ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

«Φόρτιση υδατανθράκων, προσαρμογή λίπους και μεγιστοποίηση της καύσης του λίπους ως πηγή ενέργειας σε αθλήματα διάρκειας μεγαλύτερα από δύο ώρες.»

Καλτσίδη Ελισάβετ ΑΜ 2667

Χατζή Αγγελική ΑΜ 2584

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Βενιαμάκης Ελευθέριος (επιβλέπων)

Βαμβάκης Αναστάσιος

Σφακιανάκη Ειρήνη

ΣΗΤΕΙΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2023

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

THESIS
for the Undergraduate Degree

«**C**arbohydrate loading, fat adaptation and maximizing fat burning as an energy source in sports lasting longer than two hours »

Elisavet Kaltsidi YD:2667

Angeliki Chatzi YD:2584

Supervisors

Eleftherios Veniamakis

Vamvakis Anastasios

Sfakianaki Eirini

SITIA, NOVEMBER 2023

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

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

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

«Ευχαριστίες»

Η πτυχιακή αυτή εργασία δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την βοήθεια του επιβλέποντα καθηγητή κ. Ελευθέριου Βενιαμάκη. Θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μας εργασίας, αλλά και για την καθοδήγηση και βοήθεια που μας παρείχε όλο αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ένα εντεινόμενο ενδιαφέρον προς τα αθλήματα αντοχής. Αποτέλεσμα αυτού είναι μεγάλο μέρος των αθλητών να καταβάλει συνεχείς προσπάθειες, με στόχο την βελτίωση των επιδόσεων του τόσο μέσω της προπόνησης όσο και μέσω της υιοθέτησης του κατάλληλου πλάνου διατροφής, ώστε να περιοριστεί η κόπωση. Πέρα από την μυϊκή κόπωση, ωστόσο, υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες που περιορίζουν την απόδοση και δεν είναι άλλοι από την αφυδάτωση και την μειωμένη πρόσληψη ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί πως πολλοί αθλητές και ιδιαίτερα οι αθλήτριες, δεν καλύπτουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε χαμηλότερες επιδόσεις. Οι ενεργειακές ανάγκες και περισσότερο οι ανάγκες υδατανθράκων είναι υψηλές στα αθλήματα αντοχής, είτε σε επαγγελματίες αθλητές, είτε σε ερασιτέχνες αθλητές.

Έχει φανεί πως η αύξηση της συγκέντρωσης του γλυκογόνου στους μύες αλλά και το ήπαρ μέσω της κατανάλωσης υδατανθράκων μπορεί να ενισχύσει την απόδοση του αθλητή. Ωστόσο, η αποθήκευση των υδατανθράκων στο σώμα είναι περιορισμένη. Παρόλα αυτά, φαίνεται πως αν ο αθλητής ακολουθήσει το κατάλληλο πρωτόκολλο φόρτισης υδατανθράκων που περιλαμβάνει στρατηγική συγκεκριμένης προπόνησης και διατροφής, υψηλής διαιτητικής πρόσληψης σε υδατάνθρακες, θα έχει πλήρη αποθέματα μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου. Σαν αποτέλεσμα, παρατηρείται μεγάλο όφελος εργογονικής απόδοσης που σημειώνεται συχνά σε συμβάντα διάρκειας μεγαλύτερης των 90 λεπτών. Υπάρχουν διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης υδατανθράκων, που ποικίλλουν σε χαρακτηριστικά, όπως ο τύπος και η διάρκεια της διατροφικής χειραγώγησης και οι συνοδευτικές δραστηριότητες άσκησης/προπόνησης. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει ευελιξία ώστε ο αθλητής να μπορεί να προσαρμόσει κατάλληλα το πλάνο του σύμφωνα με τον αγώνα.

Ακόμη, η διαδικασία προσαρμογής του λίπους μέσω της οξείδωση μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τόσο την ενέργεια όσο και την αντοχή. Καθώς οι αποθήκες του λίπους είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με το γλυκογόνο, η ικανότητα κινητοποίησης και χρήση λίπους μπορεί να «εξοικονομήσει» την κατανάλωση υδατανθράκων και έτσι να καθυστερήσει η κόπωση. Εδώ και πολλές δεκαετίες, οι αθλητικοί διαιτολόγοι και οι φυσιολόγοι της άσκησης έχουν παρουσιάσει μία σειρά με τρόπους προπόνησης και διατροφής. Σκοπός είναι να αυξηθεί η διαθεσιμότητα λιπαρών οξέων και ρυθμού οξείδωσης λιπιδίων, ώστε να μειωθεί ο ρυθμός χρήσης γλυκογόνου κατά την άσκηση. Μία τέτοια στρατηγική είναι η προσαρμογή του λίπους. Οι καλά προπονημένοι αθλητές καταναλώνουν δίαιτα υψηλή σε λιπαρά και χαμηλή σε υδατάνθρακες για 2 εβδομάδες, ενώ πραγματοποιούν κανονικά προπόνηση. Έπειτα, ακολουθεί δίαιτα υψηλή σε υδατάνθρακες και μείωση της άσκησης για 1-3 ημέρες πριν από ένα σημαντικό συμβάν αντοχής.

Τέλος, η σωστή ενυδάτωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα ενίσχυσης της αντοχής. Λειτουργεί καταλυτικά για την αθλητική απόδοση και ενέργεια, τόσο πριν όσο κατά τη διάρκεια και μετά την προπόνηση.

Για την επίτευξη των στόχων του αθλητή και τη βέλτιστη κατάσταση της υγείας του χρειάζεται ένα επαρκές διατροφικό πρόγραμμα .

Λέξεις- κλειδιά

Υδατάνθρακες, φόρτωση υδατανθράκων, οξείδωση λίπους, προσαρμογή λίπους, αντοχή, υπεραντοχή

Abstract

In recent decades there has been an increasing interest in endurance sports. As a result of this, a large part of the athletes make continuous efforts, with the aim of improving their performance both through training and through the adoption of the appropriate nutrition plan, in order to limit fatigue. Beyond muscle fatigue, however, there are other factors that limit performance and they are none other than dehydration and reduced energy intake. It has been observed that many athletes, especially female athletes, do not adequately meet their energy needs, resulting in lower performance. Energy needs and especially carbohydrate needs are high in endurance sports, whether in professional athletes or amateur athletes.

It has been shown that increasing the concentration of glycogen in the muscles and the liver through the consumption of carbohydrates can enhance the athlete's performance. However, the storage of carbohydrates in the body is limited. However, it appears that if the athlete follows an appropriate carbohydrate loading protocol that includes a specific training and nutrition strategy, high dietary carbohydrate intake, they will have full muscle and liver glycogen stores. As a result, there is a large ergogenic performance benefit that is often noted in events lasting longer than 90 minutes. Different carbohydrate loading strategies exist, varying in characteristics such as type and duration of dietary manipulation and accompanying exercise/training activities. This way there is flexibility so that the athlete can adjust his plan according to the competition.

Furthermore, the process of fat adaptation through oxidation can greatly affect both energy and endurance. As fat stores are much larger than glycogen, the ability to mobilize and use fat can "save" carbohydrate consumption and thus delay fatigue. For many decades, sports nutritionists and exercise physiologists have presented a range of training and nutrition approaches. The aim is to increase the availability of fatty acids and the rate of lipid oxidation to

reduce the rate of glycogen utilization during exercise. One such strategy is fat adaptation. Well-trained athletes consume a high-fat, low-carbohydrate diet for 2 weeks while training normally. This is followed by a high-carbohydrate diet and reduced exercise for 1-3 days before a major endurance event.

Finally, proper hydration is an important factor in enhancing endurance. It acts as a catalyst for athletic performance and energy, both before, during and after training.

In order to achieve the goals of the athlete and the optimal state of his health, he needs an adequate nutritional program.

Keywords

Carbohydrate, carbohydrate loading, fat oxidation, fat adaptation, endurance, ultra- endurance

Περιεχόμενα

Περίληψη.....v
Abstract.....vii
Περιεχόμενα.....ix
Κατάλογος εικόνων.....x
Εισαγωγή.....1
Κεφάλαιο 1 : Αθλήματα αντοχής.....6
1.1. Φυσιολογία και απαιτήσεις αθλημάτων αντοχής.....6
1.2. Μορφές Αντοχής αναφορικά με την χρονική διάρκεια του αγωνίσματος.....14
1.3 Μορφές Αντοχής. και προπονητικοί στόχοι.....14
1.3. Ενεργειακές απαιτήσεις ανδρών και γυναικών.....18
Κεφάλαιο 2 : Φόρτιση υδατανθράκων.....22
2.1. Οφέλη υδατάνθρακα – Γενικές συστάσεις.....22
2.2 Φόρτιση Υδατανθράκων.....27
2.3 Πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων.....32
2.4 Χρόνος κατανάλωσης.....36
Κεφάλαιο 3 : Προσαρμογή λίπους.....40
3.1 Τα λιπίδια.....40
3.2 Λίπος και άσκηση.....42
3.3 Οξείδωση λίπους.....46
3.4 Προσαρμογή λίπους.....53
Κεφάλαιο 4 : Ενυδάτωση.....56
Συζήτηση.....61
Συμπεράσματα.....66

Βιβλιογραφία 67

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Πηγές παραγωγής ενέργειας σε σχέση με τη χρονική διάρκεια της επιβάρυνσης

Εικόνα 2: Απόδοση γαλακτικού οξέως

Εικόνα 3: Μέγιστη αερόβια απόδοση

Εικόνα 4: Μορφές Αντοχής στον πρωταθλητισμό

Εικόνα 5: Μορφές Αντοχής στο μαζικό και τον αναπτυξιακό αθλητισμό

Εικόνα 6: Απόδοση γυναικών στα αθλήματα αντοχής συγκριτικά με τους άνδρες

Εικόνα 7: Τύποι Αντοχής συγκριτικά με τη μέση τιμή συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος

Εικόνα 8: Αποτελέσματα της φόρτισης υδατανθράκων

Εικόνα 9: Τα πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων

Εικόνα 10: Διαδικασία Οξείδωσης λίπους

Εικόνα 11: Αποτέλεσμα οξείδωσης λίπους

Εικόνα 12: Τα αποτελέσματα της οξείδωσης λίπους αναφορικά με την ένταση της άσκησης.

Εικόνα 13: Χρήση υδατανθράκων και λίπους κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης

Εισαγωγή

Ο αθλητισμός και η διατροφή αποτελούν δύο βασικούς παράγοντες για την καλή και σωστή λειτουργία του οργανισμού. Μια στοχευμένη διατροφή ακόμη και στην περίπτωση των αθλητών αναψυχής μπορεί να επηρεάσει αποτελεσματικά την απόδοση τους. Κάθε υγιής αθλητής μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του σε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά με μια υγιεινή και ισορροπημένη διατροφή. Ένα άθλημα αντοχής είναι ένα είδος σωματικής δραστηριότητας που απαιτεί προσπάθεια για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Στόχος είναι να προσπαθήσει ο αθλητής για τη βελτίωση της αντίστασης της καρδιάς, των πνευμόνων και του κυκλοφορικού συστήματος, ώστε να αυξηθούν και να επιτευχθεί καλύτερη προσαρμογή στην προσπάθεια. Στον αθλητισμό, η αντίσταση νοείται ως η ικανότητα συνέχισης μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας, πέρα από τη σωματική ή πνευματική κόπωση. Μερικές από τις επιπτώσεις που μπορεί να υποστεί το σώμα λόγω της κούρασης είναι η χαμηλότερη σωματική και πνευματική απόδοση. (Zaryski & Smith, 2005).

Για τη βελτίωση της φυσικής αντίστασης, απαιτείται αυστηρή προπόνηση, με συγκεκριμένες μεθόδους, ανάλογα με τον στόχο που πρέπει να επιτευχθεί (Howarth, Moreau, Phillips & Gibala, 2009). Οι ασκήσεις αντίστασης μπορεί να είναι αερόβιες, δηλαδή το σώμα παίρνει ενέργεια από το οξυγόνο ή αναερόβιες, όπου δεν απαιτείται αερόβια αναπνοή. Μετά από αερόβια δραστηριότητα μέτριας-υψηλής έντασης, όπως η δραστηριότητα ενός αθλητή αντοχής, πραγματοποιούνται ενζυματικές και κυτταρικές προσαρμογές στις μυϊκές δομές των ιστών των τριγλυκεριδίων. Οι προσαρμογές αυτές βελτιώνουν την ικανότητα οξείδωσης των λιπαρών οξέων και επομένως τα μιτοχόνδρια θα αυξήσουν την αναπαραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας για προσπάθεια. Αυτό είναι λογικό, αφού με την οξείδωση των λιπών λαμβάνονται περισσότερες θερμίδες από τους υδατάνθρακες και τα αποθέματά σε λίπος είναι πολύ πιο άφθονα από το γλυκογόνο (Volek, Noakes & Phinney, 2015).

Η φόρτιση υδατανθράκων είναι μια πρακτική, που χρησιμοποιείται από αθλητές για τον κορεσμό των ενδογενών αποθεμάτων γλυκογόνου των μυών πριν από παρατεταμένη δραστηριότητα. Αυτό συνήθως οδηγεί σε εξάντληση των αποθεμάτων γλυκογόνου. Παραδοσιακά, οι αθλητές λάμβαναν τρεις έως τέσσερις ημέρες δίαιτας χαμηλών υδατανθράκων και πραγματοποιούσαν μεγάλο όγκο προπόνησης. Με αυτόν τον τρόπο σε μια περίοδο τριών έως τεσσάρων ημερών υψηλής πρόσληψης υδατανθράκων (>70% υδατάνθρακες ή 8 έως 10 g υδατάνθρακες ανά κιλό σωματικού βάρους την ημέρα) και μείωση του όγκου άσκησης για διευκόλυνση της πρόσληψης, μπορούν να μεγιστοποιηθούν τα εσωτερικά αποθέματα γλυκογόνου. Αφού ακολουθήθηκε αυτό το πλάνο, οι πρώτες μελέτες ανέφεραν την ικανότητα των αθλητών να διατηρούν τον ρυθμό προπόνησης για σημαντικά μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Η μείωση του όγκου της προπόνησης μαζί με μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (65%-70% υδατάνθρακες στη δίαιτα) για μόλις τρεις ημέρες μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα του μυϊκού γλυκογόνου (Podlogar & Wallis 2022).

Επιπλέον, μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (8 g/kg την ημέρα) αύξησε σημαντικά τα αποθέματα γλυκογόνου πριν από την άσκηση. Αυτό ισχύει, ωστόσο, ειδικά για εκείνους τους αθλητές με μέτρια-χαμηλή ένταση σε αερόβια δραστηριότητα και πολύ υψηλό όγκο. Μάλιστα, όσοι προπονούνται σε αθλήματα, όπως η ποδηλασία, ο μαραθώνιος, το τρίαθλο ή και σε ορισμένους αγώνες θαλάσσιας κολύμβησης, πρέπει να δοκιμάσουν τον σωστό ρυθμό για να προσπαθήσουν να οξειδώσουν όσο το δυνατόν περισσότερα λιπαρά οξέα σε σχέση με τη γλυκόζη. Για δραστηριότητες που διαρκούν ακόμη και αρκετές ώρες, η υπερβολική επιτάχυνση θα κατανάλωνε νωρίς το γλυκογόνο, οδηγώντας τον αθλητή να χάσει εντελώς την ικανότητά του να διατηρεί την προσπάθεια στο προκαθορισμένο επίπεδο. Παρά αυτές τις προσαρμογές, σε προσπάθειες μεσαίας ή μέσης-υψηλής έντασης, τα λίπη χρησιμοποιούνται στην πραγματικότητα σε πολύ χαμηλά ποσοστά. Επομένως το άμεσο αποτέλεσμα της καύσης του λίπους είναι περιορισμένο. Κανονικά, μάλιστα, η μεγαλύτερη απόδοση στα αθλήματα αντοχής εξαρτάται από τη γλυκόζη και το άμεσο αποτέλεσμα της προσπάθειας δεν μπορεί να είναι απώλεια λίπους, αλλά μέτρια μείωση του σωματικού βάρους λόγω απώλειας νερού μετά τη χρήση υδατανθράκων. (Coyle, 2000).

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ένα μόριο υδατάνθρακα συνδέεται με 3 μόρια νερού

και αυτό εξηγεί την απώλεια βάρους μετά τη χρήση αυτού του υποστρώματος. Αυτός είναι επίσης ένας από τους λόγους για τους οποίους, ακολουθώντας μια δίαιτα χαμηλών θερμίδων, υπάρχει σημαντική μείωση του σωματικού βάρους τις πρώτες εβδομάδες. Η εξάντληση των αποθεμάτων γλυκογόνου οδηγεί αναπόφευκτα σε καλύτερη χρήση των διατροφικών υδατανθράκων. Κανονικά, μετά τα γεύματα υπάρχει φυσιολογική λιποσύνθεση και εναπόθεση λίπους λόγω της εισαγωγής ενεργειακών μακροθρεπτικών συστατικών. Ωστόσο, εάν βρεθούμε σε συνθήκες εξάντλησης του γλυκογόνου, οι διατροφικοί υδατάνθρακες δεν θα καταλήξουν στη λιποσυνθετική οδό. Το μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα είναι η αποτελεσματική απώλεια βάρους, ακόμη και αν επιτευχθεί έμμεσα. Θα ήταν γνωστό επίσης το πώς να προσδιοριστεί η πτυχή του μεταβολικού προσανατολισμού. Ο οργανισμός καταναλώνει περισσότερο από το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την οξείδωση, καθώς πάνω απ' όλα πρόκειται για θέμα κυτταρικών ενζύμων. Επομένως, αν αποβληθεί το λίπος από τη διατροφή, το σώμα αντιδρά προτιμώντας τη γλυκόζη και το αντίστροφο. Το ίδιο ισχύει και για το εύρος της έντασης της προπόνησης . Με την συνεχή προπόνηση σε υψηλή ένταση, θα έχει ο αθλητής εξαιρετική αποτελεσματικότητα διαχείρισης υδατανθράκων, αλλά χαμηλότερη διαχείριση λιπιδίων, καθώς και το αντίστροφο (Jeukendrup, 2010).

Η αερόβια δραστηριότητα, επομένως, μπορεί αναμφίβολα να οδηγήσει σε άμεση πτώση του σωματικού βάρους, λόγω απώλειας νερού και μέτριων ποσοτήτων λίπους. Εάν όμως η ένταση της άσκησης και η δίαιτα δεν αντιμετωπιστούν σωστά, αυτή η κατάσταση θα περιοριστεί και δεν θα είναι διαρκής (Alkahtani, 2014). Για την αποτελεσματική χρήση λιπών και σε μικρότερο βαθμό υδατανθράκων, εκτός από την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου αερόβιας δραστηριότητας χαμηλής έντασης και μεγάλου όγκου (χωρίς όμως υπερβολές), πρέπει ο αθλητής να βασίζεται πάνω απ' όλα στην ανάπαυση. Όσο χαμηλότερος είναι ο καρδιακός ρυθμός και το σχετικό Vo2max, τόσο υψηλότερο θα είναι το ποσοστό των οξειδωμένων λιπών σε σύγκριση με τους υδατάνθρακες (Jeukendrup & Chambers, 2010).

Ακόμη, η σωστή ενυδάτωση είναι απαραίτητη για τους αθλητές. Μάλιστα, κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας το σώμα παράγει θερμότητα και ιδρώτα για να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σε φυσιολογικά όρια και αυτό μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε σημαντική απώλεια νερού και μεταλλικών αλάτων (νάτριο, κάλιο, μαγνήσιο). Η αφυδάτωση

μπορεί να προκαλέσει πρώιμη κόπωση, μυϊκή αδυναμία και κράμπες, ζάλη, μειωμένη ικανότητα συγκέντρωσης, χαμηλότερη αντίσταση στην κόπωση και αυξημένο καρδιακό ρυθμό, όπως όλες οι καταστάσεις που επιδεινώνουν την απόδοση. Παράγοντας περισσότερη θερμότητα και ιδρώτα, οι αθλητές έχουν μεγάλη ανάγκη για νερό. Η ποσότητα αυτού του υγρού που πρέπει να καταναλώσει ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως η ένταση και η διάρκεια της προπόνησης, το κλίμα και το σωματικό βάρος. Η ποσότητα του νερού πρέπει να ποικίλλει ανάλογα με τους παράγοντες που αναφέρονται παραπάνω. Τουλάχιστον μία ώρα πριν την έναρξη της προπόνησης θα πρέπει ο αθλητής να πίνει περίπου μισό λίτρο νερό. Κατά τη διάρκεια του αγώνα, θα πρέπει να πίνει σε μικρές γουλιές (150-350 ml) κάθε 15-20 λεπτά, χωρίς να περιμένει το ερέθισμα της δίψας (Murray, 1996).

Εάν η σωματική άσκηση είναι έντονη και παρατεταμένη, ειδικά όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, μπορούν να βοηθήσουν τα ισοτονικά ποτά. Αυτά αποτελούνται από ηλεκτρολύτες σε συνδυασμό με υδατάνθρακες σε μεταβλητό ποσοστό από 6% έως 8%, οι οποίοι αφομοιώνονται γρήγορα και δίνουν χρήσιμη ενέργεια για να αντέξουν την καταπόνηση. Για να αποκαταστήσει ο αθλητής την ισορροπία του νερού του σώματος μετά την προπόνηση, είναι σημαντικό να συνεχίσει την ενυδάτωση. Καλό θα ήταν να πίνει νερό ή, σε περίπτωση έντονης και παρατεταμένης σωματικής δραστηριότητας, ισοτονικό νερό, ιδιαίτερα πλούσιο σε νάτριο. Στην πραγματικότητα, αυτό το μέταλλο συμβάλλει στη ρύθμιση της ισορροπίας του νερού του σώματος, βοηθώντας στην εξουδετέρωση της μυϊκής υπερδιέγερσης , η οποία μπορεί να προκαλέσει κράμπες. Ειδικά μετά την προπόνηση, αντί να πίνει μεγάλες ποσότητες νερού σε λίγες στιγμές της ημέρας, είναι προτιμότερο να κάνει το αντίθετο, δηλαδή να πίνει μικρές ποσότητες «μοιράζοντας» τις γουλιές όσο πιο ομοιόμορφα γίνεται. Έτσι, το σώμα είναι σε θέση να απορροφά αυτό το υγρό πιο αποτελεσματικά, διατηρώντας μια σωστή ισορροπία νερού (McCormick, Meijen, & Marcora, 2015).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η συλλογή και η παρουσίαση μελετών και ερευνών, ώστε να συγκεντρωθούν πληροφορίες σχετικά με τις στρατηγικές μείωσης της κόπωσης λόγω εξάντλησης της ενέργειας. Οι στρατηγικές, που αναλύονται, είναι η στρατηγική για την αξιοποίηση του λίπους, η φόρτιση των υδατανθράκων και η ενυδάτωση. Επιπλέον,

στόχος είναι η ανάλυση της κάθε μεθόδου μέσω της ανάδειξης τόσο των θετικών όσο και των αρνητικών της κάθε στρατηγικής για την βέλτιστη υγεία και απόδοση.

Κεφάλαιο 1 : Αθλήματα αντοχής

1.1. Φυσιολογία και απαιτήσεις αθλημάτων αντοχής

Κάνοντας κανείς λόγο για την αντοχή νοείται η δυνατότητα του ανθρώπινου οργανισμού να εργάζεται και να αποδίδει για μεγάλο χρονικό διάστημα έχοντας μια μέτρια ένταση κατά την διάρκεια της προσπάθειας του. Σε γενικές γραμμές η αντοχή συνιστά μια καταλυτική ικανότητα. Εξασφαλίζει την λειτουργικότητα του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά, και την αθλητική απόδοση και έτσι επιτυγχάνεται η αντίσταση στην κόπωση αφενός και αφετέρου η γρήγορη αποκατάσταση έπειτα από το στάδιο της επιβάρυνσης. Η βελτίωση της αντοχής, που σημειώνει ο κάθε οργανισμός μπορεί να συσχετιστεί με μια σειρά καρδιαγγειακών δεικτών, όπως για παράδειγμα ο όγκος του παλμού και η καρδιακή συχνότητα. Ως προς τα αθλήματα σε μεγάλο βαθμό η αντοχή συσχετίζεται με το επίπεδο απόδοσης. Η αντοχή του αθλητή είναι συνδεδεμένη με την κόπωση του. Η κόπωση χωρίζεται σε κάποιες κατηγορίες με βάση τα χαρακτηριστικά της (Hawley & Leckey, 2015).

Πιο συγκεκριμένα,

- Η σωματική κόπωση, η οποία αφορά την μείωση της λειτουργικής ικανότητας των σκελετικών μυών.
- Η νοητική κόπωση, η οποία προκαλεί δυσκολία στην συγκέντρωση
- Η αισθητηριακή κόπωση, η οποία δημιουργεί μια σύντομη αδυναμία αισθητηριακής αντίληψης.

- Η ψυχική κόπωση, η οποία εμφανίζεται μέσω της απουσίας θέλησης για υψηλές αθλητικές επιδόσεις

- Κινητική κόπωση, όπου ο αθλητής εμφανίζει μείωση εκπομπής νευρικών ώσεων από το κεντρικό νευρικό σύστημα.

