε κάποιο φάρμακο. Επομένως, χρειάζεται πολύ προσοχή όταν οι αθλητές νομίζουν ότι χρησιμοποιούν ακόμα και νόμιμα θρεπτικά συμπληρώματα δεδομένου ότι τα κατασκευαστικά πρότυπα δεν είναι όπως τα φαρμακευτικά είδη.

10.8 Κρεατίνη

10.8.1 Φυσιολογία

Η κρεατίνη σχηματίζεται από γλυκίνη, αργινίνη και μεθειονίνη και φυσιολογικά παράγεται από το ήπαρ, τα νεφρά και το πάγκρεας. Μετά την παραγωγή της, η κρεατίνη μεταφέρεται στους μύες, την καρδιά και τον εγκέφαλο, με το 95% των σωματικών αποθεμάτων να παραμένουν στους μύες. Η κρεατίνη επίσης παρουσιάζεται φυσιολογικά στην διατροφή, κυρίως στο κρέας και τα ψάρια. Οι καθημερινές απαιτήσεις για κρεατίνη είναι 2 γρ. , με αυτό το ποσό να παρέχεται το μισό από την ενδογενή παραγωγή και το άλλο μισό από την φυσιολογική διατροφή⁽¹⁹⁸⁾. Τα αποθέματα κρεατίνης στους μυς είναι σε μια ισορροπία με την κρεατίνη και την φωσφοκρεατίνη να αλληλομετατρέπονται (η μια στην μορφή της άλλης) διαμέσου της κρεατινικής κινάσης.



Εικόνα 17. Αλληλομετατροπή κρεατίνης - φωσφοκρεατίνης

Η φωσφοκρεατίνη παρέχει ενέργεια στους μύες μέσω της αποφωσφορυλίωσης, η οποία δίνει ένα φωσφορικό άλας στην διφωσφορική αδενοσίνη παράγοντας τριφωσφορική αδενοσίνη. Ο χρόνος της αεροβικής ανάκτησης επιτρέπει έπειτα την αποκατάσταση της φωσφοκρεατίνης⁽¹⁸¹⁾. Η διαθεσιμότητα της φωσφοκρεατίνης θεωρείται εν ολίγοις περιοριστικός παράγοντας για μεγάλης

έντασης δραστηριότητες, δεδομένου ότι παρέχει στον μυ σημαντική πηγή ενέργειας κατά την διάρκεια των πρώτων 10 sec αερόβιας δραστηριότητας αφού η ελεύθερη τριφωσφορική αδενοσίνη καταναλωθεί ^(199,200). Έρευνες σχετικά με τις επιδράσεις της στοματικής κρεατίνης σε επίπεδα ιστών, φαίνεται να παρουσιάζουν αρκετές διαφοροποιήσεις. Η συμπλήρωση μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση περίπου 20% των μυϊκών αποθεμάτων σε φωσφοκρεατίνη, επιταχύνοντας το ξαναγέμισμα της φωσφοκρεατίνης κατά την διάρκεια της αποκατάστασης και απομονώνοντας το γαλακτικό οξύ καθώς ιόντα υδρογόνου καταναλώνονται κατά την διάρκεια της αποφωσφορλίωσης, φαινόμενο που καθυστερεί ενδεχομένως την αρχή της κούρασης^(201,202).

10.8.2 Δοσολογία

Η κρεατίνη συστήνεται να ληφθεί αρχικά σε μια φάση φόρτωσης, με τους αθλητές να την καταναλώνουν ανά 5 γρ. 4 φορές την ημέρα για τις πρώτες 4 έως 6 ημέρες. Έπειτα, η τυποποιημένη χορήγηση της δόσης είναι 2 γρ./ημέρα για τους επόμενους τρεις μήνες. Η κρεατίνη που λαμβάνεται παραπάνω από αυτό το ποσό φαίνεται να εκκρίνεται μέσω των νεφρών⁽²⁰³⁾. Ένας μήνας αποχή είναι η τυποποιημένη πρακτική μετά από κάθε κύκλο χρήσης. Οι γιατροί σημειώνουν ότι οι αθλητές θα πρέπει να καταναλώνουν 6 έως 8 ποτήρια ανά ημέρα καθώς λαμβάνουν κρεατίνη για να αποτρέψουν την αφυδάτωση⁽²⁰⁴⁾. Η απορρόφηση της κρεατίνης που λαμβάνεται από το στόμα ποικίλει ανάλογα με την διατροφή. Πλούσια σε CHO ποτά τείνουν να αυξήσουν την απορρόφηση της κρεατίνης, ενώ η καφεΐνη ελαττώνει την λήψη της^(205,206).

10.8.3 Επιδράσεις

Η συμπλήρωση με κρεατίνη εμφανίζεται να έχει οφέλη στον αθλητισμό. Εντούτοις, σχεδόν το 30% των αθλητών που κάνουν χρήση κρεατίνης δεν βλέπουν οφέλη, και έτσι ακολουθούν μια κατηγορία "μη ανταποκρινόμενων" αθλητών που θεωρούνται ότι έχουν ήδη μέγιστα αποθέματα φωσφοκρεατίνης στον οργανισμό τους⁽¹⁸⁰⁾. Οι συνηθέστερες επιδράσεις στην απόδοση παρουσιάζονται στην αυξημένη δύναμη και στο τέλος αναερόβιων βραχυπρόθεσμων γεγονότων. Οι μελέτες δεν έχουν παρουσιάσει βελτιωμένη απόδοση στην αντοχή, όπως αναμενόταν, δεδομένου ότι η παρατεταμένη δραστηριότητα των μυών εξαρτάται από την αναερόβια γλυκόλυση⁽²⁰⁷⁾. Σε ένα καλά ελεγχόμενο περιβάλλον, ο Volek και άλλοι⁽²⁰⁸⁾ διεξήγαγαν μια διπλά τυφλή μελέτη εξετάζοντας 12 εβδομάδες χρήση με κρεατίνη, συμπεριλαμβανομένης της τυποποιημένης φόρτωσης και τις φάσεις συντήρησης σε ερασιτέχνες αρσιβαρίστες. Στους αθλητές που έλαβαν κρεατίνη παρατηρήθηκαν: σημαντικές αυξήσεις στην άλιπη σωματική

μάζα, μέγιστη ανύψωση σε πιέσεις πάγκου, μέγιστη παραγωγή δύναμης σε σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων από την στάση βαθιών καθισμάτων και στις μυϊκές ίνες τύπου Ι, Ια και Ιαβ μετά από βιοψίες.

10.8.4 Δυσμενείς Επιδράσεις

Οι αθλητές που λαμβάνουν κρεατίνη, συνήθως βιώνουν από νωρίς μια αύξηση στο βάρος τους από 1,6 έως 2,4kg, το οποίο μπορεί να είναι καταστρεπτικό σε αθλήματα που βασίζονται κυρίως στην ταχύτητα. Είναι συνηθισμένο επίσης για τους αθλητές να αναφέρουν μικρο-γαστροεντερικές διαταραχές και μυϊκές κράμπες, αν και τα προαναφερόμενα, γενικά δεν συγκρατούν την χρήση⁽²⁰⁹⁾. Υπήρχαν 2 περιπτώσεις που ανέφεραν ότι διακινδυνεύτηκε η νεφρική λειτουργία. Η πρώτη ήταν όταν ένας αθλητής που είχε προηγουμένως διαγνωστεί ότι είχε εστιακή τμηματική νεφροσκλήρυνση και βίωνε μια παροδική σπειραματική απώλεια στο 50% του ποσοστού διήθησης, και η δεύτερη περίπτωση ήταν σε έναν αθλητή που προηγουμένως ήταν υγιής, αναφέροντας παροδική ενδιάμεση νεφρίτιδα^(210,211). Εντούτοις, τουλάχιστον μια μελέτη της αυτοαναφερόμενης χρήσης κατά την διάρκεια αρκετών ετών, δεν παρουσίασε δυσμενή νεφρικά αποτελέσματα⁽²¹²⁾. Τρεις ιδιαίτερα δημοσιευμένοι θάνατοι έχουν εμφανιστεί σε κολέγιο παλαιστών που ήταν γνωστό ότι λάμβαναν κρεατίνη, αν και τα επίσημα αποτελέσματα από την αυτοψία έδειξαν ότι η αφυδάτωση και η απώλεια βάρους ευθύνονταν, και ότι δεν ήταν η κρεατίνη η αιτία του θανάτου τους⁽²⁰⁴⁾.