Η αντοχή διακρίνεται και αξιολογείται με βάση τον μηχανισμό παραγωγής της ενέργειας, καθώς και σε συνάρτηση με άλλες φυσικές ικανότητες. Ακόμη, μπορεί να διακριθεί σε σχέση με τον βαθμό της συμμετοχής των μυϊκών ομάδων, αλλά, και σύμφωνα με την χρονική διάρκεια του αγωνίσματος, κατά την οποία εκδηλώνεται και η αγωνιστική αντοχή (Murtaza, Burke, Vlahovich, Charlesson, O'Neill, Ross, Campbell, Krause, & Morrison, 2019). Σε γενικές γραμμές, η φυσιολογία επηρεάζει καταλυτικά την επίδοση του αθλητή, όπως το σύνολο της ενέργειας του, την αερόβια ικανότητα του, τη μυϊκή του δύναμη και τη μυϊκή του αντοχή. Σύμφωνα με τον Astrand, η απόδοση στην αντοχή εξαρτάται από την δυνατότητα του ανθρώπινου σώματος να παρέχει στους μύες, που εργάζονται αρκετή ποσότητα οξυγόνου , αλλά, και θρεπτικά συστατικά και ταυτόχρονα να απομακρύνει τα μεταβολικά προϊόντα (Burke & Hawley, 2002).



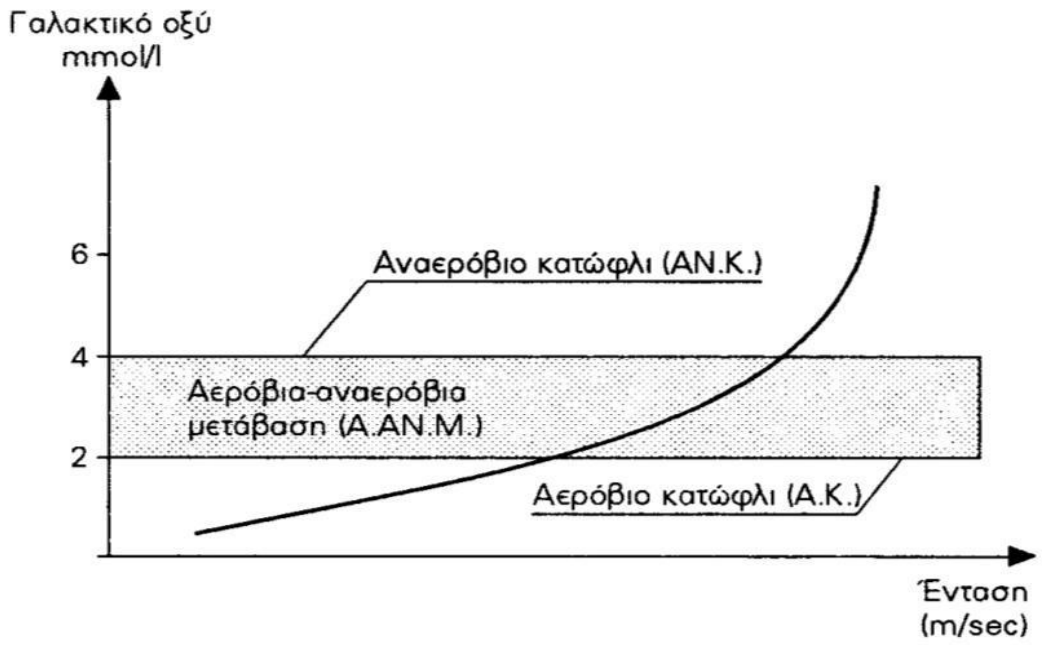
Εικόνα 1: Πηγές παραγωγής ενέργειας σε σχέση με τη χρονική διάρκεια της επιβάρυνσης

Γενικότερα, κάνοντας λόγο για τα αθλήματα αντοχής και την φυσιολογία θα πρέπει να επισημανθεί το γαλακτικό οξύ, το οποίο σχετίζεται με την ένταση της άσκησης. Κατά την διάρκεια της άσκησης τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος στο αίμα σημειώνουν άνοδο. Μάλιστα, θεωρείται ένας σημαντικός παράγοντας πρόγνωσης της απόδοσης, που ο αθλητής θα μπορούσε να σημειώσει κατά την διάρκεια του αθλήματος αντοχής. Ακόμη, θα πρέπει να αναφερθεί η σημασία του VO2max, δηλαδή η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, καθώς, όταν βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, τότε θεωρείται, πως υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα υψηλότερης αντοχής. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι η ταχύτητα του VO2max, καθώς είναι συνδεδεμένη με την επιτυχή απόδοση σε αγώνες αντοχής, όπως για παράδειγμα το τρέξιμο. Επίσης, μπορούμε να βελτιώσουμε την ταχύτητα στο VO2max μέσω ειδικών ασκήσεων (Jeukendrup, 2001).

Κατά την διάρκεια της αερόβιας αντοχής διατίθεται μεγάλο μέρος οξυγόνου , ώστε να

πραγματοποιηθεί η διαδικασία της οξειδωτικής καύσης της γλυκόζης, αλλά, και των λιπαρών οξέων. Επίσης, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας, εκφράζεται σε χιλιοστόλιστρα ανά κιλό του σωματικού βάρους ανά λεπτό. Είναι χαρακτηριστικό, πως αθλητές, οι οποίοι έχουν διακριθεί για την αντοχή τους σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν VO2max, η οποία βρίσκεται από 85-90 ml/kg/min (Hawley & Burke, 2010).

Καμπύλη απόδοσης του γαλακτικού οξέος με τις περιοχές των κατωφλιών του γαλακτικού οξέος (από Zintl, 1993)



Εικόνα 2: Απόδοση γαλακτικού οξέως

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO2max), η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την διάρκεια μιας συνεχούς αυξανόμενης έντασης, εντοπίζεται στο λεγόμενο αερόβιο κατώφλι πριν παρατηρηθεί η συσσώρευση γαλακτικού οξέος. Κάτι τέτοιο διακρίνεται από την τιμή των 2mmmol/l γαλακτικού οξέος και λειτουργεί ως μια μορφή χονδρικού ορίου ανάμεσα στην

αερόβια και την αναερόβια παραγωγή της ενέργειας (Balsom, Wood, Olsson & Ekblom, 1999). Έτσι, ένα άτομο, το οποίο έχει ήδη πραγματοποιήσει προπόνηση, τότε μπορεί να αξιοποιήσει στα 10 λεπτά το 100% της VO2max, ενώ στα 30 λεπτά 90-95% της VO2max. Τέλος, στα 30 λεπτά και άνω λιγότερο του 90% της VO2max. Είναι ενδεικτικό, πως αθλητές μαραθωνίου αναγνωρισμένοι σε παγκόσμια κλίμακα χρησιμοποιούν περίπου το 80-85% της VO2max για μια διάρκεια μεγαλύτερη από 2 ώρες (Clarkson, 2007).

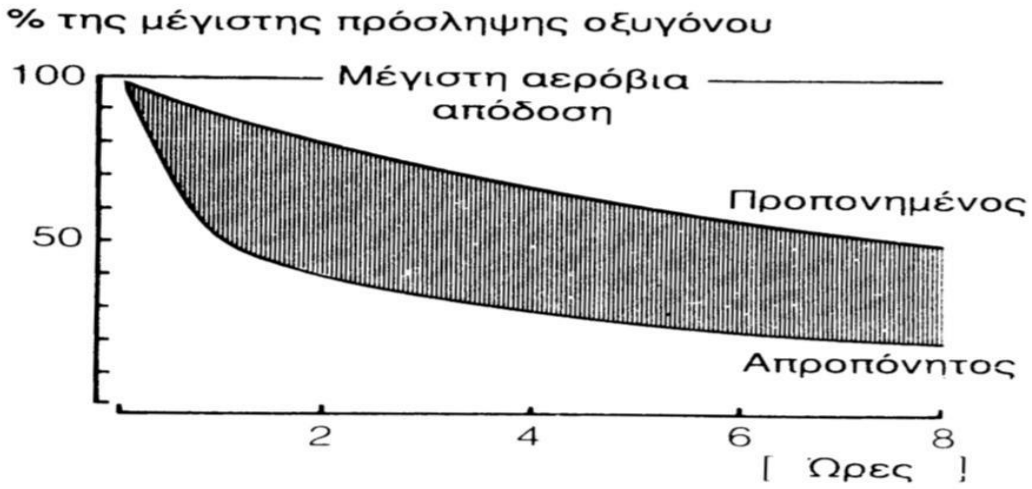
Η αναερόβια αντοχή μπορεί να προκύψει στην περίπτωση, όπου δεν είναι αρκετή η προσφορά του οξυγόνου για τις διαδικασίες της οξειδωτικής καύσης. Αυτές, έχουν καθοριστική σημασία για τις μεταβολικές διαδικασίες, που πραγματοποιούνται χωρίς την συμμετοχή του ίδιου του οξυγόνου. Βέβαια, η πιο σημαντική από τις διαδικασίες αυτές είναι εκείνη της αναερόβιας γλυκόλυσης. Στην αερόβια- αναερόβια μετάβαση διατηρείται μια ισορροπία μεταξύ του σχηματισμού και της αποδόμησης του γαλακτικού οξέος (2-4 mmol/l), αφού δεν υπάρχει αύξηση για την υπάρχουσα ένταση (Gejl & Nybo, 2021).

Ακόμη, ως προς τα αθλήματα αντοχής και την φυσιολογία τους θα πρέπει να γίνει λόγος και για το αναερόβιο κατώφλι. Πιο συγκεκριμένα, ως προς την ποσότητα του οξυγόνου, τη ταχύτητα της μετακίνησης, αλλά, και την καρδιακή συχνότητα κατά την διάρκεια της άσκησης πριν ακόμη ξεκινήσει η εκθετική ή η μη γραμμική συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος. Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν περίπου 4mmol/l γαλακτικού οξέος. Στην περίπτωση ενηλίκων, που δεν έχουν κάνει κάποια προπόνηση το VO2max κυμαίνεται περίπου στο 40-60%, ενώ, στις αναπτυξιακές ηλικίες είναι περίπου στο 60-80%. Το ατομικό αναερόβιο κατώφλι είναι εκείνο το σημείο της καμπύλης στο γαλακτικό οξύ, όπου ξεκινά η λεγόμενη κρίσιμη άνοδος. Για να πετύχει κάποιος στην προπόνηση αντοχής, πρέπει να δώσει προσοχή στον παλμό ή τον καρδιακό ρυθμό. Με την αύξηση του στρες, το σώμα χρειάζεται επίσης περισσότερο οξυγόνο και ενέργεια. Η καρδιά πρέπει επομένως να αυξήσει τη συχνότητα άντλησης έτσι ώστε το σώμα να τροφοδοτείται επαρκώς με οξυγόνο. Η δουλειά της καρδιάς είναι να μεταφέρει αίμα στους μύες. Το αίμα περιέχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και οξυγόνο. Οι μύες τροφοδοτούνται από το αίμα. Το αίμα στη συνέχεια ρέει πίσω στην καρδιά και στους πνεύμονες. Νέο οξυγόνο μπορεί να προσληφθεί στους πνεύμονες με την αναπνοή. Από τους πνεύμονες, το πλέον πλούσιο σε οξυγόνο αίμα αντλείται πίσω στους μύες (Hargreaves, 1999).

Κατά τη διάρκεια των αθλημάτων αντοχής, οι μύες χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο από το συνηθισμένο. Η καρδιά πρέπει να λειτουργεί πιο γρήγορα. Επομένως, η κυκλοφορία του αίματος επιταχύνεται όταν ο αθλητής τρέχει, κολυμπάει ή κάνει ποδήλατο. Αυτό αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό. Οι ενήλικες αθλητές αναψυχής έχουν μέσο καρδιακό ρυθμό σε ηρεμία 70. Αυτό σημαίνει ότι η καρδιά χτυπά 70 φορές το λεπτό. Κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης, αυτή η συχνότητα αυξάνεται. Ως αποτέλεσμα, περισσότερο οξυγόνο μεταφέρεται μέσω του αίματος. Ωστόσο, η αύξηση της συχνότητας έχει ένα ανώτερο όριο. Αυτός είναι ο λεγόμενος μέγιστος καρδιακός ρυθμός. Ο μέγιστος καρδιακός ρυθμός μειώνεται με την ηλικία. Τα παιδιά μπορούν να έχουν καρδιακό ρυθμό έως και 220 παλμούς ανά λεπτό. Σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, η μέγιστη τιμή πέφτει σε περίπου 160 παλμούς. Οι αθλητές αναψυχής δεν πρέπει ποτέ να εξαντλούν τον μέγιστο καρδιακό τους ρυθμό. Ο βέλτιστος παλμός προπόνησης για μονάδες αντοχής υπό όρους είναι πολύ κάτω από την ατομική μέγιστη συχνότητα. Μόνο εκπαιδευμένοι αθλητές αντοχής πρέπει να κινούνται σε επιλεγμένες μονάδες άσκησης στο εύρος της μέγιστης συχνότητάς τους. Τα λεγόμενα μόνιτορ καρδιακού παλμού είναι κατάλληλα για τη διατήρηση του καρδιακού παλμού υπό έλεγχο κατά τη διάρκεια της προπόνησης αντοχής. Ο καρδιακός ρυθμός μεταδίδεται ακριβώς στο ρολόι στον καρπό μέσω ενός ιμάντα στο στήθος (Mann, Clarsen, McKay, Clift, Williams & Barker, 2021). Ο καρδιακός ρυθμός είναι ένας δείκτης της φυσικής καταπόνησης, αλλά όχι της κατάστασης προπόνησης, ενώ, δεν εξαρτάται μόνο από τη σωματική άσκηση. Παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, το μέγεθος, το επίπεδο προπόνησης, η ψυχική κατάσταση και η διατροφή συμβάλλουν σημαντικά στη συμπεριφορά του καρδιακού ρυθμού. Επομένως, κάθε άτομο έχει έναν ατομικό καρδιακό ρυθμό (Hawley, Burke, Phillips & Spriet, 2011).

Επομένως, οι υπολογιστές καρδιακών παλμών προπόνησης καθορίζουν πάντα μόνο μέσες τιμές. Αυτές οι τιμές είναι επαρκείς για να προσαρμόσουν τη βασική προπόνηση αντοχής στις προσωπικές ανάγκες. Τα αποτελέσματα των μετρητών καρδιακών παλμών αποκτούν νόημα όταν στον υπολογισμό συμπεριλαμβάνεται και το άθλημα αντοχής. Θα πρέπει επίσης να πραγματοποιηθεί ένα τεστ αντοχής προκειμένου να συντονιστούν οι γενικές ταξινομήσεις καρδιακών παλμών. Τα τεστ καταπόνησης πρέπει να διεξάγονται μόνο υπό την επίβλεψη ειδικού, καθώς η μέγιστη τιμή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της συχνότητας. Με το

καθορισμένο μέγεθος, οι περιοχές εκπαίδευσης μπορούν στη συνέχεια να καθοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια (Bussau, Fairchild, Rao, Steele & Fournier, 2002). Τα τεστ αντοχής πρέπει να επαναλαμβάνονται κάθε δύο έως τρεις μήνες. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διαπιστωθεί εάν σημειώνεται πρόοδος στην προπόνηση αντοχής. Σε αυτή την περίπτωση, ο καρδιακός ρυθμός θα μετατοπιστεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα νέους τομείς εκπαίδευσης και κατά συνέπεια νέα σχέδια εκπαίδευσης (Helge, Richter & Kiens, 1996).



Πρόσληψη οξυγόνου - σε ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου - σε σχέση με την απόδοση στην αντοχή και τη διάρκεια της επιβάρυνσης (από *Weineck* 1988, κατά *Astrand* στο *demarées* 1979, 531).

Εικόνα 3: Μέγιστη αερόβια απόδοση

Η βελτίωση της VO2max μέσω της προπόνησης έγκειται στο γεγονός, πως οι υψηλότερες τιμές σημειώνονται, όταν γίνεται προπόνηση της αερόβιας αντοχής τόσο πριν όσο και κατά την διάρκεια της εφηβείας. Βέβαια, όσον αφορά τους ενήλικες η ενίσχυση της αντοχής εκδηλώνεται κατά κύριο λόγο μέσω της μετατόπισης του ΑΝΚ, αλλά, και του ΑΑΝΚ προς τα πάνω. Βέβαια, η μεγαλύτερη βελτίωση μπορεί να πραγματοποιηθεί στην ικανότητα διατήρησης του ποσοστού της VO2max σε υψηλές τιμές για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Nikolaidis et al.,

2018).

Τέλος, αναφορικά με τα αθλήματα αντοχής θα πρέπει να επισημανθεί, πως η ικανότητα της αντοχής λειτουργεί ως ένα σύνθετο χαρακτηριστικό σε συνάρτηση με κάποιες άλλες κινητικές ικανότητες. Ως εκ τούτου, εντοπίζεται:

- Αντοχή στην δύναμη
- Αντοχή στην ταχύτητα, όπου έχουμε υπομέγιστη ένταση
- Αντοχή στο σπρίντ, όπου η ένταση είναι η μέγιστη
- Αντοχή στην ταχυδύναμη, όπου σημειώνεται μια ιδιαίτερα έντονη εκτέλεση της κίνησης.

Ακόμη, η αντοχή μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με την συμμετοχή των μυϊκών ομάδων.

- Η τοπική αντοχή σχετίζεται με το 1/3 των μυών
- Η περιφερειακή αντοχή, όπου συμμετέχει το 1/3 έως 2/3 των μυών.
- Ολική αντοχή (>2/3 των μυών)

1.2. Μορφές Αντοχής αναφορικά με την χρονική διάρκεια του αγωνίσματος.

Ο βαθμός και το επίπεδο των απαιτήσεων στην αντοχή τόσο σε επίπεδο βιολογικό όσο και σε επίπεδο ψυχολογικό επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την χρονική διάρκεια της επιβάρυνσης κατά την διάρκεια του αγώνα. Συνεπώς, λαμβάνεται υπόψιν ως βασικό κριτήριο η αγωνιστική διάρκεια, ενώ, σε αυτό το πλαίσιο η αντοχή διακρίνεται σε:

- Αντοχή περιορισμένου χρόνου , δηλαδή 35" – 2'
- Αντοχή μεσαίου χρονικού διαστήματος, δηλαδή 2'-10'
- Αντοχή μεγάλης διάρκειας, δηλαδή >10'

1.3 Μορφές Αντοχής. και προπονητικοί στόχοι

Κάνοντας λόγο για τα αθλήματα αντοχής θα πρέπει να επισημανθεί η διαφοροποίηση της σε είδη σύμφωνα με τους προπονητικούς στόχους. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει η γενική αντοχή, η οποία σχετίζεται με την ικανότητα της αντίστασης στην κούραση έπειτα από μια σειρά πολλών αθλητικών δραστηριοτήτων. Στα πλαίσια του αγωνίσματος, η γενική αντοχή ενισχύεται μέσω πολύπλευρων δραστηριοτήτων, ενώ, είναι ιδιαίτερα σημαντική στα πλαίσια του σχολικού αθλητισμού. Για την γενική αντοχή είναι αναγκαία μια μέτρια αερόβια ικανότητα, ενώ, θα πρέπει να επιτευχθούν παράλληλα προπονητικά περιεχόμενα όχι μόνο αναφορικά με την αγωνιστική βασική κινητική δραστηριότητα. Η σημασία της γενικής αντοχής έγκειται στο γεγονός, πως επιτυγχάνει μια καλή γενική φυσική κατάσταση. Ακόμη, συμβάλλει

στην διαδικασία αποκατάστασης μετά από μεγάλες επιβαρύνσεις, ενώ, την ίδια στιγμή αυξάνει και την ικανότητα της αντοχής των επιβαρύνσεων, που γίνονται τόσο κατά την διάρκεια της προπόνησης όσο και κατά την διάρκεια του αγώνα. Τέλος, η γενική αντοχή πραγματοποιεί την υποδομή βάσης στα αθλήματα μη αντοχής, ώστε να υπάρξει μια μορφή εξάσκησης των άλλων φυσικών ικανοτήτων φυσικής κατάστασης, αλλά, και των δεξιοτήτων σε επίπεδο τεχνικής (Hansen, Fischer, Plomgaard, Andersen, Saltin & Pedersen, 2005).

Μια ακόμη κατηγορία αντοχής είναι η βασική αντοχή, η οποία σχετίζεται με την ικανότητα αντοχής, που αφορά τα δομικά χαρακτηριστικά της κίνησης του αγωνίσματος, ενώ, συνιστά την βάση, στην οποία θα αναπτυχθούν και θα ενισχυθούν άλλες μορφές αντοχής μετέπειτα. Βέβαια, η βασική αντοχή, για να πραγματοποιηθεί, απαιτείται υψηλή αερόβια ικανότητα. Η αξία και η σημασία αυτού του είδους αντοχής αφορά την επίτευξη της αφετηριακής βάσης σε ικανοποιητικά επίπεδα κατά την διάρκεια της προπόνησης ειδικής αντοχής. Επίσης, στα πλαίσια της βασικής αντοχής είναι εφικτό να δημιουργηθούν νέα αποθέματα με στόχο την συνεχή αύξηση της απόδοσης όσον αφορά τις ικανότητες αντοχής. Ταυτόχρονα, λειτουργεί ως μια οικονομικότερη μορφή πραγματοποίησης της τεχνικής, που χαρακτηρίζει το εκάστοτε άθλημα. Τέλος, ο αθλητής είναι σε θέση να αυξήσει την ικανότητα της αντοχής των επιβαρύνσεων , οι οποίες γίνονται στην προπόνηση και τον αγώνα (Gonzalez, Fuchs, Betts & van Loon, 2016).

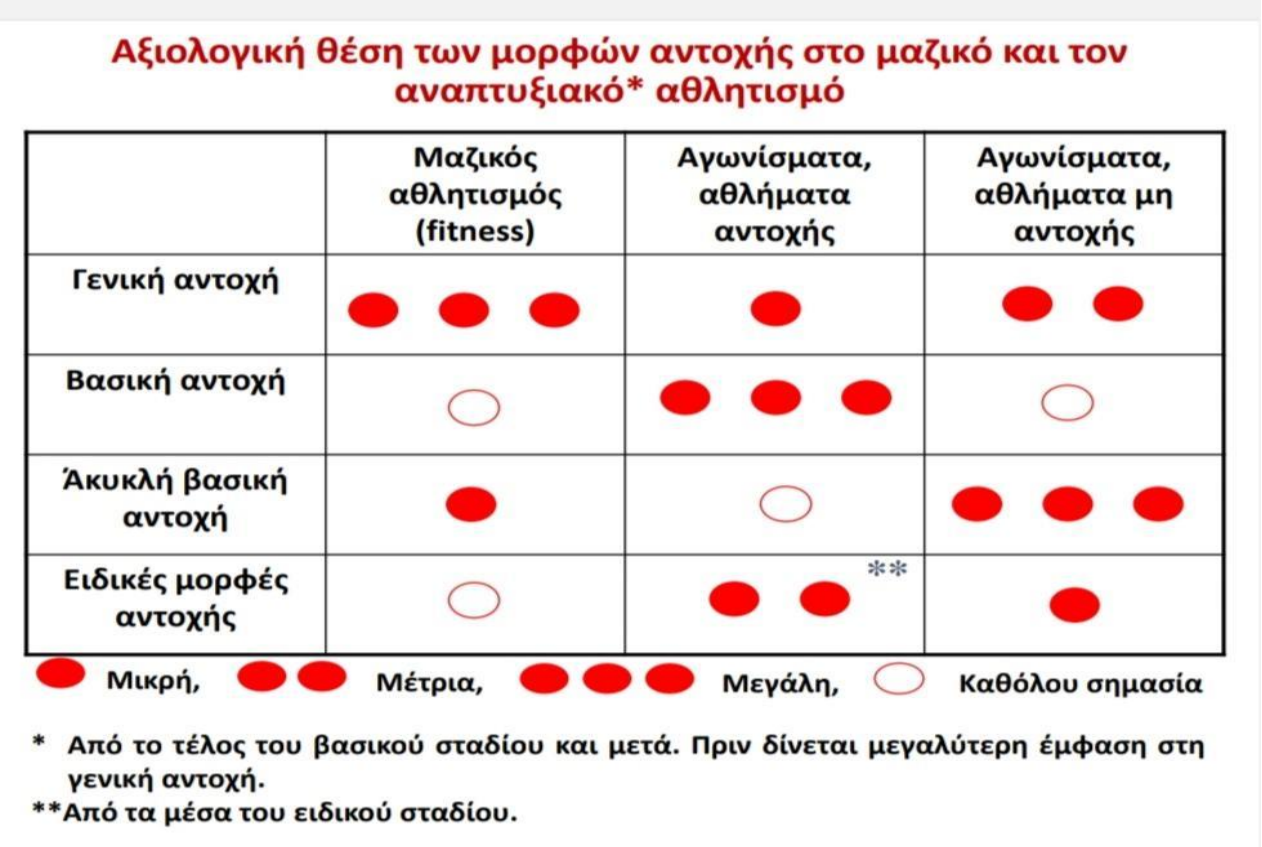


Εικόνα 4: Μορφές Αντοχής στον πρωταθλητισμό

Η άκυκλη βασική αντοχή πραγματοποιείται μέσω μιας συνεχούς έντασης, η οποία δεν είναι ρυθμική, ενώ, ως κατηγορία αντοχής είναι σχετική με τον χρόνο ανάμεσα στις σύντομες ή έντονες στιγμές επιβάρυνσης ή στις στιγμές ξεκούρασης. Είναι ιδιαίτερα σημαντική στα δυαδικά παιχνίδια και στις αθλοπαιδίες. Ως προς την άκυκλη βασική αντοχή ειδικότερα στις αθλοπαιδίες και στα δυαδικά παιχνίδια το βασικό στοιχείο είναι μια γενική αερόβια αντοχή, η οποία θεωρείται πιο μεγάλη από το μέσο όρο της αερόβιας ικανότητας , ενώ, ταυτόχρονα είναι πιο μεγάλη από τον μέσο όρο έχοντας VO2max 70-80%. Σε επίπεδο προπόνησης πραγματοποιούνται το σπριντ, το βάδισμα, τα άλματα και το ήπιο τρέξιμο. Επίσης, παρατηρείται στην άκυκλη βασική αντοχή μια συνεχής εναλλαγή της έντασης, όπου υπάρχουν κάποιες έντονες στιγμές επιβάρυνσης για λίγα δευτερόλεπτα κι έπειτα για περισσότερα λεπτά υπάρχει μια ήπια ένταση και εν συνεχεία υπάρχουν στιγμές ανάπαυσης (Loucks, 2004).

Η ειδική αντοχή έχει ως βασικό στοιχείο την προσαρμογή στις ανάγκες του εκάστοτε αγωνίσματος , όπου ο οργανισμός αντιστέκεται στην κούραση, που του προκαλείται από το

αγώνισμα αυτό. Η αγωνιστική αντοχή διαμορφώνεται έπειτα από κάποιες ειδικές απαιτήσεις του αγωνίσματος, ενώ, συχνά συγχέεται με την βασική αντοχή.



Εικόνα 5: Μορφές Αντοχής στο μαζικό και τον αναπτυξιακό αθλητισμό

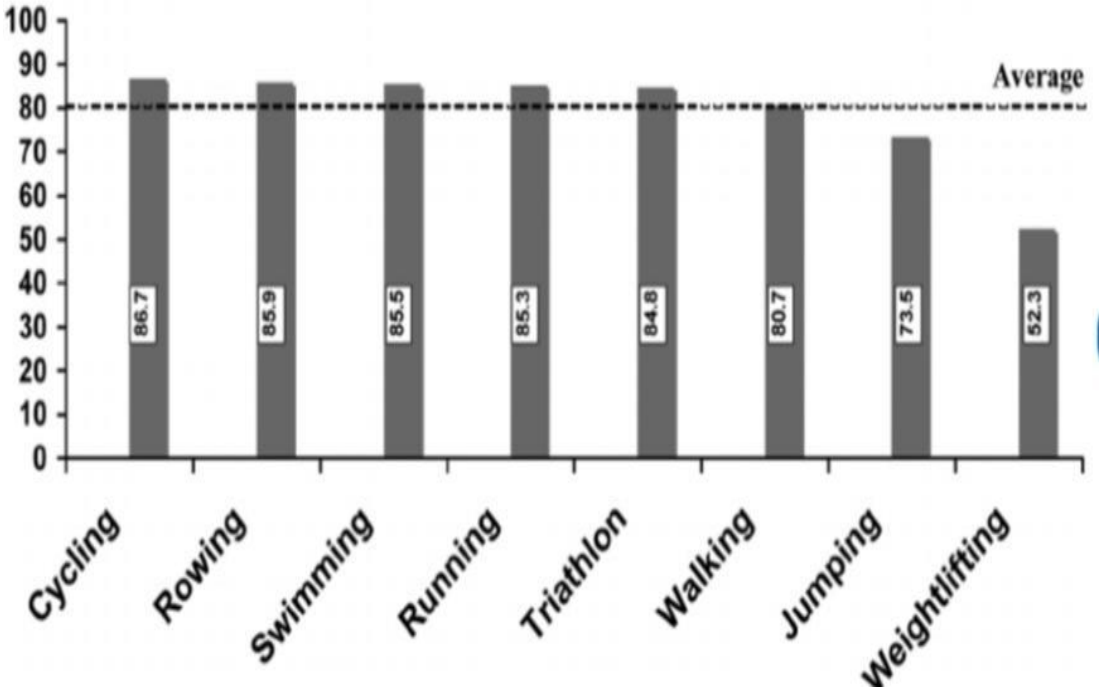
1.3. Ενεργειακές απαιτήσεις ανδρών και γυναικών

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η τάση του μεταβολισμού υδατανθράκων και λίπους είναι διαφορετική ανάλογα με το φύλο. Ο Zehnder δεν μπόρεσε να επιβεβαιώσει την ευρέως διαδεδομένη άποψη σύμφωνα με την οποία οι γυναίκες, κατά τη διάρκεια φορτίων αντοχής, καίνε περισσότερο λίπος από άνδρες και ότι οι τελευταίοι αποκτούν την ενέργειά τους κυρίως μέσω της καύσης του μυϊκού γλυκογόνου. Σε ένα φορτίο αντίστασης διάρκειας 3 ωρών με ένταση φορτίου στο 50% του Vo2max, που εκτελείται από εκπαιδευμένα άτομα και των δύο φύλων, προέκυψε ότι η χρήση λίπους εξαρτάται από το πόσο υψηλά αποθέματα λίπους είναι ενδοκυτταρικά. Όσο υψηλότερες είναι οι αρχικές τιμές, τόσο μεγαλύτερη είναι η καύση τους. Οι άνδρες έχουν μεγαλύτερα αποθέματα λίπους και καταναλώνουν τα ενδοκυτταρικά τους αποθέματα περισσότερο από τις γυναίκες, με το ίδιο φορτίο. Έχουν πιο έντονη αδρενεργική διέγερση που συνδέεται με μεγαλύτερη καύση λιπαρών οξέων και έχουν υψηλότερο ποσοστό από τις γυναίκες. Για αυτό το λόγο αυξάνουν τη λιπολυτική δραστηριότητα (Betts & Williams, 2010). Ωστόσο, οι άνδρες καίνε περισσότερους υδατάνθρακες ανά κιλό σωματικού βάρους. Σε έναν μυ προπονημένο για αντίσταση, εκτός από την αύξηση των αποθεμάτων και τη μεγαλύτερη οικονομία που προκύπτει από τη χρήση γλυκογόνου, χάρη στη βελτίωση της οξείδωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων, αυξάνεται και η περιεκτικότητα σε μυοσφαιρίνη (Chambers, Bridge & Jones, 2009). Η μυοσφαιρίνη , η οποία βρίσκεται σε υψηλές ποσότητες στις ίνες ST, όπως η αιμοσφαιρίνη, είναι σε θέση να αποθηκεύει και να απελευθερώνει οξυγόνο έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει ένα, αν και περιορισμένο, απόθεμα οξυγόνου. Με αυτόν τον τρόπο, στην αρχή της άσκησης, μπορεί να αντισταθμιστεί εν μέρει η έλλειψη οξυγόνου που μεταφέρεται από το αίμα και έτσι να μειωθεί το ποσοστό μετασχηματισμού ενέργειας από την αναερόβια οδό (Kimber, Ross, Mason & Speedy, 2002).

Οι γυναίκες έχουν περισσότερο απαραίτητο λίπος και λιγότερη μυϊκή μάζα, και

επομένως λιγότερα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου από τους άνδρες. Η μέση ποσότητα λίπους είναι περίπου 10-18% σε υγιείς άνδρες, μεταξύ 18 και 25% σε υγιείς γυναίκες (μια εξαιρετικά λεπτή και θεμελιώδης αξία για την κανονικότητα του εμμηνορροϊκού κύκλου). Υπάρχουν περισσότερες κόκκινες ίνες τύπου 1 (αργής σύσπασης) στον γυναικείο μυϊκό ιστό, οι οποίες είναι πιο κατάλληλες για εργασία αντοχής και υψηλής επανάληψης. Αντίθετα, στον ανδρικό μυϊκό ιστό υπάρχει μεγαλύτερη παρουσία ινών FT (ταχείας συστολής), οι οποίες είναι πιο κατάλληλες για υψηλής έντασης, βραχυπρόθεσμη εργασία. Επιπλέον, το χαμηλότερο ποσοστό μυϊκού ιστού στις γυναίκες μεταφράζεται σε χαμηλότερο επίπεδο μέγιστης δύναμης (περίπου 75% αυτού των ανδρών) (Carter, Jeukendrup & Jones, 2004a).

Σε σύγκριση με τους άνδρες, οι γυναίκες έχουν χαμηλότερη θερμιδική δαπάνη αναλογικά, κατά τη διάρκεια αθλητικών και μη αθλητικών δραστηριοτήτων (καθημερινές δραστηριότητες). Αλλά το αναπνευστικό πηλίκο των γυναικών μετατοπίζεται περισσότερο προς την κατανάλωση λιπών παρά σακχάρων. Επομένως, η οξείδωση (και επομένως ο μεταβολισμός) των λιπιδίων είναι καλύτερη στις γυναίκες. Αντίθετα, ο ανδρικός μεταβολισμός είναι πιο αποτελεσματικός στην κατανάλωση γλυκόζης, του κύριου καυσίμου για την ανάπτυξη εκρηκτικής δύναμης (Berardi, Price, Noreen & Lemon, 2006). Επιπλέον, δεδομένου ότι οι γυναίκες έχουν λιγότερη άλιπη μάζα σώματος, χρειάζονται λιγότερη πρωτεΐνη, αλλά θα πρέπει να εισάγουν μεγαλύτερη ποσότητα λίπους στη διατροφή τους (διαφορετικά θα κινδύνευαν να χάσουν τον εμμηνορροϊκό τους κύκλο). Η απώλεια του κύκλου είναι, στην πραγματικότητα, καμπανάκι κινδύνου για το γυναικείο φύλο, καθώς υποδηλώνει ανισορροπία στη διατροφή ή την προπόνηση ή στη σχέση μεταξύ των δύο (Karelis, Smith, Passe & Péronnet, 2010).



Εικόνα 6: Απόδοση γυναικών στα αθλήματα αντοχής συγκριτικά με τους άνδρες

Ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ACL), ο οποίος είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους αθλητικούς τραυματισμούς, έχει παρατηρηθεί ότι έχει υψηλότερη συχνότητα στις γυναίκες από τους άνδρες. Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι τραυματισμοί - σε αθλητές αθλημάτων όπως ποδόσφαιρο, μπάσκετ, αθλήματα επαφής, σκι - συμβαίνουν συχνότερα κατά τη φάση των ωοθυλακίων και την ωορρηξία, λόγω της αύξησης των ορμονών οιστρογόνου και χαλασίνης, που ευθύνονται για την αυξημένη χαλαρότητα των συνδέσμων. Ο ανθρώπινος πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος, στην πραγματικότητα, είναι πλούσιος σε υποδοχείς οιστρογόνων και θα επηρεάσουν τη δομή των ιστών, μειώνοντας τη σύνθεση του κολλαγόνου τύπου 1. Ωστόσο, η βιβλιογραφία εξακολουθεί να είναι αμφιλεγόμενη για αυτό το θέμα και απαιτούνται ακόμη περαιτέρω μελέτες για να επιβεβαιωθούν αυτές οι υποθέσεις που αιτιολογούν την αύξηση κινδύνου τραυματισμών στις γυναίκες (Isacco & Boisseau, 2016).

Τα επίπεδα των γυναικείων ορμονών, ιδιαίτερα των οιστρογόνων και της προγεστερόνης, κυμαίνονται κατά τη διάρκεια του εμμηνορροϊκού κύκλου. Στην πρώτη φάση (από την έμμηνο ρύση έως την ωορρηξία), την ωοθυλακική φάση, υπάρχει υψηλό επίπεδο οιστρογόνων και χαμηλό επίπεδο προγεστερόνης. Έχουν θετική επίδραση στο χτίσιμο των μυών

και στην καύση λίπους. Μειώνουν επίσης την όρεξη και αυξάνουν την ευαισθησία στην ινσουλίνη. Ως εκ τούτου, κατά τη διάρκεια της ωοθυλακικής φάσης, οι γυναίκες έχουν πολύ καλή απόδοση και μπορούν να αυξήσουν τον όγκο και την ένταση της προπόνησής τους. Στην ωχρινική φάση, αντίστροφα, η προγεστερόνη ευνοεί τη συσσώρευση λίπους, αυξάνει την αίσθηση της πείνας, μειώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και εμποδίζει τις ορμόνες των ανδρογόνων να ασκήσουν τις επιδράσεις τους στον μυϊκό ιστό (American College of Sports Medicine, 2007).

Ειδικοί τύποι αντοχής σε διάφορα αθλήματα και μέσες τιμές συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος (σε mmol/l) μετά από αγωνιστικές επιδόσεις (κατά Neumann/Schueler 1989).

	A.MI.X. 35 s–2 min	Γαλακτικό οξύ	A.ME.X. 2–10 min	Γαλακτικό οξύ	A.MA.X. I 10–35 min	Γαλακτικό οξύ	II 35–90 min	Γαλακτικό οξύ	III 90–360 min	Γαλακτικό οξύ	IV Πάνω από 360 min	Γαλακτικό οξύ
Κολύμβηση	100 m 200 m	18	400 m	16	1500 m	12			Μαραθώ-νιος	8	100 km	2
Τρέξιμο	400 m 800 m	22 20	1500 m Φ.ΕΜ. 3000 m Φ.ΕΜ.	20 16	5000 m 10000 m	16 14			Μαραθώ-νιος	6	100 km	2
Ποδηλασία	1000 m	22	4000 m	20			30–50 km	10	120–200 km	4	250 km	2
Σκι μεγάλων αποστάσεων					5, 10 km	16	15 km	14	30, 50 km	8		
Παγοδρομία	500 m 1000 m 1500 m	22 20	3000 m 5000 m	16 14	1000 m	12						
Κανό	500 m Γ		1000 m	13			10 km	10				
Κωπηλασία			500 m Γ 1000 m	14 15								
Βάδην							20 km	8	50 km	4		
Δίαθλο					7,5 km 10 km	16 14	20 km	12				

Γ= Γυναικών, Α = Ανδρών, Φ.ΕΜ. = Φυσικά εμπόδια.

Εικόνα 7: Τύποι Αντοχής συγκριτικά με τη μέση τιμή συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος

Κεφάλαιο 2 : Φόρτιση υδατανθράκων

2.1. Οφέλη υδατάνθρακα – Γενικές συστάσεις

Η καλή αθλητική απόδοση συνιστά αποτέλεσμα ενός συνδυασμού ευνοϊκών γενετικών χαρακτηριστικών, καθώς και ενός σωστά διαμορφωμένου προπονητικού προγράμματος. Ωστόσο, καταλυτικό ρόλο διαδραματίζει και η σωστή διατροφή, αλλά, και η καλή ενυδάτωση του οργανισμού. Η σωστή διατροφή του εκάστοτε αθλητή συμβάλλει στην αύξηση των πιθανοτήτων καλής απόδοσης τόσο κατά την διάρκεια της προπόνησης όσο και κατά την διάρκεια ενός αγώνα (Zawadzki, Yaspelkis & Ivy, 1992).

Η διατροφή, που υιοθετεί και ακολουθεί ένας αθλητής, αποτελεί ένα πεδίο μελέτης, το οποίο πρόσφατα έχει ξεκινήσει να μελετάτε συστηματικά. Ως πεδίο επικεντρώνεται στην διαμόρφωση και εφαρμογή των κατάλληλων διατροφικών αρχών, ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερη αθλητική απόδοση. Γενικότερα, ο βασικός σκοπός της αθλητικής διατροφής είναι να προσφέρει στον αθλητή την ενέργεια, που εκείνος χρειάζεται, και παράλληλα να ρυθμίζει με ορθό τρόπο τις διαδικασίες του μεταβολισμού (Jentgens, Moseley, Waring, Harding & Jeukendrup, 2004).

Οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες αξιοποιούνται εξαρτώνται από την ένταση, αλλά, και από την διάρκεια της άσκησης. Επίσης, αναφορικά με την διατροφή των αθλητών αυτή διαφοροποιείται και οργανώνεται σύμφωνα με κάποια συγκεκριμένα κριτήρια, όπως είναι για παράδειγμα το φύλο, αλλά, και το άθλημα, που εκείνοι ασκούν. Βέβαια, θα πρέπει να επισημανθεί, πως σημειώνονται διαφορές σε περιπτώσεις αθλητών, όπου έχουν ίδια χαρακτηριστικά, αλλά, και συνήθειες. Είναι χαρακτηριστικό, πως παρατηρείται μια ανεπάρκεια σε επίπεδο πρόσληψης των απαραίτητων θερμίδων και θρεπτικών συστατικών σε περιπτώσεις αθλημάτων, όπου το σωματικό βάρος, αλλά, και η σύσταση του σώματος έχουν καθοριστική σημασία, όπως είναι για παράδειγμα οι πολεμικές τέχνες και τα μαχητικά αθλήματα (Beelen, Berghuis, Bonaparte, Ballak, Jeukendrup, Van Loon, 2009). Αναφορικά με τις πολεμικές τέχνες και τα μαχητικά αθλήματα, παρατηρείται μια αύξηση της δημοφιλίας τους, καθώς μεγάλο

μέρος αθλητών είτε επαγγελματικά είτε ερασιτεχνικά ασχολείται με αυτό το είδος αθλημάτων. Επίσης, μεγάλο μέρος αυτού του είδους των αθλημάτων εντάσσεται στα αθλήματα των Ολυμπιακών Αγώνων (Fabra, Díez, Bondia & Sanz, 2021).

Οι αθλητές σε πολλές περιπτώσεις και ιδιαίτερα οι αθλητές των πολεμικών τεχνών ακολουθούν παράλογες διατροφές και δίαιτες, ώστε να μειώσουν σημαντικά το βάρος τους. Αυτές οι διατροφικές επιλογές έχουν σοβαρό αντίκτυπο μακροπρόθεσμα, καθώς μπορούν να μειώσουν αισθητά την αθλητική τους απόδοση στο πέρασμα των χρόνων, ενώ, παράλληλα, είναι πιθανό να δημιουργήσουν μια σειρά από διατροφικές ελλείψεις αυξάνοντας παράλληλα την πιθανότητα εμφάνισης διατροφικών διαταραχών (Lindseth, 2017).

Ως προς τις ελλείψεις σε επίπεδο θρεπτικών συστατικών στους αθλητές παρατηρείται κατά κύριο λόγο ανεπάρκεια σε επίπεδο σιδήρου, ασβεστίου και βιταμίνης D. Μάλιστα, είναι ενδεικτικό, πως και η πρόσληψη των υδατανθράκων θεωρείται μειωμένη συγκριτικά με το επιθυμητό επίπεδο, αλλά, και το επίπεδο υδάτωσης στην περίπτωση πολλών αθλητών φαίνεται να μην είναι εξίσου επιθυμητό. Αυτό το γεγονός υποδηλώνει, πως κάποιες ομάδες αθλητών δεν υιοθετούν τις ίδιες διατροφικές συνήθειες και οδηγίες. Έτσι, η ανεπαρκής πρόσληψη των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών, αλλά, και η αφυδάτωση έχουν ως άμεσο επακόλουθο την μείωση της απόδοσης των αθλητών και την αύξηση της πιθανότητας τραυματισμών. Οι υδατάνθρακες είναι οργανικές ενώσεις, οι οποίες συνίστανται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Εμφανίζονται σε διάφορες μορφές στη φύση, όπως λόγου χάριν οι απλοί υδατάνθρακες, οι σύνθετοι υδατάνθρακες και οι φυτικές ίνες. Στους απλούς υδατάνθρακες εντάσσονται οι μονοσακχαρίτες, όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η λακτόζη, και οι δισακχαρίτες, στους οποίους εντάσσονται η μαλτόζη, η σουκρόζη και η λακτόζη.

Στους σύνθετους υδατάνθρακες το είδος μορίου είναι οι πολυσακχαρίτες, όπως το γλυκογόνο, το άμυλο, η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη. Τέλος, στις φυτικές ίνες βρίσκονται η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, οι Β-γλυκάνες, η λιγνίνη, το ανθεκτικό άμυλο και τα κόμμεα. Οι υδατάνθρακες βρίσκονται στα μακροθρεπτικά συστατικά της τροφής και συνιστούν την βασική πηγή ενέργειας για όλα τα έμβια όντα (McInerney, Lessard, Burke, Coffey, Lo Giudice, & Southgate, 2005). Επεξηγηματικά, η γλυκόζη, η οποία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω εντάσσεται στους απλούς υδατάνθρακες, αποτελεί τον σημαντικότερο μονοσακχαρίτη. Οι δισακχαρίτες

αποτελούν έναν συνδυασμό από δύο μονοσακχαρίτες, οι οποίοι κατά την διάρκεια της πέψης μεταβολίζονται σε μονοσακχαρίτες και καταλήγουν σε γλυκόζη. Το γλυκογόνο αποτελεί μια μορφή σύνθετη, όπου οι υδατάνθρακες αποθηκεύονται στο ήπαρ και στους σκελετικούς μύες (Jentjens, Van Loon, Mann, Wagenmakers & Jeukendrup, 2001). Ωστόσο, τα μόρια του γλυκογόνου χρειάζονται πολλά μόρια νερού για την διαδικασία αποθήκευση τους και συγκεκριμένα τετραπλασιασμό του καθαρού βάρους. Κάτι τέτοιο δεν συνιστά πρακτικό τρόπο αποθήκευσης της ενέργειας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το γλυκογόνο στον άνθρωπο να είναι περιορισμένο, δηλαδή, περίπου 150g το ηπατικό γλυκογόνο και 300g το μυϊκό. Στην περίπτωση των φυτών αποθηκευτική δομή των υδατανθράκων είναι το άμυλο (Ahlborg, Bergstrom, Brohult, Ekelund, Hultman & Maschio, 1967). Η αμυλοπηκτίνη αποτελεί μια μορφή διακλαδισμένου πολυσακχαρίτη, που είναι το κύριο και βασικό συστατικό του. Η αμυλόζη αποτελεί γραμμικό πολυσακχαρίτη και είναι το υπόλοιπο του αμύλου.

Η κύρια λειτουργία των υδατανθράκων στον άνθρωπο είναι η παροχή ενέργειας. Επίσης, κάποια κύτταρα, όπως εκείνα του εγκεφάλου, του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, αλλά, και τα ερυθροκύτταρα, αξιοποιούν μόνο την γλυκόζη, για να παράξουν την κατάλληλη κι απαραίτητη ενέργεια. Επιπροσθέτως, οι υδατάνθρακες είναι η βασική πηγή ενέργειας για κάθε ιστό του σώματος σε συνθήκες ηρεμίας. Επίσης, αξίζει να επισημανθεί, πως πέρα από πηγή ενέργειας οι υδατάνθρακες έχουν και άλλες εξίσου σημαντικές λειτουργίες στον ανθρώπινο οργανισμό. Επεξηγηματικά, συμβάλλουν στην δημιουργία κι άλλων υδατανθρακικών μορίων, τα οποία συνδυάζονται και με άλλα συστατικά με στόχο τον σχηματισμό απαραίτητων ενώσεων για τον οργανισμό, όπως για παράδειγμα οι γλυκοπρωτείνες, οι οποίες είναι καθοριστικής σημασίας για την κυτταρική επικοινωνία (Nybo, Pedersen, Christensen, Aagaard, Brandt & Kiens, 2009). Τα τρόφιμα, τα οποία συνιστούν σημαντικές πηγές πρόσληψης υδατανθράκων είναι τα φρούτα, τα λαχανικά, τα δημητριακά, η ζάχαρη, το μέλι, τα όσπρια και γενικότερα τα τρόφιμα εκείνα, τα οποία χαρακτηρίζονται αμυλούχα. Πιο συγκεκριμένα, η γλυκόζη και η φρουκτόζη είτε ως μονοσακχαρίτες είτε ως δισακχαρίτες εντοπίζονται στα φρούτα, τα λαχανικά, το μέλι, την ζάχαρη, αλλά, και στα γλυκά κρασιά. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτά τα σάκχαρα αξιοποιούνται και ως τεχνητά συμπληρώματα, όπως είναι τα αναψυκτικά, τα αρτοσκευάσματα και τα γλυκά. Ως προς την γαλακτόζη εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στο γάλα, αλλά, και στα προϊόντα εκείνα,

τα οποία περιλαμβάνουν το γάλα. Το άμυλο και οι φυτικές ίνες εντοπίζονται στα τρόφιμα, όπως λόγου χάριν τα φρούτα, τα λαχανικά, τα όσπρια, τα δημητριακά, αλλά, και τα προϊόντα ολικής άλεσης (Cox, et. al,. 2010). Για όλες τις δραστηριότητες και την επίτευξη τους οι υδατάνθρακες συνιστούν μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας. Μάλιστα, σε περίπτωση χαμηλής πρόσληψής υδατανθράκων είναι πολύ πιθανόν να σημειωθεί μείωση της απόδοσης, ενώ, αντιθέτως η ιδανική πρόσληψη υδατανθράκων μπορεί να επιφέρει σημαντική αύξηση στα επίπεδα της έντασης και να επηρεάσει θετικά τόσο την διάρκεια όσο και την απόδοση της προπόνησης. Κατά την διαδικασία της πέψης ο οργανισμός μπορεί να αποδομεί υδατάνθρακες σε γλυκόζη, την οποία εν συνεχεία την αποθηκεύει στο σώμα ως γλυκογόνο. Οι υδατάνθρακες είναι το βασικό διατροφικό στοιχείο της παγκόσμιας διατροφής . Στη μεσογειακή διατροφή αντιπροσωπεύουν το 50-60% της ημερήσιας θερμιδικής πρόσληψης και η δραστική μείωση των υδατανθράκων στη διατροφή μπορεί να δημιουργήσει σημαντικές ανισορροπίες (Hearris, Pugh, Langan-Evans, Mann, Burke, Stellingwerff, Gonzalez & Morton, 2022).