10.9 Εφεδρίνη

10.9.1 Φυσιολογία

Η εφεδρίνη είναι ένα τονωτικό με μια χημική δομή πολύ σχετική με την αμφεταμίνη. Προέρχεται από τα χόρτα "έφεδρα", γνωστά επίσης και ως "Ma Huang". Κατέχει α και β αδρεναλινεργικές αγωνιστικές επιδράσεις, ενισχύει την απελευθέρωση της νοραδρεναλίνης (νορεπινεφρίνης) και διεγείρει το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα⁽²¹³⁾. Η ψευδοεφεδρίνη σχετίζεται πολύ και επίσης κατέχει διεγερτικές (τονωτικές) ιδιότητες προς το ΚΝΣ και επιπροσθέτως είναι ένα δημοφιλές αποσυμφορητικό.

10.9.2 Δοσολογία

Προηγούμενα διαθέσιμα παρασκευάσματα εφεδρίνης συμπεριλάμβαναν διάφορα επώνυμα σκευάσματα όπως το Metabolife 356 και το Ripped Fuel. Πριν από την απαγόρευσή τους, το

2004, ο FDA σύστησε ότι η καθημερινή πρόσληψη αλκαλοειδών έφεδρα θα παραμείνει κάτω από 25mg και δεν θα συνεχίζεται περισσότερο από 1 εβδομάδα⁽²¹⁴⁾. Η ψευδοεφεδρίνη λαμβάνεται στο μέγιστο ποσό των 60mg.

10.9.3 *Επιδράσεις*

Η εφεδρίνη έχει χρησιμοποιηθεί παραδοσιακά από αθλητές για να βελτιώσει την ταχύτητα και την εμφάνιση. Η πλειονότητα των μελετών που είναι διαθέσιμες δεν παρουσιάζουν αλλαγή στην αθλητική απόδοση με την χρήση εφεδρίνης. Μερικές έρευνες έχουν αναφέρει βελτιώσεις στην δύναμη των τετρακέφαλων μυών ή στο στατικό ποδήλατο, αλλά αυτές περιελάμβαναν υψηλές δόσεις ενώσεων εφεδρίνης και μερικές φορές σε συνδυασμό με καφεΐνη, το οποίο θέτει σημαντικό κίνδυνο για τον αθλητή^(215,216).

10.9.4 *Δυσμενείς Επιδράσεις*

Ο Bent και άλλοι⁽²¹⁷⁾ ανέφεραν ότι η εφέδρα αποτέλεσε το 0,82% από τις βοτανικές πωλήσεις προϊόντων, αλλά αφορούσε το 64% των δυσμενών αντιδράσεων από βότανα στις ΗΠΑ το 2001. Οι ανεπιθύμητες αντιδράσεις της εφεδρίνης έχουν μεγάλο εύρος και περιλαμβάνουν την υπέρταση, τις αρρυθμίες, την ανησυχία, το ρίγος, την αϋπνία, τους παροξυσμούς, παρανοϊκές ψυχώσεις, εγκεφαλικό αγγειακό ατύχημα, έμφραγμα του μυοκαρδίου, ακόμα και θάνατο. Στην πραγματικότητα, σε μελέτες αθλητικής απόδοσης, το συνηθέστερο εύρημα ήταν η ταχυκαρδία. Ο Haller και ο Benowitz⁽²¹⁸⁾ το 2000 αξιολόγησαν αυστηρά τα 140 δυσμενή γεγονότα που αναφέρθηκαν από το FDA από το 1997 έως το 1999, και κατέληξαν ότι το 62% αυτών των γεγονότων αναφέρεται ότι σχετίζονται σίγουρα ή πιθανόν με την εφεδρίνη. Σε αυτή την μελέτη, δέκα χρήστες ήταν νεότεροι από 18 ετών, και υπήρξαν 10 θάνατοι και 13 περιπτώσεις μόνιμης ανικανότητας. Αυτή η έρευνα επίσης περιλάμβανε έναν 22χρονο άνδρα που έπαιρνε "Ripped Force" και έπαθε έμφραγμα του μυοκαρδίου και του έμεινε μια μόνιμη νευρολογική ανικανότητα, και ένα 15χρονο κορίτσι που λάμβανε "Ripped Fuel" -εφεδρίνη καταλήγοντας από αρρυθμία.

Εικόνα 18. Φυτό έφεδρα



10.10 Τα Συμπληρώματα Διατροφής Πρωτεϊνών δεν Αυξάνουν τη Μυϊκή Μάζα στους Αθλητές

Υπάρχει μια ευρέως διαδεδομένη αντίληψη μεταξύ των αθλητών, ότι η κατανάλωση συμπληρωμάτων διατροφής που περιέχουν πρωτεΐνες και αμινοξέα, μεγαλώνει τη μυϊκή μάζα και αυξάνει τη δύναμη, ιδιαίτερα μάλιστα όταν η λήψη αυτή γίνεται μετά από τη σωματική εξάσκηση. Όμως σύμφωνα με μια έρευνα που έγινε από Βρετανούς γιατρούς αυτό δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Οι γιατροί από το πανεπιστήμιο του Staffordshire ερεύνησαν τα βιολογικά αποτελέσματα που είχε ένα συμπλήρωμα διατροφής το οποίο κατασκευάστηκε για να ενδυναμώνει τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών και να βοηθά στη σταδιακή αύξηση της μυϊκής μάζας που δημιουργείται όταν οι αθλητές εξασκούνται στην άρση βαρών. Στη μελέτη συμμετείχαν 12 φοιτητές για 10 εβδομάδες. Μερικοί από αυτούς εφάρμοσαν ένα ειδικό πρόγραμμα εξάσκησης των κάτω μελών και μερικοί όχι. Επιπρόσθετα ορισμένοι έπαιρναν ένα σκεύασμα σαν συμπλήρωμα της διατροφής τους που περιείχε αμινοξέα μαζί με γλυκόζη ενώ οι υπόλοιποι έπαιρναν placebo (εικονικό διάλυμα) ⁽²²²⁾.

Τα ευρήματα μετά από την έρευνα αυτή ήταν:

- 1.** σε αυτούς που έπαιρναν τα συμπληρώματα διατροφής παρατηρήθηκε αύξηση της γλυκόζης και της ινσουλίνης στο αίμα για μικρά χρονικά διαστήματα.
- 2.** σε αυτούς που έπαιρναν τα σκευάσματα αυτά δεν παρατηρήθηκε αύξηση της μυϊκής δύναμης.
- 3.** το ποσοστό πάχους του σώματος και μάζας σώματος δεν τροποποιήθηκε για κανένα από τους φοιτητές ανεξάρτητα εάν αυτοί έπαιρναν το συμπλήρωμα διατροφής ή εάν έκαναν φυσική εξάσκηση.

Το συμπέρασμα των γιατρών βάσει της έρευνας αυτής είναι ότι τα εμπορικά σκευάσματα που πωλούνται με στόχο να μεγαλώνουν τη μυϊκή μάζα και να αυξάνουν τη μυϊκή δύναμη, δεν έχουν τέτοιες ιδιότητες. Οι γιατροί αυτοί υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχουν επιστημονικά δεδομένα που να τεκμηριώνουν τους ισχυρισμούς αυτούς.

Εκείνο το οποίο τονίζουν είναι ότι για όσους ακολουθούν προγράμματα εντατικής μυϊκής εξάσκησης για αύξηση της μάζας και της δύναμης των μυών, εκείνο το οποίο βοηθά περισσότερο είναι να τρώνε μια καλά ισοζυγισμένη διατροφή. Η διατροφή αυτή θα τους παρέχει όλες τις αναγκαίες πρωτεΐνες και άλλες θρεπτικές ουσίες που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τη μυϊκή τους ανάπτυξη. Παρ' όλα αυτά οι ερευνητές δεν αποκλείουν οριστικά την πιθανότητα τα συμπληρώματα αυτά να έχουν κάποιες θετικές επιδράσεις σε ορισμένους και ιδιαίτερα σε αθλητές που προπονούνται πολύ σκληρά. Επειδή όμως δεν υπάρχουν προς το παρόν

επιστημονικά δεδομένα που να τεκμηριώνουν τέτοιους ισχυρισμούς είναι απαραίτητο να γίνουν και άλλες έρευνες για να διαλευκανθεί ο ρόλος τους στις περιπτώσεις αυτές.

Συμπερασματικά, χρειάζεται πολλή προσοχή στο τομέα αυτό ιδιαίτερα διότι πολλοί έφηβοι που ακολουθούν προγράμματα εντατικής σωματικής εξάσκησης είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι σε τέτοιου είδους εμπορικά μηνύματα. Επιπρόσθετα ο οργανισμός τους, που βρίσκεται σε ευαίσθητη περίοδο γρήγορης σωματικής ανάπτυξης, είναι περισσότερο ευάλωτος σε πιθανές νοσηρές ουσίες που προστίθενται σε τέτοιου είδους σκευάσματα. Μια σωστή πλούσια και ισοζυγισμένη διατροφή, τους παρέχει σύμφωνα με τα πρόσφατα τεκμηριωμένα επιστημονικά δεδομένα, όλη την απαραίτητη ενέργεια και θρεπτικές ουσίες που είναι απαραίτητες για να υποστηρίξουν την προσπάθειά τους⁽²¹⁹⁾.