Γενικότερα, οι υδατάνθρακες είναι καθοριστικοί για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού και έχουν καταλυτική σημασία για την διατροφή και την απόδοση του κάθε αθλητή, γεγονός, που έχει μελετηθεί και διερευνηθεί εκτενώς από τον επιστημονικό χώρο. Οι υδατάνθρακες επιλέγονται από τον οργανισμό ως καύσιμο στην έντονη φυσική δραστηριότητα και συγκεκριμένα σε επίπεδα 70%-80% της VO2max, καθώς και σε περιπτώσεις αερόβιας άσκησης. Όντας μάλιστα η κύρια πηγή ενέργειας για τον οργανισμό , θα πρέπει πάντα να περιλαμβάνονται σε επαρκείς ποσότητες σε κάθε δίαιτα. Αντιπροσωπεύουν το καύσιμο που χρησιμοποιεί το σώμα για την εκτέλεση καθημερινών εργασιών, επομένως είναι σημαντικό να υπάρχουν σχεδόν σε κάθε γεύμα και ειδικά στο πρωινό, για να ξεκινήσει η μέρα με τη σωστή ποσότητα ενέργειας.

Παρόλο, που η συνολική συγκέντρωση υδατανθράκων στο σώμα του ανθρώπου είναι περιορισμένη, έπειτα από την συγκρότηση και υιοθέτηση των κατάλληλων διατροφικών οδηγιών κι επιλογών, αλλά, και την κατάλληλη προπόνηση , τότε τα επίπεδα υδατανθράκων μπορεί να σημειώσουν σημαντική αύξηση, με αποτέλεσμα οι επιδόσεις του αθλητή να βελτιώνονται. Οι διατροφικές αυτές οδηγίες έχουν ως σκοπό το να εξασφαλίσουν τα απαραίτητα επίπεδα υδατανθράκων στον ανθρώπινο οργανισμό τόσο στην αρχή της σωματικής

δραστηριότητας όσο και σε όλη την διάρκεια της εξέλιξης της. Η σημασία των υδατανθράκων έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία προτάσεων ως προς την ποσότητα, την ένταξη και τον χρόνο, όπου καταναλώνονται οι υδατάνθρακες κατά την διάρκεια της ημέρας, ώστε να διαμορφωθεί επαρκώς το πρόγραμμα διατροφής και άσκησης του κάθε αθλητή.

Οι συνιστώμενες τιμές για την πρόσληψη των υδατανθράκων για την προπόνηση ή τον αγώνα διαμορφώνονται και προσδιορίζονται λαμβάνοντας ως κριτήριο το βάρος του σώματος του κάθε αθλητή, το οποίο έχει μια συγκεκριμένη μυϊκή μάζα, αλλά, και μυϊκές αποθήκες γλυκογόνου, ενώ, ταυτόχρονα, λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά του αθλητικού προγράμματος του αθλητή, όπως για παράδειγμα η διάρκεια της άθλησης, η ένταση, αλλά, και ο τύπος της άσκησης αυτής.

Πιο συγκεκριμένα, η ελαφριά άσκηση με χαμηλή ένταση απαιτεί 3-5g/kg ΣΒ του αθλητή την ημέρα. Εν συνεχεία για την ήπια άσκηση με διάρκεια περίπου μια ώρα την ημέρα συνίστανται 5-7g/kg ΣΒ/ d. Ως προς την υψηλή ένταση άσκησης με πρόγραμμα αντοχής με περίπου 3 ώρες ήπιας φυσικής δραστηριότητας προτείνονται 6-10 g/Kg ΣΒ την ημέρα. Τέλος, ως προς την πολύ υψηλή φυσική δραστηριότητα, κατά την οποία ο αθλητής πραγματοποιεί πολύ απαιτητικά προγράμματα με περίπου 5 ώρες φυσική δραστηριότητα την ημέρα θεωρείται κατάλληλη η πρόσληψη 8-12g/Kg ΣΒ την ημέρα.

Οι προαναφερθείσες τιμές μπορούν να τεθούν σε εφαρμογή έπειτα από την κατανάλωση γευμάτων, τα οποία χαρακτηρίζονται από πλούσια πηγή υδατανθράκων. Βέβαια, το πρόγραμμα διατροφής θα πρέπει να είναι εξατομικευμένο και να συγκροτείται με βάση τις ιδιαίτερες και ξεχωριστές ανάγκες του κάθε αθλητή μεμονωμένα. Έτσι, η ποσότητα των υδατανθράκων, αλλά, και ο τρόπος, που εκείνοι καταναλώνονται, αλλά, και η ώρα κατανάλωσης τους είναι εφικτό να σημειώνουν διαφοροποιήσεις από μέρα σε μέρα με βάση το πρόγραμμα των προπονήσεων , των αγώνων, αλλά, και της διαδικασίας αποθεραπείας, που ακολουθεί ο κάθε αθλητής. Ακόμη, πρέπει να επισημανθεί, πως το πρόγραμμα διατροφής θα πρέπει να προσαρμόζεται και στις προτιμήσεις του κάθε αθλητή, αλλά, και στις υποχρεώσεις, που εκείνος έχει κατά την διάρκεια της ημέρας. Για τους αθλητές, οι υδατάνθρακες είναι ακόμη πιο σημαντικοί. Δεδομένου ότι οι μύες είναι υπεύθυνοι για την κατανάλωση αυτής της πηγής ενέργειας, είναι απαραίτητο η συνεισφορά να είναι πάντα επαρκής.

2.2 Φόρτιση Υδατανθράκων

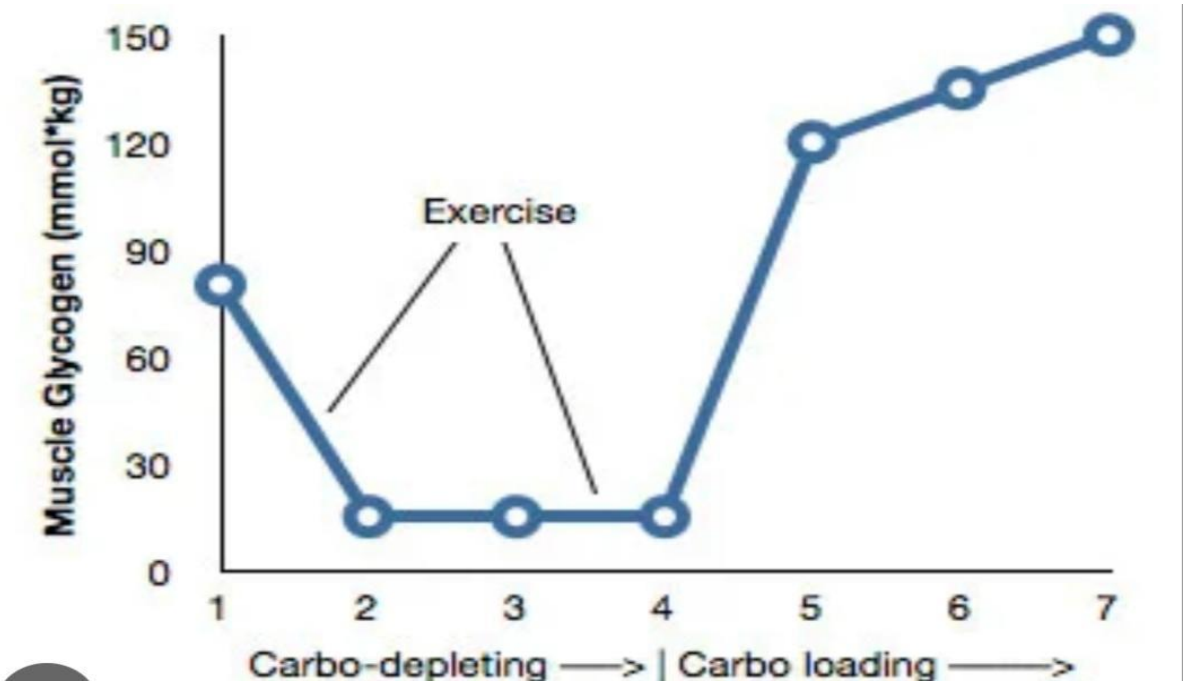
Για να γνωρίζουμε το γλυκαιμικό φορτίο ενός τροφίμου, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον γλυκαιμικό του δείκτη (GI) και την ποσότητα των υδατανθράκων αυτού του τροφίμου (σε g) στη μερίδα που καταναλώνεται. Το GL υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το GI του τροφίμου με την ποσότητα υδατανθράκων σε γραμμάρια μιας δεδομένης μερίδας αυτού του τροφίμου: το αποτέλεσμα που προκύπτει διαιρείται στη συνέχεια με το 100.

Γλυκαιμικό Φορτίο = (GI x ποσότητα υδατανθράκων σε μια μερίδα φαγητού) / 100

Ένα τρόφιμο με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη , αλλά που καταναλώνεται σε μικρές ποσότητες, θα έχει χαμηλό GL και θα είναι ουδέτερο για το σάκχαρο του αίματος. Επομένως, ο υπολογισμός του γλυκαιμικού φορτίου θα επιτρέψει μια πιο μικρή , αλλά και πάνω απ' όλα πιο ρεαλιστική μέτρηση της επίδρασης ενός τροφίμου στο επίπεδο σακχάρου μας. Η φόρτωση υδατανθράκων σχετίζεται με την διαδικασία, όπου ένας αθλητής, που συμπληρώνει τα αποθέματα γλυκογόνου (υδατάνθρακες) των μυών, του αίματος και του ήπατος καταναλώνει πολύ μεγάλη ποσότητα υδατανθράκων τις ημέρες πριν από έναν αγώνα. Η φόρτωση υδατανθράκων είναι ένα ευρέως αποδεκτό μέρος της προετοιμασίας για αθλήματα αντοχής και γίνεται συνήθως σε κάθε περίπτωση όπου η πλειονότητα του χρόνου είναι με ρυθμό που θα αναγκάσει το σώμα να χρησιμοποιήσει υδατάνθρακες ως κύρια πηγή καυσίμου. Αυτό είναι συνήθως οτιδήποτε παραπάνω 65-70% της μέγιστης VO2. Αυτό το συμπλήρωμα υδατανθράκων έχει ως αποτέλεσμα αποθήκες γλυκογόνου έως και 100% μεγαλύτερες από την κανονική αποθήκευση γλυκογόνου (Wong, Sui, Lok, Chen, Morris & Lam, 2008).

Στη Σουηδία για πρώτη φορά εντοπίζεται η έννοια της φόρτισης υδατανθράκων το 1967, πραγματοποιώντας έρευνα που απέδειξε την ικανότητα του σώματος να υπεραντισταθμίζει με υδατάνθρακες για να βελτιώσει τα αποθέματα γλυκογόνου στους μύες και στο ήπαρ. Δυστυχώς, η συγκεκριμένη προσέγγιση απαιτούσε τρεις ημέρες εξαντλητικής άσκησης σε συνδυασμό με τρεις ημέρες τροφοδοσίας υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί

ένα βασικό στοιχείο που ακολουθείται από τον περισσότερο κόσμο πριν τον αγώνα. Ευτυχώς, μεταγενέστερη έρευνα έδειξε παρόμοια οφέλη μετά από μόλις τρεις ημέρες ελαφριάς άσκησης και τρεις ημέρες αυξημένης κατανάλωσης υδατανθράκων (όπου το 70% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης είναι υδατάνθρακες) (Akermark, Jacobs, Rasmusson & Karlsson, 1996). Σήμερα, υπάρχουν σχετικά πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων βασισμένα στην έρευνα, που στοχεύουν στην αύξηση του γλυκογόνου του ήπατος και των μυών κατά περίπου 80-90% πριν από ένα σημαντικό γεγονός (Rowlands, Houltham, Musa-Veloso, Brown, Paulionis & Bailey, 2015). Πιο συγκεκριμένα, μια μέρα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, χρησιμοποιώντας γραμμάρια υδατανθράκων ανά κιλό σωματικού βάρους για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου των μυών κατά 90%. Εναλλακτικά, μια μέρα σύντομης, υψηλής έντασης προπόνησης (κυριολεκτικά λίγα λεπτά) ακολουθούμενη από μια ημέρα ελαφριάς άσκησης και στη συνέχεια πλήρης ξεκούραση, σε συνδυασμό με άφθονες ποσότητες τροφών και υγρών υψηλού γλυκαιμικού δείκτη το βράδυ πριν από έναν αγώνα, μπορεί επίσης να αυξάνουν τα επίπεδα γλυκογόνου κατά περισσότερο από 80%. Τα τρόφιμα με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη είναι αυτά που κατατάσσονται ψηλά στον γλυκαιμικό πίνακα: αυτά είναι τρόφιμα που αφομοιώνονται και απορροφώνται γρήγορα και προκαλούν μεγάλη αύξηση του σακχάρου στο αίμα (π.χ. λευκό ρύζι, άσπρο ψωμί) (Pedersen, Lessard, Coffey, Churchley, Wootton, 2008).



Εικόνα 8: Αποτελέσματα της φόρτισης υδατανθράκων

Ένα από τα μεγαλύτερα λάθη, που κάνουν συχνά οι αθλητές είναι ότι δεν εξασκούν τη φόρτιση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Στην ιδανική περίπτωση, ένας αθλητής θα εξασκηθεί στη φόρτωση υδατανθράκων συμμετέχοντας σε προπονήσεις προσομοίωσης αγώνα αρκετές φορές πριν από την εβδομάδα του αγώνα. Αυτό επιτρέπει στον αθλητή να μετρήσει την αντίδραση σε υψηλότερους υδατάνθρακες, να εξασκηθεί στην κατανάλωση των πραγματικών συνταγογραφούμενων ποσοτήτων υδατανθράκων και να αποφασίσει ποιες τροφές είναι καλύτερα ανεκτές (Jenkins, Wolever, Taylor, Barker, Fielden, Baldwin, 1981). Η εξάσκηση στη φόρτωση υδατανθράκων είναι απολύτως σημαντική. Η επανάληψη αυτών των στρατηγικών θα εξοικειώσει τον αθλητή και θα διασφαλίσει ότι μια τέτοια στρατηγική διατροφής είναι εφικτή την ημέρα του αγώνα. Η μη εξοικείωση μπορεί να αποτελέσει το μεγαλύτερο λάθος ενός αθλητή κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Για τις γυναίκες, υπάρχει μικρή έρευνα σχετικά με το φορτίο υδατανθράκων που σχετίζεται με τις συνθήκες τρεξίματος. Η πλειονότητα των μελετών έχει επικεντρωθεί στο ποσοστό της ενεργειακής

πρόσληψης (δηλ. 70-75% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης) ως μέτρο της φόρτισης υδατανθράκων. Ωστόσο, οι μελέτες δεν έχουν καθορίσει , εάν η συνολική ενέργεια , που καταναλώνεται καθημερινά ανταποκρίνεται πραγματικά στις απαιτήσεις της προπόνησης και των αγώνων. Επομένως, παρά την κατανάλωση 70% υδατανθράκων ως ποσοστό της ημερήσιας διατροφικής τους πρόσληψης, ο συνολικός αριθμός γραμμαρίων ανά κιλό σωματικού βάρους μπορεί να μην ήταν αρκετός για να έχει ως αποτέλεσμα την φόρτιση υδατανθράκων (Impey, et. al.2020).

Υπάρχουν μερικές μελέτες που έχουν διερευνήσει τη φόρτιση σε γυναίκες που χρησιμοποιούν αρκετά υψηλή ποσότητα (π.χ. 8-10 g/kg/σωματικό βάρος/ημέρα) και διαπίστωσαν ότι μπορούν να αυξήσουν τα αποθέματα γλυκογόνου. Οι γυναίκες πρέπει να πραγματοποιούν τη φόρτιση σε σχέση με τη μάζα του σώματός τους και να καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες υδατανθράκων προκειμένου να αυξήσουν τα αποθέματα γλυκογόνου. Μια άλλη πλευρά είναι η φάση του εμμηνορροϊκού κύκλου και η επίδρασή της στο φορτίο υδατανθράκων. Οι γυναίκες φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη ικανότητα αποθήκευσης γλυκογόνου κατά την ωχρινική φάση (~ 14 ημέρες μετά την ωορρηξία) σε σύγκριση με την ωοθυλακική φάση (την πρώτη ημέρα της αιμορραγίας μέχρι την ωορρηξία). Αν και χρειάζεται περισσότερη έρευνα, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτό που λειτουργεί για μια γυναίκα δεν θα λειτουργήσει απαραίτητα αποτελεσματικά για μια άλλη. Η συνεργασία με τον προπονητή της και έναν διατροφολόγο είναι υψίστης σημασίας, ώστε να ακολουθήσει τις απαραίτητες οδηγίες (Burke, Kiens & Ivy, 2004).

Συνολικά, είναι σημαντικό να τονιστεί, ότι τα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου από μόνα τους δεν καθορίζουν την κόπωση. Η κατανάλωση υδατανθράκων έχει ως αποτέλεσμα σταθερά επίπεδα σακχάρου στο αίμα και εάν η πρόσληψη είναι αρκετά υψηλή, εξοικονομεί γλυκογόνο του ήπατος. Καθώς βελτιώνει την ικανότητα αντοχής με την προπόνηση, ο ρυθμός οξείδωσης του σακχάρου στο αίμα και η οικονομία καυσίμου βελτιώνονται. Εν ολίγοις, όσο πραγματοποιείται βελτίωση τόσο, γίνεται πολύ πιο αποτελεσματική η φόρτιση υδατανθράκων. Ως εκ τούτου, η έννοια της κατανάλωσης υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες γίνεται μια πρόσθετη και σημαντική στρατηγική. Αυτή η στρατηγική πρέπει να εξασκείται στην προπόνηση και να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του αγώνα. Η ικανότητα ενός αθλητή να καταναλώνει

μεγάλες ποσότητες υδατανθράκων σε σχέση με τη μάζα του σώματός του κατά τη διάρκεια ενός αγώνα θα έχει ως αποτέλεσμα τη διαρκή οξείδωση των υδατανθράκων (κάψιμο υδατανθράκων για καύσιμο) και τελικά τη διατήρηση της ισχύος και της ταχύτητας.

Η σημασία των υδατανθράκων για το τρέξιμο είναι αδιαμφισβήτητη. Καθώς οι αθλητές πιέζουν το σώμα τους πάνω από το φράγμα περίπου του 60-70% VO2max, το σώμα αρχίζει να μετατοπίζεται από τη χρήση κυρίως λίπους για καύσιμο στους υδατάνθρακες. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές όταν η διάρκεια της άσκησης ξεπερνά τα 90 λεπτά, κάτι που κάνουν τα περισσότερα τρίαθλα. Όχι μόνο η χρήση υδατανθράκων ως πηγή καυσίμου γίνεται πιο σημαντική, αλλά το ενεργειακό κόστος της χρήσης υδατανθράκων ως πηγή καυσίμου είναι επίσης χαμηλότερο από αυτό του λίπους. Τα πιο απλά, γνωστά τρόφιμα είναι απαραίτητα πριν από έναν αγώνα. Ακολουθούν βασικά στάδια για τη διατροφή της εβδομάδας αγώνα, καθώς και ένα πλάνο διατροφής με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες για τις 24 ώρες πριν από τον αγώνα.

- Μια υψηλή πρόσληψη υδατανθράκων τουλάχιστον 24 ώρες πριν από κάθε τρέξιμο για περισσότερο από 90 λεπτά.
- Το βέλτιστο φορτίο θα ήταν η αύξηση της πρόσληψης υδατανθράκων 48 ώρες νωρίτερα, καταναλώνοντας τουλάχιστον 6-8 g ανά κιλό σωματικού βάρους την ημέρα.
- Κατανάλωση ενός συνδυασμού τροφών και υγρών υψηλού γλυκαιμικού δείκτη για να καλύψει ο αθλητής τις συνιστώμενες προσλήψεις.
- Η κατανάλωση μερικών από τους υδατάνθρακες μπορεί να βοηθήσει στη μείωση αυτού του αισθήματος υπερπλήρωσης.
- Τα τρόφιμα με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη είναι απαραίτητα. Αυτά περιλαμβάνουν λευκό ψωμί/κουλούρια, λευκά ζυμαρικά, λευκό ρύζι, λευκές πατάτες, δημητριακά πρωινού, τηγανίτες, πατάτες, ρύζι, φρούτα όπως σταφίδες, μπανάνες, μάνγκο, ανανάς και γλυκά γαλακτοκομικά προϊόντα όπως φρούτα και γιαούρτια.
- Μείωση της συνολικής πρόσληψης φυτικών ινών στις 24-48 ώρες πριν από το τρέξιμο για να ελαχιστοποιήσει ο αθλητής το περιεχόμενο στα έντερα.
- Περιορισμός στα φυλλώδη και ινώδη λαχανικά σε 1-2 μερίδες συνολικά.

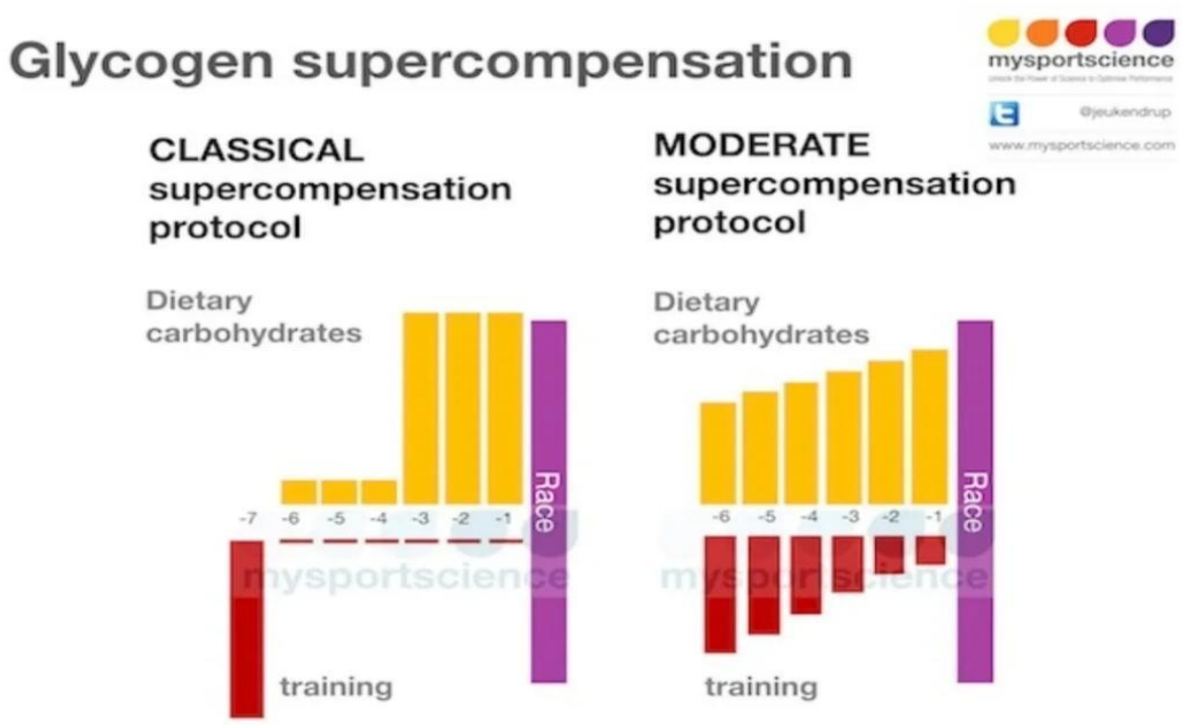
Το πρωί του αγώνα, ο αθλητής θα πρέπει να λάβει ένα γεύμα περίπου δύο με τρεις ώρες πριν από την ώρα έναρξης, με περίπου 80-100 γραμμάρια υδατανθράκων και φυτικών ινών. Οι φυτικές ίνες βοηθούν στην προστασία της επένδυσης του εντέρου από τραυματισμό από θερμικό στρες. Οι υδατάνθρακες παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο σε αυτό. Στα προτεινόμενα τρόφιμα περιλαμβάνονται λόγου χάριν η βρώμη, η μπανάνα και το γιαούρτι.

2.3 Πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων

Σε γενικές γραμμές, όταν η φυσική δραστηριότητα έχει διάρκεια μεγαλύτερη από 60-90 λεπτά, τότε θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική η εφαρμογή των κατάλληλων πρωτοκόλλων φόρτισης υδατανθράκων με στόχο την μεγιστοποίηση των αποθεμάτων του γλυκογόνου στον ανθρώπινο οργανισμό.

Πιο συγκεκριμένα, τα πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων είναι πρακτικές διατροφής, οι οποίες αποσκοπούν στο να μεγιστοποιήσουν τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου, ώστε το αίσθημα της κόπωσης να καθυστερήσει. Η διάρκεια τους είναι 7 ημέρες, όπου η 8η μέρα είναι η ημέρα του αγώνα και διακρίνονται από τρία στάδια. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνουν την εξάντληση των αποθεμάτων τόσο του μυϊκού όσο και του ηπατικού γλυκογόνου. Έπειτα το δεύτερο στάδιο είναι η στέρηση και το τρίτο στάδιο είναι η φόρτιση των υδατανθράκων (Urdampilleta,. Arribalzaga, Viribay, Castañeda-Babarro, Seco-Calvo & Mielgo-Ayuso, 2020). Επεξηγηματικά, το πρώτο στάδιο, το οποίο περιλαμβάνει την εξάντληση, έχει διάρκεια μιας ημέρας και εφαρμόζεται μέσω της εξαντλητικής άσκησης σε συνδυασμό με μια διατροφή χαμηλή σε υδατάνθρακες. Το δεύτερο στάδιο έχει διάρκεια από την 2η έως την 4η ημέρα, όπου

κατά την διάρκεια τους μειώνεται η ένταση και ταυτόχρονα μειώνεται η ποσότητα των καταναλισκόμενων υδατανθράκων (Burke, et. al., 2005). Τέλος, το τρίτο στάδιο εκτείνεται από την 5η ημέρα έως την 7η ημέρα, στην διάρκεια των οποίων οι υδατάνθρακες, τους οποίους ο αθλητής καταναλώνει, θα πρέπει να αφορούν περίπου το 70-80% του συνόλου ενέργειας, που λαμβάνει σε ημερήσια διάταξη. Αναφορικά με τα πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων υπάρχουν δύο κύρια πρωτόκολλα, η διαφοροποίηση τους έγκειται ως προς το δεύτερο στάδιο.



Εικόνα 9: Τα πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων

2.3.1 Κλασικό πρωτόκολλο

Κατά τη δεκαετία του 1960 πραγματοποιήθηκε σειρά μελετών από Σκανδιναβούς επιστήμονες που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η ικανότητα ενός αθλητή να εκτελεί παρατεταμένη άσκηση μέτριας έντασης και τα αποθέματα γλυκογόνου του αθλητή πριν από την εκτέλεση της συγκεκριμένης άσκησης συσχετίζονται. Πιο συγκεκριμένα, έρευνα των Bergstrom και Hultman το 1966 αποφάνθηκε ότι η άσκηση που οδηγεί σε εξάντληση του μυϊκού

γλυκογόνου ακολουθούμενη από μία δίαιτα πλούσια σε υδατάνθρακες ήταν σε θέση να αυξήσει τις αποθήκες του γλυκογόνου κατακόρυφα. Ο μηχανισμός αυτός διενεργείται τοπικά στον μυ όπου έλαβε μέρος στην άσκηση, με τα αποτελέσματα να παραμένουν για 3 ακόμα ημέρες το λιγότερο (Bergstrom & Hultman, 1966). Τα πρώτα πρωτόκολλα φόρτισης υδατανθράκων ήταν αποτέλεσμα της εισαγωγής, για πρώτη φορά, της μεθόδου μυϊκής βιοψίας με βελόνα. Ένα επαναστατικό μέσο που οδήγησε στην ακριβή και ευκολότερη μέτρηση του μυϊκού γλυκογόνου (Ahlborg, et. al., 1966).

Το κλασικό ή το σκανδιναβικό πρωτόκολλο ξεκινάει την πρώτη ημέρα με εξαντλητική προπόνηση έχοντας σαν στόχο την εξάντληση του γλυκογόνου. Έπειτα, την δεύτερη έως την τέταρτη ημέρα ακολουθεί μία δίαιτα, η οποία είναι πλούσια σε πρωτεΐνη, αλλά, και λίπος, όπου υπάρχει σχεδόν η πλήρης απουσία υδατανθράκων σε συνδυασμό με περιορισμένη άσκηση. Από την πέμπτη έως την έβδομη ημέρα ο αθλητής ακολουθεί μία δίαιτα πλούσια σε υδατάνθρακες (περίπου 70-80% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης) σε συνδυασμό με περιορισμένη δραστηριότητα ή και ξεκούραση. Ακολουθεί η ημέρα του αγώνα. Παρόλο, που η επιστημονικότητα και η εγκυρότητα του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου είναι ευρέως αποδεδειγμένη, εντούτοις, η εφαρμογή του σε πρακτικό επίπεδο είναι δύσκολα επιτεύξιμη και προκαλεί την επιβάρυνση των αντοχών των αθλητών κατά την περίοδο της στέρησης, όπου εμφανίζονται ιδιαίτερα έντονα συμπτώματα, όπως για παράδειγμα η υπογλυκαιμία, η αδυναμία, η νευρικότητα, η υπνηλία και οι μυϊκοί τραυματισμοί (Wu & Williams, 2009).

2.3.2 Τροποποιημένο πρωτόκολλο

Το 1981 ο Sherman και οι συνεργάτες του δημιούργησαν ένα νέο τροποποιημένο πρωτόκολλο ύστερα από την παρατήρηση ότι οι προπονημένοι αθλητές ήταν σε θέση να αυξήσουν τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου χωρίς να επέλθουν την φάση της εξάντλησης. Το πρωτόκολλο αυτό, όπως και το κλασικό, ξεκινά με μία ημέρα εξαντλητικής άσκησης. Ως προς το δεύτερο στάδιο, το οποίο διαρκεί από την δεύτερη έως την τέταρτη ημέρα, έχει μια μέτρια μείωση των επιπέδων υδατανθράκων με στόχο την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της

υπογλυκαιμίας και χωρίς η αποτελεσματικότητα του να είναι μικρότερη, την ίδια στιγμή που περιορίζει την φυσική δραστηριότητα. Έπειτα, την πέμπτη και έκτη ημέρα συνεχίζει με μια διατροφή πλούσια σε υδατάνθρακες ενώ παράλληλα πραγματοποιεί ελάχιστη άσκηση. Την έβδομη ημέρα η δίαιτα εξακολουθεί να αποτελείται κατά κύριο λόγο από υδατάνθρακες, όμως η διαφορά έγκειται στο γεγονός πως ο αθλητής ξεκουράζεται. Ακολουθεί η ημέρα του αγώνα. (Sherman, et. al., 1981).

Η μέθοδος αυτή έχει μία μέτρια μείωση των υδατανθράκων την δεύτερη έως την τέταρτη ημέρα σε σύγκριση με το κλασικό πρωτόκολλο που έχει μεγάλη μείωση ή και πλήρη αποχή από τους υδατάνθρακες με σκοπό να αποφευχθούν τα ανεπιθύμητα συμπτώματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, χωρίς όμως η αποτελεσματικότητα του να είναι μικρότερη (Van Hall, Shirreffs & Calbet, 2000).

2.3.3 Μονοήμερο πρωτόκολλο

Το 2002, ωστόσο, η Bussau με τους συνεργάτες της προέβησαν σε μία νέα μελέτη που αφορούσε την φόρτιση υδατανθράκων, καθώς παρατηρήθηκε πως δεν είχαν γίνει οι απαραίτητες έρευνες ώστε να αποφανθεί εάν η αύξηση της πρόσληψης των υδατανθράκων παράλληλα με σωματική αδράνεια είναι σε θέση να αυξήσει τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου σε λιγότερο από 3 ημέρες. Για πρώτη φορά, λοιπόν, η συγκεκριμένη μελέτη παρουσίασε στοιχεία που δείχνουν ότι οι εκπαιδευμένοι αθλητές είναι σε θέση να αποθηκεύσουν τις μέγιστες ποσότητες γλυκογόνου μέσα σε 24 ώρες, αφού ακολουθηθεί μία ημέρα δίαιτας υψηλής σε υδατάνθρακες και πλήρους ξεκούρασης. Πιο συγκεκριμένα, στο μονοήμερο πρωτόκολλο φόρτισης των υδατανθράκων, ο αθλητής μία εβδομάδα πριν από την διεξαγωγή του αγώνα μειώνει σταδιακά τις ώρες, που αφιερώνει στην προπόνηση του την ίδια στιγμή, όπου εφαρμόζει το συνηθισμένο πρόγραμμα διατροφής, ενώ, παράλληλα μια μέρα πριν από τον αγώνα μειώνει στο ελάχιστο την σωματική άσκηση την ίδια στιγμή, όπου καταναλώνει υψηλή ποσότητα υδατανθράκων με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη 10g Kg ΣΒ. Ως προς το μονοήμερο πρωτόκολλο έχει ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα ως προς την κάλυψη του σωματικού γλυκογόνου, καθώς οι αποθήκες του

γλυκογόνου έφτασαν σε επίπεδα συγκρίσιμα ή και ανώτερα των προηγούμενων μελετών. Ακόμη, δεν απαιτείται από τον αθλητή ιδιαίτερη προετοιμασία και χρόνος κάνοντας το ένα πρωτόκολλο που μπορεί εύκολα να εξασκηθεί την περίοδο προετοιμασίας για κάποιον αγώνα (Bussau, et. al., 2002).

Ακόμη, τα πρωτόκολλα για την φόρτιση των υδατανθράκων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους του σώματος, καθώς συγκεντρώνεται νερό στο γλυκογόνο και συγκεκριμένα 3g νερού/g γλυκογόνου, στοιχείο, που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε περιπτώσεις αθλημάτων, όπου το σωματικό βάρος έχει καθοριστική σημασία. Βέβαια, σε αθλήματα με μικρή διάρκεια και πιο μεγάλη ένταση, όπως για παράδειγμα τα μαχητικά αθλήματα, τότε το διαθέσιμο μυϊκό γλυκογόνο δεν συνιστά περιορισμό, αφού το επίπεδο γλυκογονόλυσης είναι ανεξάρτητο από τα αποθέματα και ως εκ τούτου η φόρτιση υδατανθράκων δεν επιφέρει αποτελέσματα. Ωστόσο, η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύσει το σώμα είναι περιορισμένη. Επομένως, η λήψη πάρα πολλών υδατανθράκων ενέχει τον κίνδυνο οι υπερβολικές ποσότητες να μετατραπούν σε λίπος (Van Hall, Shirreffs & Calbet, 2000).

2.4 Χρόνος κατανάλωσης

Προκειμένου, να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πιο υψηλή αποτελεσματικότητα αναφορικά με την αθλητική απόδοση, είναι ωφέλιμο η κατανάλωση υδατανθράκων να μην περιορίζεται μόνο σε συγκεκριμένες ποσότητες, αλλά, να λαμβάνει χώρα και σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, σύμφωνα με το πώς έχει διαμορφωθεί το πρόγραμμα του κάθε αθλητή. Άλλωστε, υπάρχουν συγκεκριμένες προτάσεις και συστάσεις για την κατανάλωση των υδατανθράκων σε ημερήσια διάταξη. Κριτήριο αποτελεί το αν ο αθλητής βρίσκεται σε περίοδο πριν, κατά την

διάρκεια ή μετά από την φυσική δραστηριότητα, εφόσον οι απαιτήσεις και οι ανάγκες της κάθε περιόδου είναι διαφορετικές. Έπειτα από την δημιουργία και την οργάνωση του προγράμματος προπόνησης, είτε τις ημέρες είτε ακόμη και κάποιες ώρες πριν από τον αγώνα, ο αθλητής λαμβάνει τις μέγιστες ποσότητες γλυκογόνου στον οργανισμό, ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός αγώνα. Οι απαιτήσεις, που αφορούν αποθηκευμένο γλυκογόνο εξαρτώνται από το είδος του κάθε αθλήματος. Βέβαια, οι υδατάνθρακες αποδεικνύονται απαραίτητοι τόσο πριν από την αθλητική απόδοση, παρέχοντας επαρκή παροχή ενέργειας για την αντιμετώπιση της προσπάθειας, τόσο κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας για την αποφυγή εξάντλησης του γλυκογόνου στους μύες, όσο και μετά την προπόνηση για την αποκατάσταση των αποθεμάτων σακχάρου και θρεπτικών συστατικών (Carter, Jeukendrup, Mann & Jones, 2004b).

Οι υδατάνθρακες επομένως έχουν θετική επίδραση στην αθλητική απόδοση γιατί εγγυώνται τις σωστές ποσότητες αποθηκευμένου γλυκογόνου, καθυστερώντας την κόπωση και αυξάνοντας την αντοχή κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας. Ωστόσο, καλό είναι να θυμόμαστε ότι το σώμα μας επηρεάζεται από τη συνήθη διατροφή. Δεν αρκεί λοιπόν να προσλάβει κάνεις τις σωστές ποσότητες υδατανθράκων την ημέρα του αγώνα, εάν τις προηγούμενες εβδομάδες δεν έχει ακολουθήσει σωστή διατροφή με τη σωστή ποσότητα. Κανονικά, όσοι προπονούνται κάθε μέρα με μέτρια ή ελάχιστη ένταση μπορούν να εισάγουν καθημερινά από 3 έως 7 g υδατάνθρακες ανά κιλό σωματικού βάρους, ενώ όσοι ασκούν πιο έντονη αθλητική δραστηριότητα μπορούν να φτάσουν τα 8-12 g ανά κιλό βάρους την ημέρα (Temesi, Johnson, Raymond, Burdon & O'Connor, 2011).

Για να προσδιοριστεί η σωστή ποσότητα υδατανθράκων στη διατροφή ενός αθλητή, είναι απαραίτητο να λάβει κανείς υπόψη του το είδος της προπόνησης που πραγματοποιείται, δηλαδή μέτρια ή πολύ έντονη, και την κατανομή των ημερών ανάπαυσης κατά τη διάρκεια της εβδομάδας. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να σχεδιαστεί ένα διατροφικό πλάνο όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικό. Εκτός από το είδος της σωματικής άσκησης και την έντασή της, η ποσότητα των υδατανθράκων που πρέπει να ληφθούν εξαρτάται επίσης από το σωματικό βάρος και τον στόχο που πρέπει να επιτευχθεί. Η πρόσληψη υδατανθράκων στη διατροφή του αθλητή θα ποικίλλει. Τα αθλήματα αντοχής που απαιτούν περισσότερη προσπάθεια επιτρέπουν στον

αθλητή να χάσει τους περισσότερους υδατάνθρακες επειδή απαιτούν περισσότερη ενέργεια (Gray, Green, Betts & Gonzalez, 2020).

Κατά τη διάρκεια έντονης προπόνησης ή αγώνα, η ένταση και ο όγκος της δραστηριότητας μειώνονται σταδιακά καθώς εξαντλούνται τα αποθέματα γλυκογόνου. Η ικανότητα συγκέντρωσης του αθλητή τείνει επίσης να μειώνεται.

Όλα αυτά συνδέονται με:

- έναρξη της κόπωσης,
- αυξημένος καταβολισμός του μυϊκού ιστού
- μείωση της άμυνας του ανοσοποιητικού.

Η μείωση των αποθεμάτων υδατανθράκων του οργανισμού συνδέεται με την εμφάνιση αισθήματος κόπωσης και κατά συνέπεια με μικρότερη ένταση εργασίας μέχρι να είναι αδύνατη η συνέχισή της (εξάντληση). Καθώς η διάρκεια της άσκησης αυξάνεται σε περισσότερο από δύο ώρες , η παροχή ενέργειας που παρέχεται από το μυϊκό γλυκογόνο μειώνεται σταδιακά και αυτή του σακχάρου και των λιπιδίων του αίματος (τριγλυκερίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα) αυξάνεται αναλογικά. Όταν το μυϊκό γλυκογόνο και το σάκχαρο του αίματος καθίστανται ανεπαρκή για να εγγυηθούν περισσότερο ή λιγότερο του 40% της συνολικής ζήτησης ενέργειας, αρχίζει να εμφανίζεται κόπωση (Hulston, Venables, Mann, Martin, Philp & Baar, 2010). Για βασικές ή μακροχρόνιες δραστηριότητες - αλλά και για δραστηριότητες υψηλής έντασης - μια ισορροπημένη διατροφή γίνεται επομένως μια τόσο σημαντική παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα. Πράγματι, σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητο ο αθλητής να βρίσκεται στις καλύτερες συνθήκες από ενεργειακή άποψη, δηλαδή να βελτιστοποιήσει τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου, του κύριου καυσίμου του σώματος (Webster, Noakes, Chacko, Swart, Kohn & Smith, 2016).

Στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, η ιδέα ότι η υπεραντιστάθμιση του μυϊκού γλυκογόνου πριν από την άσκηση (Filling up) μπορεί να βελτιώσει την απόδοση, ειδικά σε δραστηριότητες άνω των 90 λεπτών, έχει αποκτήσει ευρεία αποδοχή. Η φόρτωση μυϊκού γλυκογόνου συνδέεται με μια στρατηγική που οδηγεί σε ασυνήθιστη και υψηλή αποθήκευση

γλυκογόνου στους μύες. Από τις πρώτες μελέτες στα τέλη της δεκαετίας του 1960, πολλοί συγγραφείς (πρώτα από όλα η Σκανδιναβική σχολή), μετά από πειραματισμούς, μπόρεσαν να επιβεβαιώσουν, ότι μια δίαιτα με καλή πρόσληψη υδατανθράκων τις ημέρες πριν από την αθλητική δραστηριότητα επιτρέπει τη βελτιστοποίηση ακόμη και των εργασιών του γαλακτικού οξέως (Bergstrom & Hultman 1967). Σε αυτές τις περιπτώσεις, ωστόσο, το γεύμα με υδατάνθρακες πριν από τον αγώνα δεν κρίθηκε χρήσιμο, εκτός αν ήταν ανταγωνισμός υψηλής έντασης που δεν ξεπερνούσε το 90% του VO2max και διαρκούσε περισσότερο από 30/40 λεπτά (Currell & Jeukendrup, 2008).

Σε κάθε περίπτωση, τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν επιβεβαίωσαν ότι η αύξηση της πρόσληψης υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της εβδομάδας του αγώνα είναι ικανή να βελτιώσει τη μακροπρόθεσμη απόδοση. Ο προγραμματισμός μιας διατροφής πλούσιας σε υδατάνθρακες τις ημέρες πριν από τον αγώνα μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμος σε μεσοπρόθεσμες έως μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις και επαναλαμβανόμενες βραχυπρόθεσμες δοκιμές. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες αποσκοπεί στον κορεσμό και την αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου στο σώμα ρυθμίζοντας την απόδοση των μυών και καθυστερώντας την εμφάνιση κόπωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης (Baar & McGee, 2008).

Κεφάλαιο 3 : Προσαρμογή λίπους

3.1 Τα λιπίδια

Μέχρι τη δεκαετία του 2000, ήταν σύνηθες για τους ειδικούς της αθλητικής διατροφής να συμβουλεύουν δραστικό περιορισμό της πρόσληψης λίπους. Πράγματι, λάμβαναν υπόψη μόνο την ποσοτική πτυχή αυτού του μακροθρεπτικού συστατικού, χωρίς να εστιάζουν στις ιδιότητες των διαφορετικών οικογενειών που το αποτελούν. Πλέον, μετά από αρκετές μελέτες για τη βιολογική κατάσταση των αθλητών, περισσότερο από την ενεργειακή πρόσληψη, μας ενδιαφέρει η ποιοτική πρόσληψη, ιδιαίτερα αυτή των απαραίτητων λιπαρών οξέων (απαραίτητων για τον οργανισμό μας που δεν ξέρει πώς να τα συνθέσει). Επομένως, η ποιοτική/ποσοτική πρόσληψη τροφής παίζει καθοριστικό ρόλο.

Δεν υπάρχουν ποσοτικά πρότυπα αλλά ένα πλάνο βασισμένο στην ποιοτική πρόσληψη λιπών που είναι επιθυμητό να ενσωματωθεί στη διατροφή του αθλητή. Τα θρεπτικά συστατικά έχουν το καθένα τη λειτουργία και τη σημασία του. Τα λιπίδια συμβάλλουν σημαντικά στην ενεργειακή πρόσληψη κατά τη φάση της προπόνησης και παρέχουν απαραίτητα λιπαρά οξέα και λιποδιαλυτές βιταμίνες. Η οξείδωση των λιπιδίων, που καλύπτει τα 2/3 των βασικών αναγκών, εξοικονομεί αποθέματα γλυκογόνου στην αρχή της άσκησης. Στη συνέχεια, παίρνει ένα αυξανόμενο μέρος και αντικαθιστά σιγά σιγά τα υδατανθρακικά υποστρώματα χωρίς να επιτρέπει έντονη προσπάθεια. Οι συνιστώμενες προσλήψεις είναι περίπου 20 έως 35% στα αθλήματα αντοχής, διασφαλίζοντας τη βέλτιστη πρόσληψη ωμέγα 3 και ωμέγα 6. Δεν συνιστάται η κατανάλωσή τους τις ώρες πριν και μετά από έναν αγώνα. Η κατηγοριοποίηση των λιπιδίων γίνεται ανάλογα με τον αριθμό των διπλών δεσμών μεταξύ αυτών των ανθράκων.

Τα λιπίδια ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA): χωρίς διπλό δεσμό
- Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA): ένας απλός διπλός δεσμός

- Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs): αρκετοί διπλοί δεσμοί

Τα απαραίτητα λιπαρά οξέα περιέχουν, μεταξύ άλλων, Ωμέγα 3 και Ωμέγα 6 που είναι πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα ωμέγα 3 και ωμέγα 6 είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία του σώματός μας. Πρέπει να καταναλώνονται μέσω της διατροφής μας, γιατί ο οργανισμός μας δεν ξέρει πώς να τα συνθέσει.

Το άλφα-λινολενικό οξύ (ALA) ή «ωμέγα-3» είναι απαραίτητο γιατί συμμετέχει στην ανάπτυξη του νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου. Περιορίζει τον σχηματισμό θρόμβων στο αίμα και βοηθά στη ρύθμιση της ροής του αίματος. Τα ωμέγα-3 βοηθούν στην πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων. Το EPA (Eicosa pentaenoic acid) και το DHA (Docosa hexaenoic acid) από τα ωμέγα-3 συμβάλλουν στη μείωση των τριγλυκεριδίων (σωματικό λίπος).
Το λινολεϊκό οξύ ή «ωμέγα-6» παίζει ρόλο στην ακεραιότητα της επιδερμίδας. Συμμετέχει επίσης στη σύνθεση των ορμονών της γονιμότητας και στη σύσπαση της μήτρας. Προωθεί επίσης την ένωση των αιμοπεταλίων, ενεργοποιεί το ανοσοποιητικό σύστημα και μειώνει την κακή χοληστερόλη. Τα αδιάλυτα στο νερό (υδρόφοβα) βιολογικά μόρια ανήκουν στην κατηγορία των λιπιδίων. Τα λιπίδια είναι μακράς αλυσίδας (λιπαρά οξέα) με διαφορετικές αλκοόλες: γλυκερίνη, χοληστερόλη. Τα λιπίδια είναι τα απαραίτητα συστατικά των βιολογικών μεμβρανών. Λόγω των χαρακτηριστικών τους καθιστούν δυνατό τον περιορισμό των διαφορετικών διαμερισμάτων των κυττάρων.

Στο σώμα, τα λιπίδια παίζουν δύο κύριους ρόλους:

- Ρόλος αποθήκευσης ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, τα λιπίδια έχουν τη μορφή τριγλυκεριδίων, που υπάρχουν ιδίως στον λιπώδη ιστό.
- Δομικός ρόλος. Σε αυτή την περίπτωση, έχουν τη μορφή φωσφολιπιδίων και εισέρχονται στη σύνθεση των κυτταρικών μεμβρανών. Ειδικότερα, εξασφαλίζουν τη ρευστότητά τους.

Τα τριγλυκερίδια και τα φωσφολιπίδια του σώματος αποτελούνται κυρίως από λιπαρά οξέα που παρέχονται από την τροφή και, για ορισμένα από αυτά, συντίθενται από τον οργανισμό.

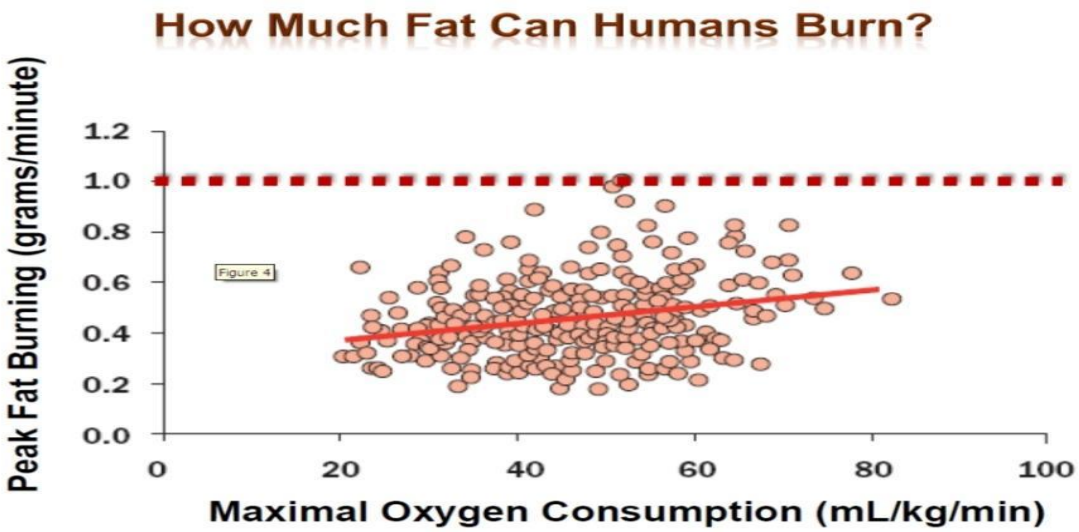
Είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και τη σωστή λειτουργία του ανθρώπινου σώματος , αλλά το σώμα μας δεν ξέρει πώς να τα κατασκευάσει. Υπό όρους είναι απαραίτητα τα λιπαρά οξέα, για τη φυσιολογική ανάπτυξη και τις φυσιολογικές λειτουργίες των κυττάρων.

3.2 Λίπος και άσκηση

Ακριβώς όπως το σώμα αποθηκεύει τη γλυκόζη ως γλυκογόνο, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα αποθηκεύονται ως τριγλυκερίδια ή τριακυλογλυκερόλες. Αυτά είναι μόρια που σχηματίζονται από τρία λιπαρά οξέα που συνδέονται με ένα μόριο γλυκερίνης. Οι δύο κύριες θέσεις αποθήκευσης τριγλυκεριδίων είναι τα λιποκύτταρα και οι σκελετικοί μύες. Ο λιπώδης ιστός περιέχει τη μεγαλύτερη ποσότητα τριγλυκεριδίων. Πολύ μικρότερη είναι η ποσότητα λίπους που υπάρχει στους σκελετικούς μυς.