10.11 Κίνδυνοι από τη Λήψη Βιταμινών και Συμπληρωμάτων Διατροφής

Τα άτομα τα οποία παίρνουν συστηματικά βιταμίνες και άλλα συμπληρώματα διατροφής, πρέπει να γνωρίζουν ότι πιθανόν να λαμβάνουν περισσότερες βιταμίνες και άλλες θρεπτικές ουσίες από όσες μπορεί να ανεχθεί ο οργανισμός τους. Πολλοί καταναλωτές παίρνουν τακτικά βιταμίνες και συμπληρώματα διατροφής για να δυναμώσουν τον οργανισμό τους ή για να περάσουν μια δύσκολη περίοδο της ζωής τους. Επειδή δεν γνωρίζουν ότι υπάρχουν κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν από τα σκευάσματα αυτά, καταναλώνουν συχνά, υπερβολικές ποσότητες. Το πρόβλημα γίνεται σοβαρότερο και λόγω του ότι μπορούν και προμηθεύονται τα σκευάσματα αυτά από μόνοι τους, χωρίς ιατρική συνταγή και χωρίς ιατρικό έλεγχο. Πρέπει μάλιστα να σημειωθεί ότι σε πολλές χώρες δεν υπάρχουν κανονισμοί για το τι ονομάζεται συμπλήρωμα διατροφής και για το τι ακριβώς μπορεί να περιέχει.

Το αποτέλεσμα είναι ότι κυκλοφορούν πολλών ειδών σκευάσματα, των οποίων οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι έχουν δυναμωτική δράση ή ότι αυξάνουν την ενέργεια του ατόμου. Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που τέτοια σκευάσματα μπορούν να περιέχουν θρεπτικά συστατικά και βιταμίνες ψηλότερες από τα ανεκτά επίπεδα για τον οργανισμό. Ο βασικός κίνδυνος είναι ότι μπορεί ο καταναλωτής βιταμινών και άλλων συμπληρωμάτων διατροφής, να λαμβάνει δόσεις για ορισμένες βιταμίνες ψηλότερες από τα ανώτερα ανεκτά επίπεδα για τον οργανισμό. Τα ανώτερα ανεκτά επίπεδα του οργανισμού για μια βιταμίνη, είναι εκείνα τα οποία εάν τα υπερβεί η συγκέντρωση της συγκεκριμένης βιταμίνης, τότε αρχίζουν και δημιουργούνται παρενέργειες και τοξικότητα στον οργανισμό. Με βάση τις πιο πάνω αρχές και ανησυχίες, γιατροί από τον Καναδά εξέτασαν 1.530 άτομα ηλικίας από 19 έως 65 ετών για να δουν στην πράξη τι συνέβαινε σε άτομα που έπαιρναν συστηματικά, από μόνοι τους, βιταμίνες και συμπληρώματα διατροφής⁽²²³⁾.

Τα αποτελέσματα των ερευνητών ήταν τα ακόλουθα:

1. Ορισμένα σκευάσματα συμπληρωμάτων διατροφής που λάμβαναν οι συμμετέχοντες στη μελέτη, περιείχαν πράγματι αυξημένες συγκεντρώσεις σε ορισμένες χρήσιμες θρεπτικές ουσίες
2. Υπήρχαν και σκευάσματα που περιείχαν υπερβολικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών σε σχέση με τις διατροφικές ανάγκες του οργανισμού
3. Τα άτομα που ερευνήθηκαν, φάνηκε ότι λάμβαναν υπερβολικές ποσότητες βιταμίνης Α, βιταμίνης Β6 και νικοτινικού οξέος
4. 8 γυναίκες έπαιρναν, χωρίς να το αντιλαμβάνονται, υπερβολικές δόσεις βιταμίνης Α, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε βλάβες στο ήπαρ. Σε περίπτωση εγκυμοσύνης οι πολύ ψηλές δόσεις βιταμίνης Α, μπορούν να προκαλέσουν συγγενείς ανωμαλίες στο έμβρυο
5. 17 άτομα έπαιρναν δόσεις βιταμίνης Β6, ψηλότερες από τις ανεκτές δόσεις για τον οργανισμό και μάλιστα σε επίπεδα που συσχετίζονται με την πρόκληση ανεπανόρθωτων βλαβών στο νευρολογικό σύστημα
6. 47% των ατόμων, έπαιρναν υπερβολικές δόσεις νικοτινικού οξέος, που δημιουργούσε στο αίμα τους επίπεδα ψηλότερα από τα ανώτερα ανεκτά επίπεδα για τον οργανισμό. Το νικοτινικό οξύ στις δόσεις αυτές μπορεί να προκαλεί εξάψεις και ανωμαλίες του ρυθμού της καρδιάς

Τα ευρήματα των ερευνητών είναι πολύ σημαντικά διότι κρούουν τον κώδωνα κινδύνου για αυτούς που ανεξέλεγκτα και χωρίς ιατρική συμβουλή και έλεγχο παίρνουν βιταμίνες και διάφορα άλλα διατροφικά σκευάσματα. Πρέπει να επισημανθεί ότι δεν είναι όλοι όσοι παίρνουν αυξημένες δόσεις βιταμινών και άλλων θρεπτικών ουσιών που θα παρουσιάσουν προβλήματα. Όμως είναι αδύνατο να γίνει πρόβλεψη για το ποιος από αυτούς θα έχει σοβαρές επιπλοκές. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι οι καταναλωτές των προϊόντων αυτών, σε περίπτωση προβλημάτων, μπορεί να μη συνειδητοποιήσουν ότι τα συμπτώματα που έχουν, προκαλούνται από τα διατροφικά σκευάσματα ή τις βιταμίνες που παίρνουν, διότι αυτά θεωρούνται υγιεινά.

Συμπερασματικά, δεν πρέπει κάποιος να παίρνει βιταμίνες και άλλα διατροφικά συμπληρώματα από μόνος του, συνεχώς και αλόγιστα. Είναι προτιμότερο η χορήγηση βιταμινών και άλλων ανάλογων σκευασμάτων, να γίνεται κάτω από τον έλεγχο και την παρακολούθηση του θεράποντος γιατρού⁽²²⁰⁾.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1- ΕΡΓΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΑ

ΕΡΓΟΓΕΝΕΤΙΚΟ ΦΑΡΜΑΚΟ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΚΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΝ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟ	ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ
Ανδρογενή-Αναβολικά στεροειδή	Ελεγχόμενη ουσία	Κέρδος στην μυϊκή μάζα και την δύναμη	Αύξηση στην μυϊκή μάζα και την δύναμη	Σε πολλαπλά οργανικά συστήματα :στεριότητα, γυναικομαστία, αρρενοποίηση στις γυναίκες, υπέρταση, αρτηριοσκλήρυνση, κλείσιμο των επιφύσεων, επιθετικότητα,κατάθλιψη
Ανδροστενεδιόνη	Ελεγχόμενη ουσία	Αύξηση της τεστοστερόνης για το κέρδος μυϊκής μάζας και δύναμης	Δεν δύναται να μετρηθούν οι επιδράσεις της	Αύξηση οιστρογόνων στους άνδρες· σύμπλοκα με στεροειδή που επιδρούν σε σωματικά συστήματα επιφέροντας κινδύνους
DHEA	Θρεπτικό συμπλήρωμα	Αύξηση της τεστοστερόνης για το κέρδος μυϊκής μάζας και δύναμης	Δεν δύναται να μετρηθούν οι επιδράσεις της	Αύξηση οιστρογόνων στους άνδρες· προσμίξεις στην προετοιμασία
Αυξητική ορμόνη	Ελεγχόμενη ουσία	Αύξηση της μυϊκής μάζας και δύναμης, και ορισμός	Μειώσεις στο υποδόριο λίπος· όχι επιδράσεις στην απόδοση	Αποτελέσματα ακρομεγαλίας: αυξημένα λιπίδια, μυοπάθεια, δυσανεξία γλυκόζης, κλείσιμο των επιφύσεων
Κρεατίνη	Θρεπτικό συμπλήρωμα	Κέρδος στην μυϊκή μάζα και την δύναμη	Κέρδος στην αύξηση της μυϊκής μάζας,εν ολίγοις οφέλη στην απόδοση, αναερόβιο έργο	Αφυδάτωση, μυϊκές κράμπες, γαστροεντερικές ενοχλήσεις, κίνδυνος στη νεφρική λειτουργία
Αλκαλοειδή εφεδρίνης	Πιθανόν να επιστρέψουν ως θρεπτικό συμπλήρωμα	Αύξηση στην απώλεια βάρους και καθυστέρηση της κόπωσης	Αύξηση του μεταβολισμού· όχι καθαρά οφέλη στην απόδοση	Εγκεφαλικό επεισόδια, αρρυθμίες, έμφραγμα μυοκαρδίου, ξαφνική προσβολή (αμόκ), ψύχωση, υπέρταση, θάνατος

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κατά διαστήματα υψηλής σωματικής δραστηριότητας, οι ανάγκες για ενέργεια και μακροθρεπτικά συστατικά -ειδικά η πρόσληψη των CHO και των PRO- πρέπει να καλύπτονται ώστε να διατηρείται το σωματικό βάρος, να αποκαθίστανται τα αποθέματα γλυκογόνου και να παρέχεται επαρκής πρωτεΐνη για την «χτίσιμο» και την «επισκευή» των μυών. Η πρόσληψη λίπους θα πρέπει να είναι επαρκής ώστε να παρέχει τα απαραίτητα λιπαρά οξέα και τις λιποδιαλυτές βιταμίνες, καθώς επίσης και για να βοηθήσει την παροχή για επαρκή ενέργεια για την συντήρηση του βάρους. Το σωματικό βάρος και η σύνθεση του σώματος μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην απόδοση της άσκησης αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως μοναδικό κριτήριο για την αθλητική απόδοση.

Καταναλώνοντας επαρκή τρόφιμα και υγρά πριν, κατά την διάρκεια και μετά την άσκηση, μπορεί να βοηθήσουμε στην διατήρηση της γλυκόζης του αίματος κατά την διάρκεια της άσκησης, στην μεγιστοποίηση της απόδοσης και στην βελτίωση του χρόνου αποκατάστασης. Οι αθλητές θα πρέπει να είναι καλά ενυδατωμένοι πριν να αρχίσουν να ασκούνται· θα πρέπει επίσης να πίνουν πολλά υγρά κατά την διάρκεια και μετά από την άσκηση για να ισορροπήσουν τις απώλειες υγρών.

Φαίνεται ότι η ιδανική θρεπτική υποστήριξη για την προαγωγή των κερδών άλιπης μάζας με την άσκηση αντίστασης θα αυξήσει τα κέρδη άλιπης μάζας και ότι οι πρωτεΐνες γάλακτος εμφανίζονται ιδιαίτερα αποτελεσματικές σε σχέση με αυτό. Και η πρωτεΐνη ορού γάλακτος και η καζεΐνη έχουν πρόσφατα αποδειχθεί αποτελεσματικές στην υποστήριξη μίας θετικής ισορροπίας λευκίνης και φαινυλαλανίνης μετά την άσκηση αντίστασης, χωρίς εμφανή διαφορά μεταξύ των δύο πρωτεϊνών ⁽³⁷⁾.

Η άσκηση ενισχύει πολλά από τα μεταβολικά μονοπάτια στα οποία απαιτούνται αυτά τα ιχνοστοιχεία, συνεπώς η άσκηση μπορεί να οδηγήσει στις μυϊκές βιοχημικές προσαρμογές που αυξάνουν τις ανάγκες για ιχνοστοιχεία. Η άσκηση μπορεί επίσης να αυξήσει τον κύκλο εργασιών των ιχνοστοιχείων, αυξάνοντας κατά συνέπεια τις απώλειες ιχνοστοιχείων από το σώμα. Επομένως, υψηλότερες προσλήψεις ιχνοστοιχείων μπορεί να απαιτούνται ώστε να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες για την επισκευή και συντήρηση της ισχνής μυϊκής μάζας στους αθλητές. Στοιχεία από πολλές μελέτες αποδεικνύουν ότι ο αθλητής που εφαρμόζει ισορροπημένη διατροφή δεν χρειάζεται να καταναλώνει συμπληρώματα βιταμινών για την βελτίωση της απόδοσής του. Υπάρχει μια επιφυλακτικότητα όσον αφορά τις αντιοξειδωτικές βιταμίνες. Έρευνες καταδεικνύουν επίσης ότι η εξουθενωτική, μέγιστη άσκηση προάγει την παραγωγή ελευθέρων ριζών, οι οποίες προκαλούν υπεροξειδωση των λιπιδίων, με αποτέλεσμα την απώλεια της ακεραιότητας των κυτταρικών και υποκυτταρικών μεμβρανών των μυϊκών

κυττάρων, προκαλώντας έντονα μυϊκά άλγη. Ωστόσο, η ίδια η προπόνηση αυξάνει την ενεργότητα των ενζύμων που αδρανοποιούν τις ελεύθερες ρίζες. Μολονότι, τα αντιοξειδωτικά δεν φάνηκε να βελτιώνουν την αθλητική απόδοση, θεωρητικά η πρόληψη της μυϊκής καταστροφής επιτρέπει στους αθλητές να προπονούνται πιο αποτελεσματικά. Ιδιαίτερα στην επίπονη άσκηση, σύμφωνα με την έρευνα του Dekkers και άλλων τα συμπληρώματα διατροφής που περιέχουν αντιοξειδωτικές βιταμίνες έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην υπεροξειδωση των λιπιδίων και συνιστώνται σε εκείνους που εκτελούν τακτικά σκληρή άσκηση, με στόχο την πρόληψη των μυϊκών βλαβών⁽⁷⁾.

Τα αναβολικά στεροειδή και η κρεατίνη προσφέρουν πιθανά οφέλη στην σωματική μάζα (μυϊκή μάζα) και την δύναμη αλλά και κινδύνους με δυσμενή αποτελέσματα σε πολλαπλά οργανικά συστήματα. Οι πρόδρομες στεροειδείς ουσίες, η αυξητική ορμόνη και τα αλκαλοειδή εφεδρίνης, δεν έχει αποδειχτεί ότι ενισχύουν οποιοσδήποτε αθλητικές μετρήσεις, ενώ μεταδίδουν πολλούς κινδύνους για τους χρήστες τους. Το συμπέρασμα των γιατρών βάσει ερευνών που έγιναν, είναι ότι τα εμπορικά σκευάσματα που πωλούνται με στόχο να μεγαλώνουν τη μυϊκή μάζα και να αυξάνουν τη μυϊκή δύναμη, δεν έχουν τέτοιες ιδιότητες. Εκείνο το οποίο τονίζουν είναι ότι για όσους ακολουθούν προγράμματα εντατικής μυϊκής εξάσκησης για αύξηση της μάζας και της δύναμης των μυών, εκείνο το οποίο βοηθά περισσότερο είναι να τρώνε μια καλά ισοζυγισμένη διατροφή. Η διατροφή αυτή θα τους παρέχει όλες τις αναγκαίες πρωτεΐνες και άλλες θρεπτικές ουσίες που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τη μυϊκή τους ανάπτυξη. Παρ' όλα αυτά οι ερευνητές δεν αποκλείουν οριστικά την πιθανότητα τα συμπληρώματα αυτά να έχουν κάποιες θετικές επιδράσεις σε ορισμένους και ιδιαίτερα σε αθλητές που προπονούνται πολύ σκληρά ⁽⁴⁶⁵⁾. Επειδή όμως δεν υπάρχουν προς το παρόν επιστημονικά δεδομένα που να τεκμηριώνουν τέτοιους ισχυρισμούς είναι απαραίτητο να γίνουν και άλλες έρευνες για να διαλευκανθεί ο ρόλος τους στις περιπτώσεις αυτές.