Τα ενδομυϊκά τριγλυκερίδια οργανώνονται σε σταγονίδια λιπιδίων που εναποτίθενται μέσα στο κυτταρόπλασμα των μυοκυττάρων κοντά στα μιτοχόνδρια (κυτταρικά οργανίδια υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας). Βρίσκονται κοντά στα μιτοχόνδρια λόγω της χρήσης ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης, αλλά αυτό συμβαίνει μόνο εάν ο μυς είναι εκπαιδευμένος (αντοχή): όσο πιο κοντά είναι οι σταγόνες λιπιδίων στα μιτοχόνδρια, τόσο πιο αποτελεσματική θα είναι η χρήση τους κατά την άσκηση. Αντίθετα, σε μη εκπαιδευμένους μυς διασπείρεται στο σαρκόπλασμα (Hawley, Schabort, Noakes & Dennis, 1997). Η προπόνηση χαμηλής έντασης είναι αυτή που ευνοεί τη μεγαλύτερη καύση λίπους. Όταν το σώμα χρησιμοποιεί κυρίως λίπη ως καύσιμο, η διαθέσιμη μεταβολική ισχύς είναι χαμηλότερη από ό,τι όταν χρησιμοποιούνται σάκχαρα, επειδή ο μεταβολισμός του λίπους είναι μεγαλύτερος και πιο αργός. Έτσι, για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια ενός χαλαρού περιπάτου το κύριο καύσιμο (για τουλάχιστον το 70-80 τοις εκατό της ενέργειας που απαιτείται) αντιπροσωπεύεται από τα λιπαρά οξέα που κυκλοφορούν στο αίμα και η υπόλοιπη ενέργεια καλύπτεται από ενδομυϊκά τριγλυκερίδια, μυϊκό γλυκογόνο και γλυκόζη (Morton, Croft, Bartlett, MacLaren, Reilly &

Evans, 2009). Στην αερόβια δραστηριότητα η έντονη ενέργεια παρέχεται κυρίως από το γλυκογόνο των μυών (περίπου 60-70 τοις εκατό). Καθώς αυξάνεται η ένταση, η χρήση σακχάρων, που αντιπροσωπεύονται κυρίως από το μυϊκό γλυκογόνο, αυξάνεται και, ταυτόχρονα, μειώνεται η οξείδωση του λίπους. Αυτό μειώνεται σχεδόν στο μηδέν στο 90% περίπου του μέγιστου καρδιακού παλμού.



Εικόνα 10: Διαδικασία Οξείδωσης λίπους

Κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας χρησιμοποιούνται (καταναλώνονται) τα κυκλοφορούντα λιπαρά οξέα που λαμβάνονται σταδιακά από τον λιπώδη ιστό. Αυτό σημαίνει ότι τα λίπη μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλο και περισσότερο ως καύσιμο αρκετά λεπτά μετά την έναρξη της άσκησης. Αυτός ο χρόνος είναι απαραίτητος για να κινητοποιηθούν τα λιπαρά οξέα στον λιπώδη ιστό (μέσω της λιπόλυσης με τη μεσολάβηση της αδρεναλίνης), να μεταφερθούν από το αίμα και να φτάσουν στους μύες (μπαίνοντας στα μιτοχόνδρια) για να χρησιμοποιηθούν ως ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι εάν η άσκηση είναι σχετικά μικρής διάρκειας , όπως λιγότερο από 10 λεπτά , οι μύες καταναλώνουν σημαντικά τα σάκχαρα που υπάρχουν ήδη στους μυϊκούς ιστούς, ακόμη και στις χαμηλότερες εντάσεις, και όχι τα λίπη.

Αν συνδυάσουμε όλους τους τύπους λίπους που περιέχονται στο σώμα μας (ελεύθερα λιπαρά οξέα στο αίμα, τριγλυκερίδια του αίματος, αυτά που περιέχονται στους μύες και στον

λιπώδη ιστό) θα μπορούσαμε να λάβουμε έως και 100.000 kcal. Από την άλλη, οι υδατάνθρακες που αποθηκεύονται στον οργανισμό παρέχουν κατά μέσο όρο 2.000 kcal.

Επομένως, υπάρχει περιορισμένη ποσότητα αποθεματικού γλυκογόνου. Αυτή η πηγή ενέργειας είναι απαραίτητη σε μακροχρόνιες ασκήσεις. Όταν τα αποθέματα υδατανθράκων εξαντλούνται, εμφανίζεται κόπωση και επιδεινώνεται η αθλητική απόδοση. Ωστόσο, δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλη ποσότητα λίπους αποθηκευμένη στο σώμα, δεν χρειάζεται να ανησυχούμε μήπως τελειώσει η ενέργεια. Μία από τις πιο σημαντικές προσαρμογές της προπόνησης με αντίσταση είναι ακριβώς η αυξημένη ικανότητα χρήσης λίπους ως καύσιμο (λιπολυτική απόδοση), έχοντας έτσι τη δυνατότητα να σώσουμε τα πολύτιμα αποθέματα υδατανθράκων μας. Προκειμένου οι μύες να χρησιμοποιήσουν το λίπος που είναι αποθηκευμένο στον λιπώδη ιστό, τα τριγλυκερίδια πρέπει να διασπαστούν στα βασικά τους συστατικά: ένα μόριο γλυκερόλης και τρία μόρια ελεύθερων λιπαρών οξέων. Στη συνέχεια μεταφέρονται στους μύες που λειτουργούν μέσω της κυκλοφορίας του αίματος (Phinney, Bistrian, Evans, Gervino & Blackburn, 1983). Η ταχύτητα διείσδυσης στις μυϊκές ίνες εξαρτάται από το ρυθμό συγκέντρωσης. Η αύξηση της συγκέντρωσης στο αίμα διευκολύνει την είσοδό τους στις μυϊκές ίνες. Μόλις εισέλθουν στις μυϊκές ίνες (στις οποίες διεισδύουν με διάχυση) τα ελεύθερα λιπαρά οξέα εισέρχονται στα μιτοχόνδρια όπου οξειδώνονται πλήρως μέσω μιας μεταβολικής διαδικασίας γνωστής ως βήτα-οξείδωση των λιπαρών οξέων .

Αρχικά, σε μια ένταση άσκησης που μπορεί να διατηρηθεί για περισσότερες από τέσσερις ώρες, περίπου το 50% του καυσίμου για τους μύες προέρχεται από υδατάνθρακες ενώ το υπόλοιπο 50% προέρχεται από λίπος. Καθώς η δραστηριότητα γίνεται πιο έντονη, το μυϊκό γλυκογόνο, το σάκχαρο στο αίμα και ακόμη και τα ενδομυϊκά τριγλυκερίδια αρχίζουν να εξαντλούνται. Για να αντισταθμίσει την εξάντληση αυτών των πηγών ενέργειας, το σώμα αρχίζει να χρησιμοποιεί τα λίπη που είναι αποθηκευμένα στον λιπώδη ιστό. Αυτό το φαινόμενο σχετίζεται με αύξηση των επιπέδων των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο πλάσμα.

Έτσι, στον σχεδιασμό της προπόνησης η ένταση της άσκησης αυξάνεται κάθε δύο με τρία λεπτά μέχρι το άτομο να φτάσει τη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου ή VO2 max. Σε μια ένταση άσκησης 25% της VO2 max, περίπου το 90% της ενέργειας προέρχεται από το λίπος.

Στο άλλο άκρο (ένταση άσκησης ίση με 85% της VO2 max) το σώμα αρχίζει να προτιμά τους υδατάνθρακες ως κύρια πηγή καυσίμου.

Οι προσαρμογές αυτές συμβαίνουν στα αθλήματα αντοχής και συνίστανται σε μεγαλύτερη ικανότητα κινητοποίησης και χρήσης λίπους σε οποιαδήποτε ένταση άσκησης και σε παράλληλη μείωση της κατανάλωσης υδατανθράκων που επομένως «εξοικονομούνται». Η πρακτική σημασία αυτών των προσαρμογών εκπαίδευσης είναι προφανής. Το εκπαιδευμένο άτομο μπορεί να χρησιμοποιήσει λίπος σε μεγαλύτερο βαθμό, εξοικονομώντας έτσι πολύτιμα αποθέματα υδατανθράκων. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα βελτιωμένη απόδοση. Ο αθλητής έχει την ικανότητα να οξειδώνει περισσότερο λίπος από ένα μη εκπαιδευμένο.

Μετά από μήνες προπόνησης με αντιστάσεις, τα άτομα που προηγουμένως έκαναν καθιστική ζωή έδειξαν αυξημένη αποτελεσματικότητα στη χρήση λίπους και μείωση στη χρήση υδατανθράκων. Είναι χαρακτηριστικό, ότι το λίπος συνεχίζει να είναι το καύσιμο επιλογής ακόμα και μετά την προπόνηση.

Ο Denis Riché, αθλητικός διατροφολόγος και ειδικός στη μικροδιατροφή, και ο συνάδελφός του Δρ. Didier Chos, διεξήγαγαν μια ολόκληρη σειρά μελετών σχετικά με χρόνιες ανεπάρκειες σε άλφα λινολενικό οξύ ή μακράς αλυσίδας «ωμέγα 3» λιπαρά οξέα σε αθλητές. Έχουν δείξει ότι οι χρόνιες ελλιπείς μερίδες σε αυτές τις κατηγορίες λιπαρών οξέων θα επηρεάσουν την καλή λειτουργία των λειτουργιών που εξαρτώνται από αυτές, ιδιαίτερα τον λειτουργικό τους ρόλο και τη δράση τους στο ανοσοποιητικό επίπεδο.

Πολυάριθμες μελέτες δείχνουν ότι σε περίπτωση ελλείμματος προσφοράς επηρεάζεται η λειτουργικότητα της κυτταρικής μεμβράνης και ό,τι εξαρτάται από αυτήν για τον οργανισμό μας. Η μελέτη του Blomstrand ανέδειξε αλλαγές στη συγκέντρωση αλυσίδας αμινοξέων στο πλάσμα κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης στον άνθρωπο και τον πιθανό ρόλο στην κόπωση. Ακόμη, σημειώνεται ότι στους αθλητές αντοχής υπάρχουν ανωμαλίες στη βιολογική κατάσταση των λιπαρών οξέων σε διαφορετικά επίπεδα πρόσληψης λιπιδίων (τόσο 1g/Kg όσο και 1,8g/Kg). Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και όταν τρώει κανείς πολλά λιπαρά, δεν είναι βέβαιο ότι θα παρέχει στις μεμβράνες του αυτό που χρειάζονται για τη βέλτιστη λειτουργία.

Η ενεργειακή πτυχή δεν προβλέπει σε καμία περίπτωση καλή ισορροπία μεμβράνης. Επομένως, για τη μεγάλη πλειοψηφία των αθλητών, ιδιαίτερα στην αντοχή, η λιπιδική σύνθεση

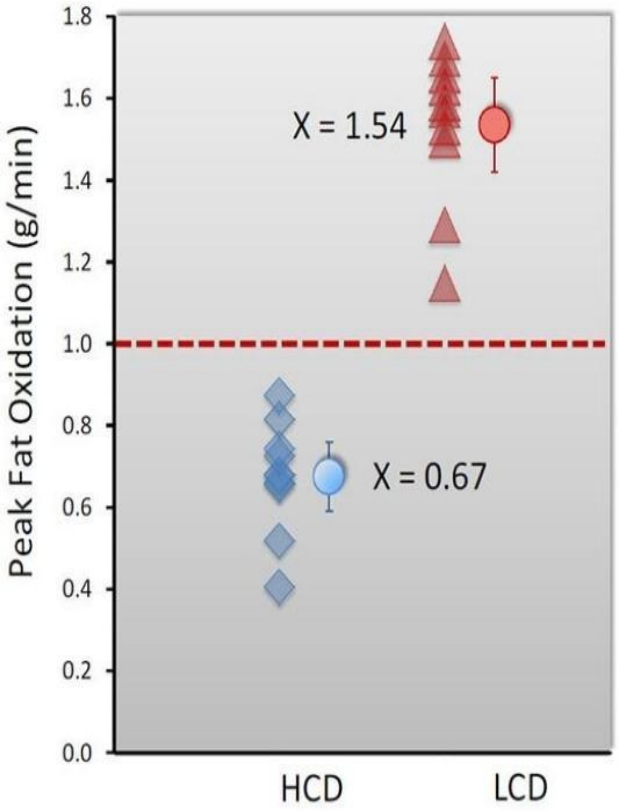
της μεμβράνης δεν είναι η βέλτιστη. Έτσι, το νευρικό, ορμονικό, ανοσοποιητικό σύστημα, η διεξαγωγή της εισροής και η ποιότητα των ερυθρών αιμοσφαιρίων, που συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση του επιπέδου απόδοσης δεν θα μπορέσουν να ανταποκριθούν επαρκώς. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα λειτουργικές διαταραχές που εκδηλώνονται με τη μορφή φλεγμονής, μειωμένης κυκλοφορίας, μνήμης, συγκέντρωσης.

3.3 Οξείδωση λίπους

Η οξείδωση είναι η διαδικασία χρήσης του λίπους ως πηγή καυσίμου για να διατηρήσουμε το σώμα μας ώστε να λειτουργεί σωστά όταν δεν υπάρχει πλέον διαθέσιμη γλυκόζη. Λίπος, αποθηκευμένο σε κύτταρα που ονομάζονται λιποκύτταρα, στη συνέχεια απελευθερώνεται για να μετατραπεί σε γλυκόζη. Το λίπος, που έχει γίνει γλυκόζη, είναι ικανό να καλύψει τις ανάγκες του οργανισμού μας. Τα λιποκύτταρα, που έχουν αδειάσει από το λίπος τους, όμως, δεν εξαφανίζονται ποτέ. Θα γεμίσουν μόλις καταναλώσει ο αθλητής λιπίδια ή σάκχαρα (μετά την αποικοδόμηση σε λίπος) χωρίς άμεση χρησιμότητα. Η διαδικασία αποθήκευσης/οξείδωσης λίπους είναι ο μόνος τρόπος που έχουμε να αντισταθούμε στην έλλειψη γλυκόζης, σε περίπτωση νηστείας, ασθένειας, πείνας κ.λπ. Δεν είναι λοιπόν δυνατό να την εμποδίσουμε (Støa, Nyhus, Børresen, Nygaard, Hovet, Bratland-Sanda, Helgerud & Støren, 2016). Σύμφωνα με τον Eymard, η οξείδωση των λιπιδίων μπορεί να προκύψει από διάφορες οδούς αντίδρασης ανάλογα με το μέσο και τους παράγοντες έναρξης:

- Αυτόματη οξείδωση που καταλύεται από τη θερμοκρασία, τα μεταλλικά ιόντα, τις ελεύθερες ρίζες.
- Φωτοοξείδωση, που ξεκινά από το φως παρουσία φωτοευαισθητοποιητών.
- Ενζυματική οξείδωση που ξεκινά από λιποξυγενάση.

Η δυνατότητα μεγιστοποίησης της καύσης ή της οξείδωσης λίπους είναι ένα θέμα που ενδιαφέρει πολλούς αθλητές των οποίων τα αθλήματα απαιτούν χαμηλό ποσοστό σωματικού λίπους. Έχει επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους αθλητές αντοχής που θέλουν να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους, καθώς η βελτίωση του μεταβολισμού του λίπους θα τους επιτρέψει να εξοικονομήσουν μυϊκό γλυκογόνο, το οποίο είναι βασικό ενεργειακό υπόστρωμα για την απόδοση και του οποίου τα αποθέματα λίπους είναι πολύ χαμηλότερα από τα κανονικά. Φυσικά, αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και για εκείνους τους αθλητές που θέλουν να βελτιώσουν τη σύσταση του σώματός τους. Αν και δεν μπορούν όλοι να έχουν πρόσβαση σε αυτό το είδος τεστ, οι γενικές συστάσεις ισχύουν για την πλειοψηφία του πληθυσμού, αν και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι σε προπονημένους αθλητές το Fat Max βρίσκεται σε κάπως υψηλότερες εντάσεις από ότι σε άτομα που δεν προπονούνται (Brooks & Mercier, 1994).



Εικόνα 11: Αποτέλεσμα οξείδωσης λίπους

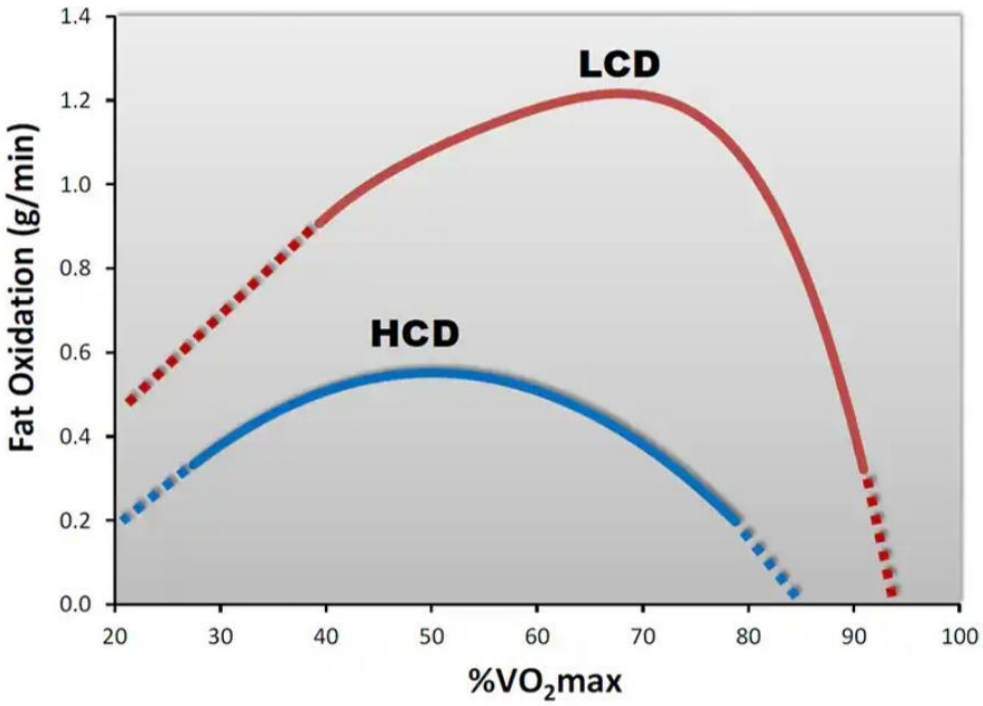
Στην ιδανική περίπτωση, οποιοδήποτε πρωτόκολλο άσκησης θα πρέπει να στοχεύει στη βελτίωση της σύστασης του σώματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτός ο στόχος περιλαμβάνει την αύξηση ή τη διατήρηση της μυϊκής μάζας και, το πιο σημαντικό, τη μείωση της λιπώδους μάζας. Οι δύο διαδικασίες συσχετίζονται προκειμένου να βελτιωθεί η κατάσταση της υγείας ενός ατόμου μέσω της ενεργοποίησης φυσιολογικών, βιοχημικών και ψυχολογικών οδών που οδηγούν σε γενική βελτίωση των βιοδεικτών και των κοινωνικών συμπεριφορών.

Ωστόσο, το τελευταίο παίζει ουσιαστικό ρόλο σε καταστάσεις χρόνιας φλεγμονής, που είναι σημαντικός αιτιολογικός παράγοντας σε ένα ευρύ φάσμα κοινών χρόνιων παθήσεων, συμπεριλαμβανομένων των καρδιαγγειακών παθήσεων, του διαβήτη, του Alzheimer και άλλων νευρολογικών παθήσεων και του καρκίνου. Για να κατανοήσει κανείς καλύτερα πώς τα προγράμματα άσκησης επηρεάζουν τον μεταβολισμό των λιπιδίων, αξίζει να αναφέρουμε τις γενικές αρχές στον προγραμματισμό μιας άσκησης:

- Χρόνος : ώρα της ημέρας κατά την οποία εκτελείται η άσκηση σε σχέση με το τελευταίο γεύμα.
- Τύπος : τύπος κινητικής δραστηριότητας που ασκείται.
- Ακολουθία : διαδοχή κινητικών ασκήσεων
- Συχνότητα : αριθμός προπονήσεων ανά μονάδα χρόνου (ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία, κ.λπ.).
- Διάρκεια : πόσο καιρό εκτελείται η άσκηση.
- Ένταση : βαθμός προσπάθειας που προκαλεί φυσιολογική προσαρμογή.

Όλες αυτές οι παράμετροι διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στον καθορισμό των επιπτώσεων των πρωτοκόλλων, μαζί με άλλους επιγενετικούς παράγοντες και χαρακτηριστικά του ατομικού υποβάθρου (φύλο, ηλικία, διατροφική και προπονητική κατάσταση, επίπεδο φυσικής κατάστασης, περιβαλλοντικές συνθήκες, μεταβολικές ασθένειες). Έχει αξιολογηθεί (ξεκινώντας από την εργασία των Christensen και Hansen το 1939) ότι ειδικά η ένταση και η

διάρκεια είναι οι καθοριστικοί παράγοντες για την καθιέρωση της χρήσης ενός υποστρώματος παρά ενός άλλου κατά τη διάρκεια της άσκησης (Hargreaves & Spriet 2017).



Εικόνα 12: Τα αποτελέσματα της οξείδωσης λίπους αναφορικά με την ένταση της άσκησης.

Γενικά, σε μέτριες εντάσεις, η σωματική άσκηση οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση λίπους ως κύριου υποστρώματος. Αντίθετα, η αύξηση της έντασης της προπόνησης αντιστοιχεί σε μείωση της οξείδωσης του λίπους και μεγαλύτερη συμμετοχή των υδατανθράκων στις μεταβολικές οδούς που οδηγούν στην παραγωγή ενέργειας (Hargreaves, Hawley & Jeukendrup, 2004).

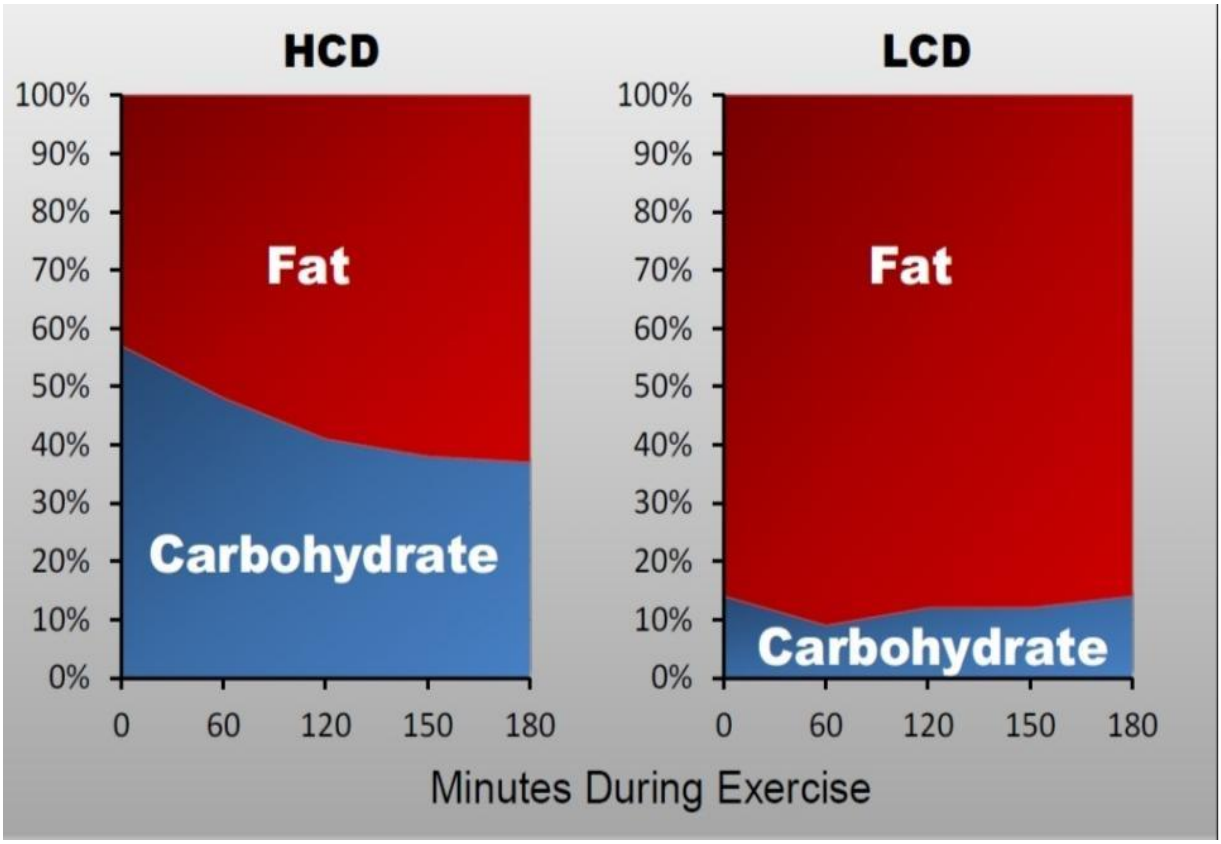
Από βιοενεργειακής άποψης, το λίπος θεωρείται κρίσιμο υπόστρωμα. Σε ένα τυπικό άτομο βάρους 65 kg με ποσοστό σωματικού λίπους 12%, η συνολική ποσότητα γλυκογόνου μυών και ήπατος, καθώς και η γλυκόζη αίματος, φτάνει σε ενεργειακή αιχμή σχεδόν 2000 kcal. Ενώ οι πηγές λίπους (λιπώδης ιστός, σπλαχνικό και υποδόριο λίπος) υπερβαίνει τις 70.000 kcal. Ωστόσο, λόγω της μοριακής μορφής των τριγλυκεριδίων, η οποία αποτελείται από ένα μόριο γλυκερόλης συνδεδεμένο με τρία μόρια ελεύθερων λιπαρών οξέων, η διαθεσιμότητα του λίπους για τον κυτταρικό μεταβολισμό είναι χαμηλή. Όταν αυξάνεται η μεταβολική ζήτηση του σώματος η προαναφερθείσα μοριακή δομή διασπάται από το ένζυμο λιπάση, σε μια διαδικασία

που ονομάζεται λιπόλυση. Τα λιπίδια εισέρχονται στο κύτταρο και είναι έτοιμα να λάβουν μέρος στη διαδικασία β-οξείδωσης, η οποία οδηγεί στο σχηματισμό ακετυλο-CoA και, στη συνέχεια, τριφωσφορικής αδενοσίνης.