Συμπερασματικά, χρειάζεται πολλή προσοχή στο τομέα αυτό ιδιαίτερα διότι πολλοί έφηβοι που ακολουθούν προγράμματα εντατικής σωματικής εξάσκησης είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι σε τέτοιου είδους εμπορικά μηνύματα. Μια σωστή πλούσια και ισοζυγισμένη διατροφή, τους παρέχει σύμφωνα με τα πρόσφατα τεκμηριωμένα επιστημονικά δεδομένα, όλη την απαραίτητη ενέργεια και τις θρεπτικές ουσίες που είναι απαραίτητες για να υποστηρίξουν την προσπάθειά τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ <http://imerologioskatastromatos.blogspot.com/2006/04/blog-post.html>
2. «Οι Ολυμπιακοί Αγώνες στην Αρχαία Ελλάδα / Οι αθέατες πλευρές» Ελένης Νικολαΐδου και κ. Χρ. Κάτσικα (εκδόσεις Σαββάλας)
3. δημοσιευμένο στην εφημερίδα «Φάρος της Λακωνίας», αρ.φ. 463/28.04.83
4. Βιολογία κυττάρου, Μαρμαράς Βασίλης, Μαρμαρά-Λαμπροπούλου Μαρία
5. Φυσιολογία της Άσκησης, Βασίλης Κλεισούρας, Δημήτρης Φιλίππου (2^{ος} τόμος), συγγραφείς: McArdle, William D., Katch, Frank I., Victor L.
6. Bolster DR, Jefferson LS, Kimball SR.
Regulation of protein synthesis associated with skeletal muscle hypertrophy by insulin-, amino acid- and exercise-induced signalling. Proc Nutr Soc. 2004 May;63(2):351-6. Review.
7. ΓΕΛΑΔΑΣ Ν, ΤΕΡΖΗΣ Γ. και ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ Β. Κινησιολογία, Τομ. 2, Νο 2, σελ. 79-91, 1997
8. Φυσιολογία του ανθρώπου και μηχανισμοί των νόσων, Guyton and Hall - Εκδόσεις Παρισιάν
9. ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ(Ιντερνετ)
10. (Carson. 1997. The regulation of gene expression in hypertrophying skeletal muscle. Exercise and Sport Sciences Reviews 25:301-20)
11. Θεραπευτικές ασκήσεις. Βασικές αρχές και τεχνικές. Carolyn Kisner, MS, PT . Lynn Allen Colby. MS, PT
12. William Sheldon 1940
13. Tesch PA: Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. Med Sci Sports Exerc 20(suppl 5):132-134,1988
14. Γεώργιος Σκόλιας(Ιντερνετ <http://maximumfitness.gr/arthra.html>)
15. Van Etten LMLA, Verstappen FTJ, Westertep KR: Effect of body build on weight-training-induced adaptations in body composition and muscular strength. Med Sci Sports Exerc 26:515-521,1994
16. Clinics in Sports Medicine-Volume 18, Issue 3 (July 1999)
17. <http://www.offtopic.gr/archive/index.php/t-325-p-2.html>
18. Heyward. V.H. and L.M. Stolarczyk. Applied Body Composition Assessment. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
19. Hayes. P.A., P.J. Sowood, A. Belyavin. J.B. Cohen. and F.W. Smith. Subcutaneous fat thickness measured by magnetic resonance imaging, ultrasound, and calipers. Med. Sci. Sports Exerc. 20: 303-309, 1988.
20. Lohman, T.G. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review. Hum.Biol. 53: 181-225, 1981.
21. Jackson. AS., and M.L. Pollock. Factor analysis and multivariate scaling of anthropometric variables for the assessment of body composition. Med. Sci. Sports Exerc. 8: 196- 203, 1976.
22. Jackson, AS. Research design and analysis of data procedures for predicting body density. Med Sci. Sports Exerc. 16: 616-620, 1984.
23. Lohman, T.G., A.F. Roche, and R. Martorell (Eds.) Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign. IL: Human Kinetics, 1988.
24. Martorell. R., F. Mendoza, W.H. Mueller, and I.G. Pauson. Which side to measure: Right or left? In T.G. Lohman. A.F. Roche, and R. Martorell (Eds.). Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988. pp. 87-91.
25. Deurenberg, P., J.A. Weststrate, and J.C. Seidell. Body mass index as a measure of body fatness: Age-and sex-specific prediction formulas. Br. J. Nutr.65: 105-114, 1991.
26. Wang, J. J.C Thornton, M. Russell. S. Burastero. S. Heymsfield. and R.N. Pierson. Asians have lower body mass index (BMI) hut higher percent body fat than do whites:

- Comparisons of anthropometric measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 60: 23-28, 1994.
27. Rickert VI, Pawlak-Morello C, Sheppard V, et al. Human growth hormone: a new substance of abuse among adolescents? *Clin Pediatr (Phila)*. 1992;31:723-736
 28. ΓΝΑ Ελληνικός Ερυθρός Σταυρός, Τμήμα Ενδοκρινολογίας)
 29. <http://www.maximumfitness.gr/arthra/ypertrofia/02.html>
 30. DUECK CA, MATT KS, MANORE MM, SKINNER JS. Treatment of athletic amenorrhea with a diet and training intervention program. *Int. J. Sport Nutr.* 6:24–40, 1996.
 31. MANORE MM. Nutritional needs of the female athlete. In: Wheeler KB, Lombardo JA, eds. *Clinics in Sports Medicine: Nutritional Aspects of Exercise*. Philadelphia, Pa : WB Saunders Company; 549–563, 1999.
 32. SUNDGOT-BORGEN J. Eating Disorders. In: Berning JR, Steen SN, eds. *Nutrition for Sport and Exercise*. Gaithersburg, Md : Aspen Publishers; 1998:pp.187–203.
 33. Pollock, M., and Vincent, K. 1996. Resistance training and health. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest* 2(8): 1-6
 34. Kushner, R.F. Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. *J. Am. Coll. Nutr.* 11: 99-209, 1992.
 35. Lohman. T.G. *Advances in Body Composition Assessment*. Champaign. IL: Human Kinetics, 1992.
 36. Miriam E. Nelson et al. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures, *JAMA*, Dec 29, 1994, vol 272, no. 24
 37. The effects of progressive resistance training on bone density : a review, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Feb 1998, 25 – 30
 38. Επιστημονικό άρθρο προσαρτημένο στο Internet από – Ασκληπιακό Πάρκο Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών – Πιλοτική επιλογή – Ανάλυση ευθυνών
 39. Melinda Sheffield-Moore² and Randall J. Urban¹ **TRENDS in Endocrinology and Metabolism** Vol.15 No.3 April 2004(άρθρο της κυρίας)
 40. Kreuz, L. E., & Rose, R. M. (1972). Assessment of aggressive behavior and plasma testosterone in a young criminal population. *J. Psychosom. Med.*, 34, 321-332.
 41. Cadoux-Hudson TA, et al. *Eur J Appl Physiol*, 1985, 54 (3): 321-5.
 42. Tietz N. *Clinical Guide to laboratory tests*. W.B. Saunders, 1995 page 579.
 43. Elias, A. N., & Wilson, A. F. (1993). Exercise and gonadal function. *Hum. Reprod.*, 8, 1747-1761.
 44. Arce, J. C., & De Souza, M. J. (1993). Exercise and male factor infertility. *Sports Med.*, 15, 146-169.
 45. Fryburg, D. A., Jahn, L. A., Hill, S. A., Ollveras, D. M. & Barrett, E. J. (1995) Insulin and insulin-like growth factor-1 enhance human skeletal muscle protein anabolism during hyperaminoacidemia by different mechanisms. *J. Clin. Invest.* 96: 1 722- 1 729.
 46. Musaro, A. et al. (1999) IGF-1 induces skeletal myocyte hypertrophy through calcineurin in association with GATA-2 and NF-ATc1. *Nature* 400, 581–585
 47. Fiorotto, M.L. et al. (2003) Persistent IGF-I overexpression in skeletal muscle transiently enhances DNA accretion and growth. *FASEB J.* 17, 59–60
 48. Bamman, M.M. et al. (2001) Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 280, E383–E390
 49. Hameed, M. et al. (2003) Expression of IGF-I splice variants in young and old human skeletal muscle after high resistance exercise. *J. Physiol.* 547, 247–254
 50. McCall, G.E. et al. (2003) Transcriptional regulation of IGF-I expression in skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 285, C831–C839
 51. Gelfand, R.A. and Barrett, E.J. (1987) Effect of physiologic hyperinsulinemia