Τούτου λεχθέντος, η επιλογή άσκησης παίζει σαφή ρόλο στις διαδικασίες οξείδωσης του λίπους. Από τη φύση της, η άσκηση γίνεται αντιληπτή από το σώμα ως «αγχωτικός παράγοντας» και γενικά αυξάνεται η κινητοποίηση του λίπους κατά τη διάρκεια των προπονήσεων. Όσον αφορά την ένταση και τη διάρκεια, έχουν εφαρμοστεί διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με σκοπό την απώλεια λίπους.

Λαμβάνοντας υπόψη το VO2 max ως μέτρο της έντασης κατά τη διάρκεια της άσκησης, η οξείδωση του λίπους ακολουθεί ένα μοτίβο, το οποίο μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

- αυξάνεται σε χαμηλές εντάσεις άσκησης, φτάνοντας στο μέγιστο 60-65% VO 2 max. Αυτή η ένταση άσκησης στην οποία λαμβάνει χώρα η μέγιστη οξείδωση του λίπους (MFO) εισήχθη από τους Jeukendrup και Achten (2001) με το όνομα FATmax.
- Έκτοτε, αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει όχι μόνο πώς το FATmax επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά των πρωτοκόλλων άσκησης αλλά και ποιοι παράγοντες συμβάλλουν στην ενίσχυση της οξείδωσης του λίπους κατά τη διάρκεια και μετά τη σωματική δραστηριότητα.



Εικόνα 13: Χρήση υδατανθράκων και λίπους κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης

Σε υψηλές εντάσεις , ωστόσο, οι μεταβολικές οδοί που δημιουργούν ATP μετατοπίζονται από το λίπος. Η απλούστερη περίπτωση πρωτοκόλλου άσκησης μπορεί να είναι η συνεχής δυναμική αερόβια άσκηση σε σταθερή ένταση. Αν και αντιπροσωπεύει μια αποτελεσματική λύση για ορισμένους τύπους θεμάτων, έχει αποδειχθεί ότι η λιπόλυση και ο μεταβολισμός του λίπους αυξάνονται κατά την εκτέλεση της άσκησης και επίσης τις επόμενες 24 ώρες. Όσον αφορά την έντασή της, οι διακυμάνσεις της κατά τη διάρκεια της προπόνησης θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αυξημένη οξείδωση του λίπους, ειδικά όταν η άσκηση μέτριας έντασης εκτελείται μετά από υψηλότερη ένταση. Ωστόσο, η λιπόλυση δεν φαίνεται να επηρεάζεται κατά την προπόνηση με αντιστάσεις (Isacco, Thivel, Duclos , Aucouturier & Boisseau, 2014). Αυτός είναι ένας λόγος να εξετάσουμε επίσης την προπόνηση δύναμης και/ή αντίστασης ως μια πρόσθετη λύση στη σύνθετη δομή του μεταβολισμού των λιπιδίων και την επακόλουθη απώλεια λίπους. Η προπόνηση με αντιστάσεις έχει αποδειχθεί ότι έχει ευνοϊκό αντίκτυπο στη σύσταση

του σώματος λόγω της χρόνιας προσαρμογής της οξείδωσης του λίπους και της ενεργειακής δαπάνης. Η στρατηγική του συνδυασμού της προπόνησης αντοχής σε σταθερή ένταση αντίσταση έχει αναλυθεί σε πολυάριθμες ερευνητικές εργασίες. Φαίνεται να είναι σημαντική προσέγγιση για τη βελτίωση της οξείδωσης του λίπους. Αναλυτικά, η εναλλαγή της προπόνησης με αντιστάσεις και της προπόνησης αντοχής έχει δείξει καλά αποτελέσματα (Helge, 2002).

Σε αντίθεση με την «αργή και διαρκή» άποψη της προπόνησης, ειδικά την τελευταία δεκαετία, η Διαλειμματική Προπόνηση Υψηλής Έντασης (HIIT) και η πιο έντονη εκδοχή της, η Διαλειμματική Προπόνηση (SIT), έχει γίνει ευρέως δημοφιλής στην επιστήμη της άσκησης και στη βιομηχανία της φυσικής κατάστασης. Τα αποτελέσματα αρκετών μελετών υποδηλώνουν ότι το HIIT και το SIT αυξάνουν επίσης την οξείδωση του σωματικού λίπους σε διαφορετικές κατηγορίες ατόμων, όπως οι γυναίκες και οι έφηβοι. Η αύξηση της οξείδωσης του λίπους που προκύπτει από το πρωτόκολλο HIIT μπορεί να προκληθεί από την ενίσχυση των μιτοχονδριακών ενζυματικών δραστηριοτήτων που εμπλέκονται στο μεταβολισμό των λιπιδίων και την υπερβολική κατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση (EPOC), πολύ υψηλότερη από αυτή που απαιτείται σε κατάσταση ηρεμίας (Hawley, Brouns & Jeukendrup, 1998).

Επιπλέον, το HIIT έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη ικανότητα οξείδωσης λίπους κατά τη διάρκεια της άσκησης μέσω βελτιώσεων:

- περιεκτικότητα σε υποστρώματα σκελετικών μυών
- πρωτεΐνες μεταφοράς λιπαρών οξέων
- κορυφή VO2 και μεταβολισμός ολόκληρου του σώματος
- ορμονική και καρδιαγγειακή ανταπόκριση στην άσκηση

Μια βελτίωση στη γενική φυσική κατάσταση αντιστοιχεί σε βελτιστοποίηση της ικανότητας κόπωσης. Έτσι, λιγότερη προσπάθεια για μεγαλύτερη απόδοση. Χωρίς αμφιβολία, λοιπόν, η οξείδωση των λιπιδίων είναι μεγαλύτερη σε προσπάθειες ήπιας έντασης, που μπορεί να αναγνωριστεί με χαμηλότερο καρδιακό ρυθμό (HR). Ως εκ τούτου, προκύπτει η ανάγκη μείωσης των καρδιακών παλμών ανά λεπτό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω προγραμμάτων αερόβιας φυσικής κατάστασης, ακόμη και σε υψηλή ένταση, που στοχεύουν στη βελτίωση της καρδιαγγειακής, αναπνευστικής και περιφερειακής μυϊκής ικανότητας.

3.4 Προσαρμογή λίπους

Την τελευταία δεκαετία, η προσαρμογή του λίπους έχει αναφερθεί ως βασική προϋπόθεση για τους αθλητές αντοχής. Τα υπομέγιστα αθλήματα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την οξείδωση του λίπους ως καύσιμο. Το ανθρώπινο σώμα, ακόμη και σχετικά αδύνατο, περιέχει τεράστια αποθέματα ενέργειας με τη μορφή λίπους. Η ικανότητα χρήσης λίπους για ενέργεια είναι επομένως πολύ χρήσιμη για αθλητές που εκτελούν δραστηριότητες υπομέγιστης έντασης.

Η συζήτηση μεταξύ της προσαρμογής των λιπιδίων και των υδατανθράκων στην άσκηση έχει ενταθεί τα τελευταία 10-20 χρόνια. Η βιβλιογραφία έχει δείξει τα οφέλη και των δύο, ωστόσο, και τα δύο υποστρώματα, τα οποία εξαρτώνται από τον τρόπο άσκησης, τη διάρκεια και την ένταση, εξακολουθούν να διαδραματίζουν κάποιο ρόλο (Yeo, Lessard, Garnham, Burke, Rivas, Kemp & Hawley, 2008).

Η οξείδωση του λίπους συμβαίνει κυρίως στην άσκηση <65-70% VO2 max. Μόλις επιτευχθεί η ένταση πάνω από αυτό, οι υδατάνθρακες γίνονται το κύριο καύσιμο. Τα περισσότερα αθλήματα αντοχής μεγάλης διάρκειας > 2-4 ώρες διεξάγονται κάτω από αυτό το όριο και επομένως το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται θα είναι γενικά μεγάλο. Η πρόσβαση στο λίπος για καύσιμο απαιτεί οξυγόνο (O2) και ως εκ τούτου αναφέρεται συνήθως ως αερόβιο σύστημα.

Μαζί με τα πολλά οφέλη για την υγεία που σχετίζονται με την αποτελεσματική αερόβια ικανότητα, οι βελτιώσεις στην απόδοση αντοχής προκύπτουν από την αύξηση της. Η παράταση της ικανότητάς να χρησιμοποιείται O2 κατά την παραγωγή ATP καθυστερεί την εμφάνιση της κόπωσης, επιτρέποντάς άσκηση για περισσότερη ώρα και με δεδομένη ένταση. Η αναερόβια παραγωγή ενέργειας (χωρίς O2) οδηγεί σε συσσώρευση γαλακτικού και ιόντων H+. Είναι ενδιαφέρον ότι, αντίθετα με τη δημοφιλή πεποίθηση, δεν είναι η συσσώρευση γαλακτικού που προκαλεί κόπωση, αλλά το γαλακτικό είναι στην πραγματικότητα ένα σημαντικό μέρος της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας μας (Helge, Watt, Richter, Rennie & Kiens, 2001). Στην

πραγματικότητα είναι τα ιόντα H+ που προκαλούν κόπωση. Η συσσώρευση ιόντων H+ προκαλεί πτώση του pH του αίματος, αυξάνοντας την οξύτητα του αίματος. Αυτή η οξύτητα μετουσιώνει βασικά ένζυμα για την παραγωγή γλυκολυτικής ενέργειας, π.χ. PFK και αναστέλλει την ομοιόσταση του ασβεστίου στο σαρκοπλασματικό δίκτυο, διαταράσσοντας έτσι τη συστολή των μυών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή ή σημαντική μείωση της ικανότητας άσκησης. Η βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και η στροφή σε μεγαλύτερη χρήση λίπους, μαζί με την επακόλουθη καθυστέρηση στην κόπωση, σε υψηλότερες εντάσεις θα ήταν επομένως πραγματικό όφελος για τον αθλητή αντοχής (Leckey, Hoffman, Parr, Devlin, Trewin, Stepto, Morton, Burke & Hawley, 2018).

Αυτές οι προσαρμογές δεν επιτρέπουν να επιτύχει κανείς πραγματική άσκηση υψηλής έντασης και η παρουσία υδατανθράκων είναι πάντα απαραίτητη για αυτό. Για άσκηση >2-4 ώρες, η αποτελεσματική χρήση λίπους και η αυξημένη αερόβια ικανότητα μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την υπομέγιστη απόδοση. Η αυξημένη διαθεσιμότητα λίπους διεγείρει την ορμονοευαίσθητη λιπάση (HSL), ένα ένζυμο που είναι υπεύθυνο για την «πρόσβαση» στις αποθήκες λίπους του σώματος, με αποτέλεσμα την υψηλή διαθεσιμότητα των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA). Εάν υπάρχει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα FFA, η χρήση του λίπους θα αυξηθεί στη συνέχεια (Hetlelid, Plews, Herold, Laursen & Seiler, 2015)

Η προσαρμογή του λίπους συμβαίνει όταν το σώμα εκτίθεται σε μεγαλύτερες ποσότητες λίπους. Βελτιωμένη προσαρμογή και μεγαλύτερα οφέλη παρατηρούνται όταν αυτός ο διατροφικός χειρισμός ευθυγραμμίζεται με την άσκηση. Όπως και με την προσαρμογή των υδατανθράκων, υπάρχει μια σειρά από βασικά ένζυμα και μεταφορείς πρωτεϊνών που εμπλέκονται στην κινητοποίηση και χρήση του λίπους και αυτά είναι αυτά που θα προσαρμοστούν. Όταν το λίπος απορροφάται εξωγενώς, δηλαδή η τροφή φεύγει, το έντερο απαιτεί την παρουσία του CD36. Η έκφραση του CD36 αυξάνεται με δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά (HF), γεγονός που αυξάνει την κίνηση του λίπους μέσω του εντέρου (Havemann, West, Goedecke, McDonald, Clair, Gibson & Noakes, 2006). Δεν αρκεί, ωστόσο, η μεταφορά λίπους από το έντερο στους ιστούς, αλλά απαιτείται ενεργοποίηση του μεταφορέα πρωτεΐνης CPT-1 για τη μεταφορά ελεύθερων λιπαρών οξέων στα μιτοχόνδρια όπου λαμβάνει χώρα η ν-οξείδωση (οξείδωση λίπους). Το CPT-1 εντοπίζει λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας

(ACLF), μεταφέροντάς τα μέσω της μιτοχονδριακής μεμβράνης. Τα υψηλότερα επίπεδα λίπους και η αυξημένη υπομέγιστη άσκηση θα προκαλέσουν αυτές τις προσαρμογές (Webster, Swart, Noakes & Smith, 2018).

Τα μιτοχόνδρια είναι όπου λαμβάνει χώρα η ν-οξείδωση. Ο μεγαλύτερος όγκος, η πυκνότητα και η αποτελεσματικότητα των μιτοχονδρίων αυξάνουν την ν-οξείδωση και την επακόλουθη αερόβια παραγωγή ATP. Αυτό επιτυγχάνεται με διέγερση της οδού PGC1a. Η ενέργεια παράγεται αερόβια μέσω του κύκλου Krebs (KC) και της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων (ETC). Αυτά περιλαμβάνουν πολλές αντιδράσεις με πολλαπλές ενζυματικές συνεισφορές (Alkahtani, 2014).

Τα σχήματα HF σε συνδυασμό με άσκηση είναι δυνητικά πολύ ωφέλιμα για αθλητές που εκτελούν υπομέγιστα αγωνίσματα σε μεγάλες αποστάσεις. Κατά τον προσδιορισμό της δίαιτας HF, αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Υπάρχουν δύο επιφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνει κανείς υπόψη του (Clavel, Tiollier, Leduc, Fabre, Lacome, & Buchheit, 2022). Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει οριστικό χρονοδιάγραμμα για την προσαρμογή και πιστεύεται ακράδαντα ότι αντί να είναι «οικονομικές ως προς το γλυκογόνο», όπως διακηρύσσουν πολλοί φανατικοί HF, φαίνεται ότι οι δίαιτες HF στην πραγματικότητα αναστέλλουν το γλυκογόνο. Συνδέεται με εξασθενημένη δραστηριότητα PDHa και ως εκ τούτου μειωμένη γλυκόλυση (Wallis, Hulston, Mann, Roper, Tipton & Jeukendrup, 2008).

Γενικότερα, τα HF έχουν να παίξουν ρόλο στις υπομέγιστες δραστηριότητες

- Η κατανάλωση λίπους σε συνδυασμό με την άσκηση παρέχει την καλύτερη δυνατή προσαρμογή
- Καθώς η διάρκεια της άσκησης αυξάνεται, η πρόσληψη λίπους αυξάνεται
- Η βελτιστοποίηση της διάρκειας και της έντασης της διατήρησης της παραγωγής αερόβιας ενέργειας μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση.

Κεφάλαιο 4 : Ενυδάτωση

Το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή, καθώς και για τη διατήρηση της γενικής κατάστασης της υγείας του ανθρώπινου οργανισμού. Δεδομένου ότι το σώμα τείνει να χάνει υγρά μέσω της εφίδρωσης ειδικά όταν πραγματοποιεί κάποιο άθλημα και ακόμη περισσότερο κάποιο άθλημα αντοχής είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο να αναπληρώνεται για την αποφυγή της αφυδάτωσης.

Η σημασία του νερού για τα αθλήματα αντοχής μπορεί να τονιστεί ως εξής:

- Επηρεάζει τις αθλητικές επιδόσεις : πολλές μελέτες έχουν δείξει πώς η βελτίωση ή η επιδείνωση της αθλητικής απόδοσης εξαρτάται από τη σχέση νερού και αθλητισμού : μια απώλεια νερού 2% αντιστοιχεί σε πτώση της απόδοσης κατά 30%.
- Επιτρέπει τη φυσική θερμορύθμιση : ο μηχανισμός ψύξης του σώματος είναι η εφίδρωση , η οποία είναι ευθέως ανάλογη με τα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας : σε αθλήματα αντοχής όπως το τρέξιμο, το ποδήλατο ή το κολύμπι εκδηλώνεται αρκετός ιδρώτας.
- Υποστηρίζει τις λειτουργίες του σώματος : το ανθρώπινο σώμα περιέχει περισσότερο από 50% νερό : το μεγαλύτερο μέρος του βρίσκεται στα κύρια όργανα όπως ο εγκέφαλος και οι πνεύμονες, αλλά και στους μύες που αποτελούνται από μεγάλο ποσοστό νερού.
- Εξισορροπεί το επίπεδο των μεταλλικών αλάτων : μέσα στο νερό περιέχονται πολύτιμα μεταλλικά άλατα όπως κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο, απαραίτητα για τη ρύθμιση της μυϊκής συστολής και η απουσία των οποίων προκαλεί κράμπες.

Σε αγώνες που υπερβαίνουν μια ορισμένη διάρκεια, όπως λόγου χάριν τα αθλήματα αντοχής, η επαρκής ενυδάτωση που περιλαμβάνει ένα ικανοποιητικό μερίδιο υδατανθράκων (και σε ορισμένες περιπτώσεις και ηλεκτρολυτών) μπορεί να βοηθήσει στον περιορισμό των επιπτώσεων της κόπωσης, ειδικά όταν η κατανομή της προσπάθειας είναι βελτιστοποιημένη. Η Ενυδάτωση στα αθλήματα αντοχής είναι μία από τις πιο κοινές και καθοριστικές πρακτικές κατά τη διάρκεια και μετά την προπόνηση ή τον αγώνα, καθώς, το νερό είναι απαραίτητο για το σώμα, αφού κάθε χημική αντίδραση στο σώμα μας λαμβάνει χώρα παρουσία νερού. Αντιπροσωπεύει επί της ουσίας τον διαλύτη με τον οποίο μεταφέρονται τα θρεπτικά συστατικά

και ρυθμίζει την εσωτερική θερμοκρασία του σώματός μας (Burke, 2010b). Η κόπωση είναι ένα πολυπαραγοντικό φαινόμενο και, στα αθλήματα αντοχής, μπορεί να επηρεαστεί από την αφυδάτωση και την εξάντληση γλυκογόνου (ενδογενείς υδατάνθρακες, δηλαδή αποθηκευμένοι στο σώμα μας). Τα στοιχεία αυτά συνιστούν σημαντικές μεταβλητές που ο αθλητής πρέπει να γνωρίζει και να ξέρει να διαχειρίζεται. Τα πρώτα πειραματικά στοιχεία για την αφυδάτωση έδειξαν ότι σε ψυχρά και εύκρατα κλίματα (έως 22°) η απώλεια μάζας σώματος έως και 2% δεν είναι επιβλαβής για την απόδοση, ενώ σε ιδιαίτερα ζεστά περιβάλλοντα (πάνω από 30°) η απώλεια μπορεί να είναι επιζήμια για την απόδοση και την υγεία (Rollo, 2011).

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να προστεθεί η έννοια της Μέγιστης ακούσιας αφυδάτωσης, όπου κατά τη διάρκεια της σωματικής προσπάθειας, είναι δυνατόν να χαθούν (σε εξαιρετικές συνθήκες υψηλής θερμότητας και μέγιστης φυσικής έντασης) έως και 1,8 l/h.(λίτρα ιδρώτα την ώρα). Όμως, ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο το σώμα μπορεί να επανυδατωθεί (απορρόφηση νερού στο έντερο) είναι περίπου 1-1,5 l/h. Κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας, μάλιστα, κατά τη διάρκεια της προπόνησης και ακόμη περισσότερο κατά την αθλητική απόδοση, η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει γρήγορα λόγω της έντονης ενεργοποίησης των μυών. Το σώμα αντιδρά στην αύξηση της θερμοκρασίας μέσω της εφίδρωσης. Όταν ο ιδρώτας εξατμίζεται αφαιρεί ενέργεια (με τη μορφή θερμότητας) από το σώμα μας και ουσιαστικά επιτρέπει στη θερμοκρασία να πέσει (Nikolaidis, Veniamakis, Rosemann, & Knechtle, 2018).

Η κατάσταση της ενυδάτωσης έχει καθοριστικές επιδράσεις τόσο στη σωματική όσο και στην πνευματική απόδοση και επομένως η αθλητική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό. Η σωστή ενυδάτωση είναι απαραίτητη σε κάθε έκφανση αθλητικής δραστηριότητας στα αθλήματα αντοχής. Οι οδηγίες προτείνουν να πίνει ο αθλητής περίπου 30 ml x kg σωματικού βάρους κατά τη διάρκεια της ημέρας, που σημαίνει περίπου 2 λίτρα για έναν άνδρα 70 κιλών. Προφανώς οι ανάγκες ενυδάτωσης ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τον αθλητή, τη σωματική άσκηση στην οποία υποβάλλεται και την ένταση και τη διάρκεια της τελευταίας. Η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα επηρεάζουν επίσης, καθώς και το υψόμετρο, οπότε η εκτίμηση που γίνεται είναι μόνο η αφετηρία (Chrzanowski-Smith, Edinburgh, Betts, Stokes & Gonzalez, 2018). Ας δούμε λοιπόν πώς να αντιμετωπίσουμε μια προπόνηση ή έναν αγώνα εξασφαλίζοντας βέλτιστη

απόδοση: Για να διασφαλιστεί η σωστή ενυδάτωση, ο αθλητής πρέπει να πίνει περίπου 300-500 mL νερό 2 ώρες πριν από τη σωματική προσπάθεια. Αυτό θα καθυστερήσει επίσης την αφυδάτωση και θα αποτρέψει την υπερθερμία. Η τήρηση του χρόνου των 2 ωρών επιτρέπει στη συνέχεια, εάν είναι απαραίτητο, να υπάρχει ένα επαρκές χρονικό περιθώριο για την απέκκριση της περίσσειας νερού. Κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας είναι σημαντικό ο αθλητής να προβλέπει το αίσθημα της δίψας και να πίνει σε τακτά χρονικά διαστήματα με ένα πρόγραμμα ενυδάτωσης, που έχει καθοριστεί εκ των προτέρων. Αυτό το σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει αναπλήρωση υγρών περίπου 150-200 mL κάθε 20 λεπτά. Το αίσθημα της δίψας εμφανίζεται πάντα αργά και μέχρι να γίνει αισθητό, το σώμα είναι ήδη ελαφρώς αφυδατωμένο (Murray, 1996).

Για να γίνει κατανοητό σε πρακτικό επίπεδο, εάν ο αθλητής του αθλήματος αντοχής λαμβάνει τη σωστή ποσότητα υγρών, απλώς ζυγίζεται πριν και μετά την προπόνηση και στη συνέχεια υπολογίζει την ποσότητα των υγρών, που χάνει και κατά συνέπεια πόσο νερό πρέπει να πιεί στον αγώνα με βάση τη σωματική διάπλαση, αλλά, και το άθλημα αντοχής. Θα πρέπει να τονιστεί ότι για ορισμένους τύπους προπόνησης/αγωνίσματος, η αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας είναι σχεδόν αδύνατο να διατηρηθεί. Στην πραγματικότητα, ο ρυθμός κένωσης του στομάχου είναι μεταξύ 600 και 1000 mL/ώρα, οπότε αν οι απώλειες υπερβαίνουν αυτές τις τιμές, καθιστούν δύσκολη τη διατήρηση της αφυδάτωσης υπό έλεγχο. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ανάγκη να προγραμματιστεί εκ των προτέρων το πλάνο ενυδάτωσης είναι ακόμη πιο εμφανής. Η επανένταξη μετά την απόδοση απαιτεί την πρόσληψη 500 mL νερού για κάθε 1/2 κιλό σωματικού βάρους που χάνεται (1 λίτρο νερού ζυγίζει 1 κιλό). Εάν η απώλεια βάρους είναι μεγαλύτερη από 3 κιλά, θα χρειαστεί επίσης να ενσωματωθούν μεταλλικά άλατα (κυρίως νάτριο): σε αυτήν την περίπτωση είναι δυνατό να προστεθεί αλάτι της τάξης του 1,25-1,75 g για κάθε λίτρο νερού (ισοδύναμο με 0,5-0,7 γραμμάρια νατρίου).

Τόσο η αφυδάτωση όσο και η υπερενυδάτωση μπορεί να βλάψουν την απόδοση και να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία. Η υπερβολική κατανάλωση νερού κατά την άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε υπονατριαιμία , μια κατάσταση κατά την οποία η συγκέντρωση νατρίου στο αίμα είναι μικρότερη από 135 mmol/L. Η συγκέντρωση του νατρίου μειώνεται γρήγορα τόσο λόγω της σημαντικής εφίδρωσης με την επακόλουθη απώλεια μεταλλικών αλάτων όσο και λόγω της

υπερβολικής αραίωσης της μικρής ποσότητας νατρίου που απομένει λόγω της μεγαλύτερης πρόσληψης νερού στον οργανισμό (Burke, 2010a).

Η αφυδάτωση μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ποιότητα της προπόνησης και του αγώνα και να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στην υγεία. Μια απώλεια βάρους 2% (στο θέμα μας 70 κιλών, αυτό ισοδυναμεί με 1,4 κιλά λιγότερο) έχει ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση της φυσικής απόδοσης, της αντοχής και της VO2max (ο μέγιστος όγκος οξυγόνου που μπορεί να καταναλώσει ένας άνθρωπος σε μονάδα χρόνου για τη μυϊκή σύσπαση) με επιδείνωση της απόδοσης. Η επακόλουθη υπερθερμία μπορεί να προκαλέσει θερμοπληξία, μυϊκούς σπασμούς και κράμπες μέχρι πιθανή καρδιαγγειακή κατάρρευση.