- on skeletal muscle protein synthesis and breakdown in man. *J. Clin. Invest.* 80, 1–6
52. Biolo, G. et al. (1995) Physiologic hyperinsulinemia stimulates protein synthesis and enhances transport of selected amino acids in human skeletal muscle. *J. Clin. Invest.* 95, 811–819
 53. Nygren, J. and Nair, K.S. (2003) Differential regulation of protein dynamics in splanchnic and skeletal muscle beds by insulin and amino acids in healthy human subjects. *Diabetes* 52, 1377–1385
 54. Fryburg, D.A. et al. (1995) Insulin and insulin-like growth factor-I enhance human skeletal muscle protein anabolism during hyperaminoacidemia by different mechanisms. *J. Clin. Invest.* 96, 1722–1729
 55. Hillier, T.A. et al. (1998) Extreme hyperinsulinemia unmasks insulin's effect to stimulate protein synthesis in the human forearm. *Am. J. Physiol.* 274, E1067–E1074
 56. Αθλητισμός και φάρμακα -Συγγραφέας: Μαρία Σκουρολιάκου
Εκδόσεις: Ινστιτούτο Φαρμακευτικής Έρευνας & Τεχνολογίας
http://www.ifet.gr/antidoping_ifet.pdf
 57. Joulia, D. et al. (2003) Mechanisms involved in the inhibition of myoblast proliferation and differentiation by myostatin. *Exp. Cell Res.* 286, 263–275
 58. Thomas, M. et al. (2000) Myostatin, a negative regulator of muscle growth, functions by inhibiting myoblast proliferation. *J. Biol. Chem.* 275, 40235–40243
 59. Roth, S.M. et al. (2003) Myostatin gene expression is reduced in humans with heavy-resistance strength training: a brief communication. *Exp. Biol. Med.* (Maywood) 228, 706–709
 60. Welle, S. et al. (2002) Insulin-like growth factor-1 and myostatin mRNA expression in muscle: comparison between 62–77 and 21–31 yr old men. *Exp. Gerontol.* 37, 833–839
 61. Marcell, T.J. et al. (2001) Comparison of GH, IGF-I, and testosterone with mRNA of receptors and myostatin in skeletal muscle in older men. *Am. J. Physiol.* 281, E1159–E1164
 62. Rose, R. M. (1984). Overview of endocrinology of stress. In: Brown, G. M., Koslew, S. H., Reichlin, S. (eds.), *Neuroendocrinology and psychiatric disorder*. Raven Press, New York, pp. 95-122.
 63. Ferrando, A.A. et al. (2002) Testosterone administration to older men improves muscle function: molecular and physiological mechanisms. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 282, E601–E607
 64. Sheffield-Moore, M. et al. (1999) Short-term oxandrolone administration stimulates net muscle protein synthesis in young men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 84, 2705–2711
 65. Barbieri, M. et al. (2003) Chronic inflammation and the effect of IGF-I on muscle strength and power in older persons. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 284, E481–E487
 66. Sipila, S. and Poutamo, J. (2003) Muscle performance, sex hormones and training in peri-menopausal and post-menopausal women. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 13, 19–25
 67. Nutrition and Athletic Performance *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 32, No. 12, pp. 2130–2145; *J. Am. Diet. Assoc.* Vol. 12, pp. 1543–1556. 2000; *Diet of Canada* Vol. 61, pp. 176-192.
 68. COYLE EF, COGGAN AR, HEMMERT MK, IVY JL. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol.* 61:165–172, 1986.

69. LEMON PWR. Effects of exercise on dietary protein requirements. *Int. J. Sport Nutr.* 8:426–447, 1998.
Specific Training Conference, Orlando Florida, January 2004.
70. Iwao S, Mori K, Sato Y. Effects of meal frequency on body composition during weight control in boxers. *Scand J Med Sci Sports* 6.5, 265 – 27, 1996.
71. Garrow JS, et al. The effect of meal frequency and protein concentration on the composition of the weight lost by obese subjects. *Br J Nutr* 45.1 : 5 – 15, 1981.
72. Benardot D. Nutritional strategies for muscle development. Presented at NSCA – Sport
73. K.D. Tipton and R.R. Wolfe, Exercise – induced changes in protein metabolism, *Acta Physiol Scand* 1998; 162, 377-387
74. Fielding, R.A., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Frontera, W.R., Cannon, J.G. & Evans, W.J. 1991. Enhanced protein breakdown after eccentric exercise in young and old men. *J Appl Physiol* 71, 674-679.
75. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, Wolfe RR: Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36: 2073–2081, 2004.
76. Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, Beaufrere B: Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci USA* 94:14930–14935, 1997.
77. Dangin M, Boirie Y, Guillet C, Beaufrere B: Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. *J Nutr* 132:3228S–3233S, 2002
78. Dangin M, Boirie Y, Garcia-Rodenas C, Gachon P, Fauquant J, Callier P, Balleve O, Beaufrere B: The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 280:E340–E348
79. Reuters, *American Journal of Clinical Nutrition* (August 2007)
80. Morens C, Bos C, Pueyo ME, Benamouzig R, Gausseres N, Luengo C, Tome D, Gaudichon C: Increasing habitual protein intake accentuates differences in postprandial dietary nitrogen utilization between protein sources in humans. *J Nutr* 133:2733– 2740, 2003.
81. Bos C, Metges CC, Gaudichon C, Petzke KJ, Pueyo ME, Morens C, Everwand J, Benamouzig R, Tome D: Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J Nutr* 133:1308–1315, 2003.
82. Fouillet H, Gaudichon C, Bos C, Mariotti F, Tome D: Contribution of plasma proteins to splanchnic and total anabolic utilization of dietary nitrogen in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 285:E88–E97, 2003.
83. Dangin M, Guillet C, Garcia-Rodenas C, Gachon P, Bouteloup-Demange C, Reiffers-Magnani K, Fauquant J, Balleve O, Beaufrere B: The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J Physiol* 549:635–644, 2003.
84. Bos C, Mahe S, Gaudichon C, Benamouzig R, Gausseres N, Luengo C, Ferriere F, Rautureau J, Tome D: Assessment of net postprandial protein utilization of ¹⁵N-labelled milk nitrogen in human subjects. *Br J Nutr* 81:221–226, 1999.
85. Phillips SM: Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition* 20:689–695, 2004.
86. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, Wolfe RR: Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36: 2073–2081, 2004.
87. Okomurea K, Doi T, Hamada K, et al. Effect of amino acid and glucose administration

- during postexercise recovery on protein kinetics in dogs . *Am J Physiol* 272: E1023 – E 1030, 1997 .
88. Ivy JL, Portman R. *Nutrient Timing*. Basic Health Publications Inc. Bergen NJ: 2004
 89. Phillips SM, Tipton KD, Aarsland JC, Cortiella SP, Wolf SP, Wolfe RR. “Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans”. *Am. J. Physiol Endocrinol. Metab* 273: E99 – E107, 1997.
 90. Rasmussen BB, Tipton DT, Miller SL, Wolfe ES, Wolfe RR. “ An oral essential amino acid –carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise”. *J. Appl. Physiol.* 88: 386 – 392, 2000.
 91. Tipton KD, Ferrando SM, Phillips DD, Wolfe RR. Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab* 276: E628 – E634, 1999.
 92. MCCONNELL GK, KLOOT K, HARGREAVES M. Effect of timing of carbohydrate ingestion on endurance exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:1300–1304k 1996.
 93. BURKE LM, COLLIER GR, HARGREAVES M. Muscle glycogen storage after prolonged exercise: Effect of the glycemic index of carbohydrate feeding. *J. Appl. Physiol.* 75:1019 –1023, 1993.
 94. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Recommended Dietary Allowances*. 10th ed. Washington , DC : National Academy Press; 1989.
 95. INSTITUTE of MEDICINE . *Dietary reference intakes. Calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride*. Washington, DC: National Academy Press; 1997.
 96. INSTITUTE of MEDICINE . *Dietary reference intakes. Thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B-6, folate, vitamin B-12, pantothenic acid, biotin, and choline*. Washington , DC : National Academy Press; 1998.
 97. Short, S. 1994. Surveys of dietary intake and nutrition knowledge of athletes and their coaches. In *Nutrition in Exercise and Sport*, eds. I. Wolinsky and J. Hickson. Boca Raton , FL : CRC Press.
 98. Armstrong, L., and Maresh, C. 1996. Vitamin and mineral supplements as nutritional aids to exercise performance and health. *Nutrition Reviews* 54:S148-S158.
 99. Niess, A., et al. 1996. DNA damage after exhaustive treadmill running in trained and untrained men. *International Journal of Sports Medicine* 17:397-403.
 100. Dekkers, J., et al. 1996. The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine* 21:213-38.
 101. Simon- Schnass, I. 1993. Vitamin requirements for increased physical activity: Vitamin E In *Nutrition and Fitness for Athletes* 71:144-53, eds. A. Simopoulos and K. Pavlou. Basel , Switzerland : Karger.
 102. MANORE MM, THOMPSON JL. *Sport Nutrition for Health and Performance*. Champaign , Ill : Human Kinetics; 2000.
 103. CLARKSON PM. Exercise and the B vitamins. In: Wolinsky I, ed. *Nutrition in Exercise and Sports*. 3rd ed. Boca Raton , Fla : CRC Press; 179-195, 1998.
 104. LEWIS RD. Riboflavin and niacin. In: Wolinsky I, Driskell JA, eds. *Sports Nutrition: Vitamins and Trace Elements*. Boca Raton, Fla: CRC Press; 1997, pp. 57-73.
 105. MCMARTIN K. Folate and vitamin B12. In: Wolinsky I, Driskell JA, eds. *Sports Nutrition: Vitamins and Trace Elements*. Boca Raton, Fla: CRC Press; 85-96, 1997.
 106. PEIFER JJ. Thiamin. In: Wolinsky I, Driskell JA, eds. *Sports Nutrition: Vitamins and Trace Elements*. Boca Raton, Fla: CRC Press; 47-55:1997.
 107. MANORE MM. The effect of physical activity on thiamin, riboflavin, and vitamin B-6 r, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. *Am. J. Clin. Nutr.* 72(suppl):5985- 6065, 2000.

108. Suzuki, M., and Itokawa, Y. 1996. Effects of thiamine supplementation on exercise-induced fatigue. *Metabolism in Brain Diseases* 11:95-106.
109. Hoffman, A., et al. 1989. Plasma pyridoxal phosphate concentrations in response to ingesting water or glucose polymer during a two hour run. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21:S59.
110. Williams, M. 1989. Vitamin supplementation and athletic performance. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research, Supplement* 30:161-91.
111. DUECK CA, MATT KS, MANORE MM, SKINNER JS. Treatment of athletic amenorrhea with a diet and training intervention program. *Int. J. Sport Nutr.* 6:24-40, 1996.
112. DUECK CA, MANORE MM, MATT KS. Role of energy balance in athletic menstrual dysfunction. *Int. J. Sport Nutr.* 6:165-190, 1996.
113. Leibovitz, B. 1990. Nutrition and Performance. Muscular development, 27 (July):27
114. Magnesium and muscle performance in older persons: the InCHIANTI study, *American Journal of Clinical Nutrition* 2006;84: 419-426, Office of Dietary Supplements
115. Deuster, P. 1989. Magnesium in sports medicine. *Journal of the American College of Nutrition* 8:462.
116. McDonald, R., and Keen, C. 1988. Iron, zinc and magnesium nutrition and athletic performance. *Sports Medicine* 5:171-84.
117. HAYMES EM, CLARKSON PM. Minerals and trace minerals. In: Berning JR, Steen SN, eds. *Nutrition for Sport and Exercise*. Gaithersburg, Md : Aspen Publishers, 1998, pp. 77-107.
118. Weight, L. 1993. 'Sports anemia' Does it exist? *Sports Med.* 16:1-4
119. Garza, D., et al. 1997. The clinical value of serum ferritin tests in endurance athlete. *Clinics in sport med.* 7:46-53
120. *British Journal of Sports Medicine*, 2001;35:109-113.
121. Anderson, R. 1988. Selenium, chromium and manganese. (B) Chromium. In *Modern Nutrition in Health and Disease*, eds. M. Shils and V. Young. Philadelphia : Lea and Febiger.
122. Vincent JB. Department of Chemistry And Coalition for Biomolecular Products, The University of Alabama , Tuscaloosa , Alabama 35487-0336 , USA .
123. Ferrando, A., and Green, N. 1993. The effect of boron supplementation on lean body mass, plasma testosterone levels, and strength in male body builders. *International Journal of Sport Nutrition* 3:140-49.
124. Barr SI, Chapman GE. Perceptions and practices of self-defined current vegetarian, former vegetarian, and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc.* 2002;102:354-360.
125. Perry CL, McGuire MT , Neumark-Sztainer D, Story M. Adolescent vegetarians. How well do their dietary patterns meet the Healthy People 2010 objectives? *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2002;156:431-437.
126. Sabate J, Ratzin-Turner RA, Brown JE. Vegetarian diets: descriptions and trends. In: Sabate J, ed. *Vegetarian Nutrition*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2001:3-17.
127. Fraser GE. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California Seventh-day Adventists. *Am J Clin Nutr.* 1999;70:532S-538S.
128. White RF, Seymour J, Frank E. Vegetarianism among US women physicians. *J Am Diet Assoc.* 1999;99:595-598.
129. Lea E, Worsley A. The cognitive contexts of beliefs about the healthiness of meat. *Public Health Nutr.* 2002;5:37-45.

130. Janelle KC, Barr SI. Nutrient intakes and eating behavior scores of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc.* 1995;95:180-189.
131. Jacob RA, Burri BJ. Oxidative damage and defense. *Am J Clin Nutr.* 1996;63:985S-990S.
132. Messina MJ, Messina VL. *The Dietitian's Guide to Vegetarian Diets: Issues*
133. Larsson CL, Johansson GK. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr.* 2002;76:100-106.
134. Young VR, Pellett PL. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am J Clin Nutr.* 1994;59:1203S-1212S.
135. Joint FAO/WHO Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. FAO Food and Nutrition Paper 51. Rome ; 1991.
136. Rand WM, Pellett PL, Young VR. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:109-127.
137. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids.* Washington, DC : National Academy Press; 2002.
138. Messina V, Mangels AR. Considerations in planning vegan diets: Children. *J Am Diet Assoc.* 2001;101:661-669.
139. Young VR, Fajardo L, Murray E, Rand WM, Scrimshaw NS. Protein requirements of man: Comparative nitrogen balance response within the submaintenance-to-maintenance range of intakes of wheat and beef proteins. *J Nutr.* 1975;105:534-542.
140. Nieman DC. Physical fitness and vegetarian diets: Is there a relation? *Am J Clin Nutr.* 1999;70:570S-575S.
141. American Dietetic Association, Dietitians of Canada, the American College of Sports Medicine. Nutrition and athletic performance—Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine. *J Am Diet Assoc.* 2000;100:1543-1556.
142. Hurrell RF, Reddy M, Cook JD. Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. *Br J Nutr.* 1999;81:289-295.
143. Gillooly M, Bothwell TH, Torrance JD, MacPhail AP, Derman DP, Bezwoda WR, Mills W, Charlton RW. The effects of organic acids, phytates, and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. *Br J Nutr.* 1983;49:331-342.
144. Hallberg L, Hulthen L. Prediction of dietary iron absorption: An algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *Am J Clin Nutr.* 2000;71:1147-1160.
145. Sandstrom B. Micronutrient interactions: Effects on absorption and bioavailability. *Br J Nutr.* 2001;85(suppl 2):S181-S185.
146. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc.* Washington, DC: National Academy Press; 2001.
147. Hunt JR, Matthys LA, Johnson LK. Zinc absorption, mineral balance, and blood lipids in women consuming controlled lactoovovegetarian and omnivorous diets for 8 weeks. *Am J Clin Nutr.* 1998;67:421-430.
148. Ball MJ, Ackland ML. Zinc intake and status in Australian vegetarians. *Br J Nutr.* 2000;83:27-33.
149. Hunt JR. Moving toward a plant-based diet: Are iron and zinc at risk? *Nutr Rev.* 2002;60:127-134.
150. Heaney R, Dowell M, Rafferty K, Bierman J. Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. *Am J Clin*

- Nutr. 2000;71:1166-1169.
151. Weaver C, Plawecki K. Dietary calcium: Adequacy of a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr.* 1994;59:1238S-1241S.
 152. Weaver C, Proulx W, Heaney R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr.* 1999;70:543S-548S.
 153. Messina V, Melina V, Mangels AR. A new food guide for North American vegetarians. *J Am Diet Assoc.* 2003;103:771-775.
 154. Messina V, Melina V, Mangels AR. A new food guide for North American vegetarians. *Can J Diet Pract Res.* 2003;64(2).
 155. Slattery ML, Jacobs DR Jr, Hilner JE, Caan BJ, Van Horn L, Bragg C, Manolio TA, Kushi LH, Liu KA. Meat consumption and its associations with other diet and health factors in young adults: The CARDIA study. *Am J Clin Nutr.* 1991;54:930-935.
 156. Tesar R, Notelovitz M, Shim E, Dauwell G, Brown J. Axial and peripheral bone density and nutrient intakes of postmenopausal vegetarian and omnivorous
 157. Raj S, Ganganna P, Bowering J. Dietary habits of Asian Indians in relation to length of residence in the United States . *J Am Diet Assoc.* 1999;99:1106- 1108.
 158. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D and Fluoride. Washington, DC: National Academy Press; 1997.
 159. Holick MF. Vitamin D and bone health. *J Nutr.* 1996;126:1159S-1164S.
 160. Lee LT, Drake WM, Kendler DL. Intake of calcium and vitamin D in 3 Canadian long-term care facilities. *J Am Diet Assoc.* 2002;102:244-247.
 161. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2002. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 15. Nutrient data laboratory home page. Available at: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. Accessed February 10, 2003.
 162. Donaldson MS. Metabolic vitamin B12 status on a mostly raw vegan diet with follow-up using tablets, nutritional yeast, or probiotic supplements. *Ann Nutr Metab.* 2000;44:229-234.
 163. van het Hof KH, Brouwer IA , West CE, Haddeman E, Steegers-Theunissen RP, von Dussledorp M, Weststrate JA, Ekes TK, Hautvast JG. Bioavailability of lutein from vegetables is five times higher than that of beta carotene. *Am J Clin Nutr.* 1999;70:261-268.
 164. Ågren JJ, Tormala ML, Nenonen MT , Hanninen OO. Fatty acid composition of erythrocyte, platelet, and serum lipids in strict vegans. *Lipids.* 1995; 30:365-369.
 165. Krajcovicova-Kudlackova M, Simoncic R, Babinska K, Bederova A. Levels of lipid peroxidation and antioxidants in vegetarians. *Eur J Epidemiol.* 1995;11:207-211.
 166. Mezzano D, Munoz X, Marinez C, Cuevas A, Panes O, Aranda E, Guasch V, Strobel P, Munoz B, Rodriguez S, Pereira J, Leighton F. Vegetarians and cardiovascular risk factors: Hemostasis, inflammatory markers and plasma homocysteine. *Thromb Haemost.* 1999;81:913-917.
 167. Joint WHO/FAO Expert Consultation on Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Draft. Geneva , Switzerland . Jan 28 to Feb 1, 2002. Available at: <http://www.who.int/hpr/nutrition/26Aprilraftrev1.pdf>. Accessed February 10, 2003.
 168. Conquer JA, Holub BJ. Supplementation with an algae source of docosahexaenoic acid increases (n-3) fatty acid status and alters selected risk factors for heart disease in vegetarian subjects. *J Nutr.* 1996;126:3032-3039.
 169. Davis B, Kris-Etherton P. Achieving optimal essential fatty acid status in

- vegetarians: Current knowledge and practical implications. *Am J Clin Nutr*. In press.
170. Burdge GC, Jones AE, Wooton SA. Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of alpha-linolenic acid metabolism in young men. *Br J Nutr*. 2002;88:355-363.
 171. Appleby PN, Thorogood M, Mann JI, Key TJ. The Oxford Vegetarian Study: An overview. *Am J Clin Nutr*. 1999;70:525S-531S.
 172. Remer T, Neubert A, Manz F. Increased risk of iodine deficiency with vegetarian nutrition. *Br J Nutr*. 1999;81:45-49.
 173. Allen LH. Zinc and micronutrient supplements for children. *Am J Clin Nutr*. 1998;68(suppl):495S-498S.
 174. Neumark-Sztainer D, Story M, Resnick MD, Blum RW. Adolescent vegetarians: A behavioural profile of a school-based population in Minnesota. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1997;151:833-838.
 175. Harman, SK, Parnell, WR. The nutritional health of New Zealand vegetarian and non-vegetarian Seventh-day Adventists: Selected vitamin, mineral and lipid levels. *N Z Med J*. 1998;111:91-94.
 176. Key T, Davey G. Prevalence of obesity is low in people who do not eat meat (letter). *Br Med J*. 1996;313:816-817.
 177. Hoberman JM, Yesalis CE. The history of synthetic testosterone. *Sci Am*. 1995;272:76-81
 178. Voy R. *Drugs, Sport and Politics*. Champaign, IL: Leisure Press; 1990
 179. Yesalis CE, ed. *Anabolic Steroids in Sport and Exercise*. Champaign, IL: Kinetic Publishers; 1993:35-47
 180. McDevitt ER. Ergogenic drugs in sports. In: DeLee J, Drez D,
 181. Williams MH. The use of nutritional ergogenic aids in sports: is it an ethical issue? *Int J Sport Nutr*. 1994;4:120-131
eds. *Orthopaedic Sports Medicine: Principles and Practice*. 2nd ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 2003:471-483
Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics.
 182. Wilson JD. Androgens. In: Hardman JG, Limbird LE, eds. New York, NY: McGraw-Hill; 1996:1441-1457
 183. Haupt HA, Rovere GD. Anabolic steroids: a review of the literature. *Am J Sports Med*. 1984;12:469-484
 184. Wilson JD. Androgen abuse by athletes. *Endocr Rev*. 1988;9: 181-199
 185. Kadi F, Eriksson A, Holmner S, Thornell L. Effects of anabolic steroids on the muscle cells of strength trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:1528-1534
 186. Arlt W. Adrenal Androgens. Endotext.com. Available at: www.endotext.org/aging/aging12/aging12.htm. Accessed January 20, 2006
 187. Rosen CJ. Growth hormone and aging. *Endocrine*. 2000;12: 197-201
 188. Rogol AD. Sex steroid and growth hormone supplementation to enhance performance in adolescent athletes. *Curr Opin Pediatr*. 2000;12:382-387
 189. Rickert VI, Pawlak-Morello C, Sheppard V, et al. Human growth hormone: a new substance of abuse among adolescents? *Clin Pediatr (Phila)*. 1992;31:723-736
 190. Frisch H. Growth hormone and body composition in athletes. *J Endocrinol Invest*. 1999;22(suppl):106-109
 191. Taafee DR, Pruitt L, Reim J, et al. Effect of recombinant human growth hormone on the muscle strength response to resistance exercise in elderly men. *J Clin Endocrinol Metab*. 1994;79:1361-1366
 192. Yarasheski KE. Growth hormone effects on metabolism, body composition, muscle mass, and strength. *Exerc Sport Sci Rev*. 1994;22:285-312

193. Khaleeli AA, Levy RD , Edwards RH, et al. The neuromuscular features of acromegaly: a clinical and pathological study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1984;47:1009-1115
194. Colao A, Cuocolo A, Marzullo P, et al. Is the acromegalic cardiomyopathy reversible? Effect of 5 year normalization of growth hormone and insulin like growth factor I levels on cardiac performance. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001;86: 1551-1557
195. Rennie MJ. Claims for the anabolic effects of growth hormone: a case of the emperor's new clothes? *Br J Sports Med*. 2003;37:100-105
196. Williams MH. *The Ergogenic Edge: Pushing the Limits of Sports Performance*. Champaign , IL : Human Kinetics; 1998
197. Dietary Supplement Health and Education Act of 1994, Pub L No. 103-417 (October 25, 1994)
198. Balsom PE, Soderlund K, Ekblom B. Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Med*. 1994;18:268-280
199. Clark JF. Creatine and phosphocreatine: a review of their use in exercise and sport. *J Athl Train*. 1997;32:45-51
200. Jenkins MA. Creatine Supplementation in Athletes: Review. *SportsMed Web*; 1998. Available at: www.rice.edu/~jenky/sports/creatine.html. Accessed January 20, 2006
201. Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am J Physiol*. 1994;66:E725-E730
202. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, Kraemer WJ, Meyer RA, Spriet LL, Tarnopolsky MA, Wagenmakers AJ, Williams MH. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:706-717
203. Clark JF. Creatine: a review of its nutritional applications in sport. *Nutrition*. 1998;14:322-324
204. PDR Health. Creatine. Available at: www.pdrhealth.com/ CALFEE and FADALE
205. Green AL, Hultman E, Macdonald IA , et al. Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *Am J Physiol*. 1997;271:E821-E826
206. Vandenberghe K, Gillis N, Van Leemputte M, et al. Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *J Appl Physiol*. 1996;80:452-457
207. Engelhardt M, Neuman G, Berbalk A, Reuter I. Creatine supplementation in endurance sports. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:1123-1129
208. Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, et al. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31: 1147-1156
209. Cogeni J, Miller S. Supplements and drugs used to enhance athletic performance. *Pediatr Clin North Am*. 2002;49:435-461
210. Pritchard NR, Kaira PA. Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *Lancet*. 1998;351:1252-1253
211. Koshy KM, Griswold E, Schneeberger EE. Interstitial nephritis in a patient taking creatine. *N Engl J Med*. 1999;340:814-815
212. Poortmans JR, Francaux M. Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:1108-1110

- 213.** Hoffman BB, Lefkowitz RJ. Catecholamines, sympathomimetic drugs and adrenergic receptor antagonists. In: Hardman JG, Limbird LE, eds. Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics. New York , NY : McGraw-Hill; 1996: 221-224
- 214.** Greydanus DE, Patel DR. Sports doping in the adolescent athlete: the hope, hype, and hyperbole. *Pediatr Clin North Am.* 2002;49:829-855
- 215.** Gill ND, Shield A, Blazeovich AJ, et al. Muscular and cardiorespiratory effects of pseudoephedrine in human athletes. *Br J Clin Pharmacol.* 2000;50:205-213
- 216.** Bell DG, McLellan TM, Sabiston CM. Effect of ingesting caffeine and ephedrine on 10 km run performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:344-349
- 217.** Bent S, Tiedt TN , Odden MC, Shlipak MG. The relative safety of ephedra compared with other herbal products. *Ann Intern Med.* 2003;138:468-471
- 218.** Haller CA, Benowitz NL. Adverse cardiovascular and central nervous system events associated with dietary supplements containing ephedra alkaloids. *N Engl J Med.* 2000;343: 1833-1888
- 219.** *British Journal of Sports Medicine,* 2001;35:109-113.
- 220.** *Journal of the American Dietetic Association,* 2002;102:818-825, Ιούνιος 2002. 467. National Institute on Drug Abuse
- 221.** *British Journal of Sports Medicine* 2001; 35:109-113
- 222.** National Institute on Drug Abuse
- 223.** *Journal of the American Dietetic Association* 2002;102:815-825