Συμπερασματικά, η σωστή κατανάλωση είναι απαραίτητη για κάθε αθλητή, καθώς και η κατανόηση του πόσο νερό πρέπει να πίνει στον αγώνα και με ποιο χρόνο είναι απαραίτητο για τους αθλητές τόσο, για να εξασφαλίσουν τη βέλτιστη απόδοση όσο και για να αποφύγουν πιθανά προβλήματα υγείας. Όσο μεγαλύτερη είναι η σωματική προσπάθεια και όσο πιο αντίξοες είναι οι συνθήκες στις οποίες ασκείται, τόσο μεγαλύτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ενυδάτωση. Η αναμονή για το ερέθισμα της δίψας θα μπορούσε να είναι ένα ανεπανόρθωτο λάθος. Πιο συγκεκριμένα, ενώ ασκεί κάποιο άθλημα αντοχής, η γαστρική κένωση του αθλητή είναι περίπου 180-210 ml υγρών κάθε 15'. Σε 60' μπορούμε να πάρουμε κατάλληλα 720-840 ml υγρών. Αυτή πρέπει να είναι η πρόσληψη κατά τη διάρκεια του αγώνα ή της προπόνησης (Coyle, 2004).

Η Θερμοπληξία, δηλαδή, η ανεπαρκής ενυδάτωση μπορεί να προκαλέσει ανεξέλεγκτη αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, προκαλώντας θερμοπληξία ή θερμικό σοκ. Τα συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν πονοκέφαλο, ναυτία, πτώση της αρτηριακής πίεσης και γρήγορο καρδιακό ρυθμό. Ακόμη, θα πρέπει να γίνει διεξοδικά λόγος για τη μεταβολική δραστηριότητα, όπου η αφυδάτωση επηρεάζει επίσης τα κύτταρα, ειδικά τα μυϊκά κύτταρα, προκαλώντας μια κατάσταση ταλαιπωρίας και μειώνοντας την αποτελεσματικότητα των μεταβολικών διεργασιών. Οι μυϊκές κράμπες στους αθλητές δεν εξαρτώνται μόνο από το χαμηλό επίπεδο μεταλλικών αλάτων, αλλά και από την κακή ενυδάτωση, όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω (Goulet, Rousseau, Lamboley, et al., 2008).

Εξάγεται, λοιπόν, το συμπέρασμα, πως ειδικότερα στα αθλήματα αντοχής άνω των δύο ωρών η ανεπαρκής στάθμη του νερού στην αθλητική δραστηριότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές συνέπειες για την υγεία, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν τις καρδιαγγειακές, νεφρικές, ηπατικές και εγκεφαλικές λειτουργίες. Η σωστή ενυδάτωση ευνοεί σημαντικά την προσαρμογή στα προπονητικά ερεθίσματα και η σωστή ποσότητα υγρών είναι απαραίτητη για τη μείωση της μυϊκής κόπωσης και την επίτευξη καλύτερης απόδοσης. Είναι απαραίτητο να ενσωματωθούν διαλύματα νερού και μεταλλικών αλάτων , ακριβώς για να δράσουν σωστά στους χρόνους εκκένωσης του στομάχου. Στην πραγματικότητα, τα μείγματα αλάτων έχουν μικρότερους χρόνους διέλευσης στο στομάχι και εμποδίζουν τον αθλητή να αντιμετωπίσει έλλειψη νατρίου στο αίμα, σε αντιστοιχία με σημαντικές απώλειες ιδρώτα (Vitale & Getzin, 2019).

Συζήτηση

Τα αθλήματα αντοχής γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή. Μάλιστα, είναι ενδεικτικό, πως στρέφονται προς αυτά ακόμη και άτομα, που δεν ασχολούνται αποκλειστικά με τον αθλητισμό. Έτσι, όλο και περισσότεροι άνθρωποι τρέχουν σε ημιμαραθώνιο, μαραθώνιο, υπερμαραθώνιο, που διαρκούν από 2 έως 17 ώρες. Ο σωστός διατροφικός χρόνος διευκολύνει τις φυσιολογικές προσαρμογές στην άσκηση και προάγει τη βέλτιστη υγεία και απόδοση. Οι συστάσεις για το χρονοδιάγραμμα της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών διαφέρουν από τον έναν αθλητή στον άλλο σε ένα συγκεκριμένο άθλημα όπως και μεταξύ των αθλημάτων. Η δυναμική φύση του διατροφικού χρονισμού καθιστά σημαντικό για όλους τους αθλητές και τους προπονητές να αναπτύξουν μια σταθερή βάση γνώσεων σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, μακροθρεπτικών, υγρών και μικροθρεπτικών συστατικών (Jeukendrup, Moseley, Mainwaring, Samuels, Perry & Mann, 2006). Μέσω της γνώσης των εκτιμήσεων που βρίσκονται στην επιστημονική βιβλιογραφία, είναι δυνατό να αναπτυχθεί ένα διατροφικό σχέδιο, που παρέχει βέλτιστα τα επίπεδα ενέργειας και θρεπτικών συστατικών, που είναι απαραίτητα για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και την προώθηση της ανάκαμψης. Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι η έγκαιρη λήψη συγκεκριμένων μακρο- ή μικροθρεπτικών συστατικών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ανταπόκριση στην άσκηση (Thomas, Erdman & Burke, 2016).

Ανάλογα με τον τύπο της προπόνησης, αυτές οι αποκρίσεις κυμαίνονται από βελτιωμένη επανασύνθεση γλυκογόνου έως βελτιωμένη απόδοση και μυϊκή ανάπτυξη. Δεν πρέπει να παραλείπεται ,επίσης, η βελτίωση της σύστασης του σώματος και η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος (Jentjens, Underwood, Achten, Currell, Mann & Jeukendrup, 2006). Ιστορικά, η πρωταρχική εξέταση του διατροφικού χρόνου ήταν η πρόσληψη μιας πηγής υδατανθράκων πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης. Μάλιστα, μελέτες δείχνουν, ότι ακόμη και πριν από τον Ολυμπιακό Μαραθώνιο του 1928, οι αθλητές έλαβαν οδηγίες να καταναλώνουν σνακ ή ζαχαρούχα τρόφιμα. Ξεκινώντας από τη δεκαετία του 1960, οι ερευνητές άρχισαν να ερευνούν τον αντίκτυπο της πρόσληψης υδατανθράκων και δημιουργήθηκε η έννοια της φόρτισης υδατανθράκων (Stellingwerff T & Cox, 2014).

Αν και οι υδατάνθρακες είναι το καύσιμο επιλογής, η διαθεσιμότητά τους στους μύες και στο συκώτι είναι περιορισμένη. Κατά τη διάρκεια της συνεχούς άσκησης μέτριας έως υψηλής έντασης (65% έως 85% VO2max), τα εσωτερικά αποθέματα υδατανθράκων εξαντλούνται. Αυτό οδηγεί σε επακόλουθη μείωση της έντασης της άσκησης, διάσπαση του μυϊκού ιστού και εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα. Σε κατάσταση ηρεμίας, τα επίπεδα ενδομυϊκού γλυκογόνου των εκπαιδευμένων αθλητών αντοχής είναι επαρκή, για να καλύψουν τις σωματικές απαιτήσεις των αγώνων άνω των 120 λεπτών. Υποθέτοντας, ότι δεν υπάρχει αξιόλογη μυϊκή βλάβη, μια πρόσληψη υδατανθράκων 8 έως 10 g/kg σωματικού βάρους την ημέρα μαζί με επαρκή ανάπαυση μπορεί να διατηρήσει αυτό το επίπεδο μυϊκού γλυκογόνου. Μια άλλη σύσταση, η οποία διευκολύνει επίσης την επαρκή διατήρηση των επιπέδων γλυκογόνου, είναι να καταναλώνει ο αθλητής το 55-65% της ημερήσιας θερμιδικής πρόσληψης σε υδατάνθρακες. Αυτή η σύσταση, ωστόσο, προϋποθέτει ότι ο αθλητής καταναλώνει επαρκή αριθμό θερμίδων σε σχέση με το μέγεθος του σώματος και το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας (Scheer, Tiller, Doutrleau, Khodaee, Knechtle, Pasternak, et al., 2021). Για τους αθλητές που καταναλώνουν τακτικά αυτό το συνιστώμενο επίπεδο διατροφικών υδατανθράκων, η ανάπαυση μιας ή δύο ημερών ή η άσκηση με μειωμένο όγκο και ένταση πριν από τον αγώνα είναι επαρκής, εάν η θερμιδική πρόσληψη είναι επαρκής. Στην πραγματικότητα, αυτό θα του επιτρέψει να επαναφέρει το μυϊκό γλυκογόνο στο μέγιστο. Δυστυχώς, πολλοί αθλητές δεν καταναλώνουν επαρκή επίπεδα υδατανθράκων (Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, Hodgson & Jeukendrup, 2011). Για το λόγο αυτό, υπάρχουν στρατηγικές που βοηθούν τους αθλητές να φτάσουν γρήγορα τα μέγιστα επίπεδα γλυκογόνου στους μύες. Οι παράγοντες που είναι πιο πιθανό να συμβάλλουν στην κόπωση είναι η αφυδάτωση και η εξάντληση υδατανθράκων, ενώ τα γαστρεντερικά προβλήματα, η υπερθερμία και η υπονατριαιμία μπορούν να μειώσουν την απόδοση της άσκησης με αντιστάσεις και είναι δυνητικά επικίνδυνα για την υγεία, ειδικά σε εκδηλώσεις μεγαλύτερες (διάρκεια > 4 ώρες) (De Bock, Derave, Eijnde, Hesselink, Koninckx, Rose, 2008). Το μυϊκό γλυκογόνο και το σάκχαρο του αίματος είναι τα πιο σημαντικά υποστρώματα για τον μυ που συστέλλεται, στην πραγματικότητα μπορεί να προκύψει κόπωση με την εξάντληση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου και με τη μείωση των συγκεντρώσεων γλυκόζης στο αίμα (Jenkins, Wolever, Taylor, Barker, Fielden, Baldwin, 1981). Ένας άλλος παράγοντας που

πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η αφυδάτωση, εφόσον γνωρίζουμε ότι μια μείωση 2% στο νερό (όταν φτάσει το ερέθισμα της δίψας) επηρεάζει την απόδοση. Μια μείωση 5% μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε πτώση της απόδοσης κατά 30%.

Η Διατροφή πρέπει να υποστηρίζει τη συμμετοχή στα αθλήματα αντοχής και στις τρεις φάσεις:

- ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΑΓΩΝΑ/ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ: τροφοδοτείται το ενεργειακό υπόστρωμα για μυϊκή εργασία και ενυδάτωση.
- ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΓΩΝΑ/ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ: Διατηρούνται τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα και τα αποθέματα γλυκογόνου ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται ενυδάτωση.
- ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ: Προωθείται η βέλτιστη αποκατάσταση και ενυδάτωση

Στην προ-αγώνα φάση είναι σημαντικό να υπάρξει φόρτιση με υδατάνθρακες λίγες μέρες πριν. Έχει προταθεί από αρκετές μελέτες ότι τα υψηλά επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου μπορεί να βελτιώσουν την απόδοση (δηλαδή τον χρόνο για να ολοκληρωθεί μια προκαθορισμένη απόσταση) σε σχέση με το χαμηλό έως το φυσιολογικό μυϊκό γλυκογόνο κατά 2-3% σε συμβάντα που διαρκούν περισσότερο από 90 λεπτά (Ivy, Goforth, Damon, McCauley, Parsons & Price, 2002). Φυσικά, η ποσότητα υδατανθράκων που απαιτείται για την προώθηση της φόρτισης γλυκογόνου εξαρτάται από τη διάρκεια και την ένταση του προγράμματος άσκησης του αθλητή. Αυτές οι απαιτήσεις μπορεί να ποικίλουν από περίπου 5 έως 12 g/kg/ημέρα ανάλογα με τον αθλητή και τη δραστηριότητά του (Romijn, Coyle, Sidossis, Gastaldelli, Horowitz, Endert, et al., 1993).

Την ημέρα του αγώνα, θα χρειαζόταν περαιτέρω συμπλήρωση υδατανθράκων, ορισμένες μελέτες προτείνουν αυτή την πρακτική τουλάχιστον 3 ώρες πριν από τον αγώνα, προκειμένου να αποφευχθεί η υπεργλυκαιμία και η υπερινσουλιναιμία, η οποία θα ανέστειλε τη λιπόλυση με επακόλουθη αύξηση της μείωσης του γλυκογόνου (Burke, Claassen, Hawley & Noakes, 1998). Επομένως, η σίτιση με υδατάνθρακες την ώρα πριν από την άσκηση θα μπορούσε ενδεχομένως να βλάψει την απόδοση (Rojas-Valverde, Sánchez-Ureña, Crowe, Timón, Olcina, 2020). Προτείνονται άλλες προσεγγίσεις για την ελαχιστοποίηση των γλυκαιμικών και ινσουλιναιμικών αποκρίσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης, δηλαδή καθυστέρηση της σίτισης

με υδατάνθρακες μέχρι 5-15 λεπτά πριν από την έναρξη της δραστηριότητας, για παράδειγμα με τη λήψη μαρμελάδας (Jentgens, Moseley, Waring, Harding & Jeukendrup, 2004). Επομένως, μια ατομική προσέγγιση είναι επιθυμητή για κάθε αθλητή ξεχωριστά, εδώ γίνεται για εξατομικευμένη διατροφή που λαμβάνει υπόψη τις φυσιολογικές αντιδράσεις των ατόμων. Όσον αφορά την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης, θα πρέπει να ποικίλλει ανάλογα με τη διάρκεια της προσπάθειας.

Στους αθλητές, όπως και σε όλους τους ανθρώπους, τα λιπίδια είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία του οργανισμού. Ιδανικά, θα πρέπει να γίνεται κατανάλωση 100 γραμμαρίων λιπαρών την ημέρα, προτιμώντας τα καλής ποιότητας λιπαρά. Η πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών πρέπει να είναι μέτρια αλλά όχι να καταστέλλεται. Τα μονοακόρεστα λιπαρά θα πρέπει να αποτελούν περίπου το ήμισυ της ημερήσιας πρόσληψης λίπους (Prins, Noakes, Welton, Haley, Esbenshade, Atwell, Scott, Abraham, Raabe, Buxton & Ault, 2019). Τέλος, τα πολυακόρεστα λιπαρά θα πρέπει να αποτελούν το 1/6 (περίπου 15 g) της ημερήσιας πρόσληψης λίπους. Είναι πολύ σημαντικό να ισορροπήσει κανείς την αναλογία μεταξύ ωμέγα 6 και ωμέγα 3. Στα αθλήματα αντοχής, στόχος είναι η απόκτηση του υψηλότερου δυνατού ενεργειακού εφοδιασμού από λίπη. Περίπου το 20-30% της ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης του αθλητή πρέπει να προέρχεται από λίπος (Betts, Williams, Boobis & Tsintzas, 2008). Αυτό εξοικονομεί τις αποθήκες γλυκογόνου του σώματος και μειώνει τη συγκέντρωση γαλακτικού στους μύες. Αυτό οφείλεται στη χαμηλή αναερόβια γλυκόλυση (Burke, et. al., 2002).Σε έναν αθλητή είναι σημαντικό να προσαρμόζεται το γαστρεντερικό του σύστημα . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η απορρόφηση των υδατανθράκων έχει αποδειχθεί ότι περιορίζει την οξείδωση των ενδογενών αποθεμάτων γλυκόζης. Μια προφανής στρατηγική θα ήταν η αύξηση της ικανότητας απορρόφησης του εντέρου. Αυτό είναι δυνατό σε άτομα που καταναλώνουν συνήθως υδατάνθρακες ή που έχουν υψηλή ημερήσια πρόσληψη υδατανθράκων (Fletcher et al., 2017).

Ένα άλλο σημείο που πρέπει να λάβουμε υπόψη είναι η ενυδάτωση, ειδικά σε εκδηλώσεις διάρκειας >90 λεπτών. Οι αθλητές αντοχής θα πρέπει να προσπαθήσουν να ελαχιστοποιήσουν την αφυδάτωση και να περιορίσουν την απώλεια μάζας σώματος μέσω της εφίδρωσης στο 2-3% της μάζας σώματος. Θα πρέπει να θεωρηθεί ότι το ερέθισμα της δίψας πρέπει πάντα να προηγείται, καθώς συμβαίνει ήδη όταν υπάρχει μείωση 2% στα υγρά (Ivy,

Goforth, Damon, McCauley, Parsons & Price, 2002). Η αθλητική διατροφή δεν είναι μόνο ενδιαφέρουσα για αθλητές υψηλών επιδόσεων, αλλά μπορεί επίσης να είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τους αθλητές αναψυχής για την επίτευξη στόχων υγείας και σώματος. Κατ' αρχήν, οι απαιτήσεις του DGE για μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά είναι επαρκείς για έναν αθλητή αναψυχής που θέλει να διατηρήσει την υγεία του. Μια ισορροπημένη, υγιεινή διατροφή και αρκετά υγρά είναι τα βέλτιστα για απόδοση (Murray, 1996).

Συμπεράσματα

Οι ενεργειακές και διατροφικές απαιτήσεις αυξάνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης με αντίσταση και ο κύριος στόχος της καθημερινής διατροφής είναι να παρέχει στους αθλητές επαρκή καύσιμα και θρεπτικά συστατικά για τη βελτιστοποίηση των προσαρμογών κατά την προπόνηση, τον αγώνα ή την αποθεραπεία. Στο παρελθόν, για τους αθλητές αντοχής, η πρόσληψη μακροθρεπτικών συστατικών υπολογιζόταν ως ποσοστό της συνολικής θερμιδικής αξίας. Επί του παρόντος, συνιστάται οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες να υπολογίζονται σε γραμμάρια με βάση τη μάζα σώματος και τα λίπη να εμφανίζονται ως διαφορά στη συνολική θερμιδική αξία.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν η συνολική ενεργειακή πρόσληψη του αθλητή είναι χαμηλή (π.χ. 2000 kcal), εάν ληφθούν υπόψη το 60% των υδατανθράκων, μπορεί να διακυβευτεί η διατήρηση των αποθεμάτων αυτού του μακροθρεπτικού συστατικού (γλυκογόνο). Το συνιστώμενο εύρος υδατανθράκων για αθλητές αντοχής είναι 6-10 g/kg μάζας σώματος/ημέρα . Για την επίτευξη αυτών των στόχων είναι σημαντικό να ακολουθείται ένα επαρκές διατροφικό πρόγραμμα. Όταν η διατροφή δεν έχει προγραμματιστεί σωστά, οι αθλητές αντοχής τείνουν να τρώνε ανεπαρκείς ποσότητες τροφών πλούσιων σε υδατάνθρακες.

Η υπερφόρτωση γλυκογόνου είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως στους αθλητές αντοχής και συνίσταται στην αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου των μυών πάνω από τις κανονικές τιμές. Ο κύριος στόχος είναι να αναβληθεί η εμφάνιση κόπωσης κατά τη διάρκεια του αγώνα κατά περίπου 20%, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση. Αυτή η μέθοδος δημιουργήθηκε από τον Dr. Sherman και σχεδιάστηκε με βάση θεωρητικές μεταβλητές προσαρμογής στην προπόνηση και τη διατροφή. Η κλασική τεχνική υπερφόρτωσης γλυκογόνου συνίσταται στη μείωση του όγκου της προπόνησης, ενώ αυξάνει σταδιακά την πρόσληψη υδατανθράκων.

Τα λίπη είναι πολύ σημαντικά για τον οργανισμό μας, αφού μας παρέχουν ενέργεια, απαραίτητα λιπαρά οξέα και βιταμίνες, όντας απαραίτητα για την καθημερινή μας διατροφή. Επιπλέον, λειτουργούν ως προστάτες ζωτικών οργάνων και ως θερμομονωτές.

Η πρόσληψη λίπους θα πρέπει να είναι περίπου 25-35% της συνολικής ενέργειας που προσλαμβάνεται την ημέρα και η τελική της αξία θα εξαρτηθεί από την πρόσληψη υδατανθράκων και πρωτεϊνών. Μόλις υπολογιστούν τα γραμμάρια υδατανθράκων και πρωτεϊνών, οι υπόλοιπες kcal μέχρι να φτάσουν τη συνολική ενέργεια θα αποτελούνται από λίπη και πρέπει να βρίσκονται σε αυτό το εύρος.

Η διαθεσιμότητα υδατανθράκων επηρεάζει επίσης τη χρήση του λίπους για ενέργεια, καθώς με επαρκή αποθέματα γλυκογόνου, οι υδατάνθρακες γίνονται το καύσιμο επιλογής κατά τη διάρκεια έντονης αερόβιας άσκησης, λόγω των ταχύτερων ρυθμών καταβολισμού τους. Προς το τέλος της παρατεταμένης άσκησης (με εξάντληση γλυκογόνου), το λίπος παρέχει έως και το 80% της συνολικής ενεργειακής απαίτησης.

Η ενυδάτωση είναι απαραίτητη στους αθλητές αντοχής, καθώς είναι σημαντική πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση. Η ένταση και η διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας, καθώς και η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος θα καθορίσουν την ποσότητα της απώλειας νερού μέσω της εφίδρωσης. Λόγω αυτής της απώλειας υγρών μέσω του ιδρώτα, η ενυδάτωση είναι πολύ σημαντική για την αποφυγή καταστάσεων αφυδάτωσης που μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του αθλητή.

Ωστόσο, υπερβολική κατανάλωση νερού μπορεί να είναι αντίθετη, οδηγώντας σε δηλητηρίαση από το νερό, προκαλώντας «υπονατριαιμία». Η υπονατριαιμία είναι μια υδροηλεκτρική διαταραχή που ορίζεται ως συγκέντρωση νατρίου στο αίμα κάτω από 135 mEq/L. Με μακροχρόνιες ασκήσεις, αυξάνονται οι διατροφικές απαιτήσεις και οι απαιτήσεις ενυδάτωσης. Επομένως είναι σημαντικό να έχουμε μια ελεγχόμενη και επαρκή δίαιτα για να βελτιώσουμε την απόδοση και να έχουμε μια βέλτιστη κατάσταση υγείας.

Βιβλιογραφία

Alkahtani, S. 2014. Comparing fat oxidation in an exercise test with moderate-intensity interval training. *J. Sports Sci. Med. 13,* 51–58.

Ahlborg, B., Bergstrom, J., Brohult, J., Ekelund, L. G., Hultman, E. and Maschio, G. 1967. Human muscle glycogen content and capacity for prolonged exercise after different diets. *Forsvarsmedicin, 3*: 85–99.

Akermark, C., Jacobs, I., Rasmusson, M. and Karlsson, J. 1996. Diet and muscle glycogen concentration in relation to physical performance in Swedish elite ice hockey players. *International Journal of Sport Nutrition, 6*: 272–284.

American College of Sports Medicine. 1996. Position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *28*(1): i–vii.

American College of Sports Medicine. 2007. American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 39*: 377–390.

Baar, K. and McGee, S. L. 2008. Optimizing training adaptations by manipulating glycogen. *European Journal of Sport Science*, *8*: 97–106.

Balsom, P. D., Wood, K., Olsson, P. and Ekblom, B. 1999. Carbohydrate intake and multiple sprint sports: With special reference to football (soccer). *International Journal of Sports Medicine, 20*: 48–52.

Beelen, M., Berghuis, J., Bonaparte, B., Ballak, S. B., Jeukendrup, A. E. and Van Loon, L. J. 2009. Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: Lack of enhancement of timetrial performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 19*: 400–409.

Berardi, J. M., Price, T. B., Noreen, E. E. and Lemon, P. W. 2006. Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 38*: 1106–1113.

Bergstrom, J., and E. Hultman 1967. A study of glycogen metabolism in man. *J. Clin. Lab. Invest. 19*:218-228.

Betts, J. A., Williams, C., Boobis, L. and Tsintzas, K. 2008. Increased carbohydrate oxidation after ingesting carbohydrate with added protein. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 40*: 903–912.

Betts, J. A. and Williams, C. 2010. Short-term recovery from prolonged exercise: Exploring the potential for protein ingestion to accentuate the benefits of carbohydrate supplements. *Sports Medicine, 40*: 941–959

Brooks G., and Mercier J. 1994. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J. Appl. Physiol. 76* 2253–2261.

Burke, L. M., Claassen, A., Hawley, J. A. and Noakes, T. D. 1998. Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes the effect of glycemic index of preexercise meal. *Journal of Applied Physiology, 85*: 2220–2226.

Burke, L. M. and Hawley, J. A. 2002. Effects of short-term fat adaptation on metabolism and performance of prolonged exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*: 1492–1498.

Burke, L. M., Hawley, J. A., Angus, D. J., Cox, G. R., Clark, S.Cummings, N. K. 2002. Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*: 83–91.

Burke, L. M., Kiens, B. and Ivy, J. L. 2004. Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences, 22*: 15–30.

Burke, L. M., Wood, C., Pyne, D. B., Telford, R. D. and Saunders, P. U. 2005. Effect of carbohydrate intake on half-marathon performance of well-trained runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 15*: 573–589.

Burke, L. M. 2010a. Fueling strategies to optimize performance: Training high or training low?. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 20*(suppl. 2): 11–21.

Burke, L. M. 2010b. "Nutrition for recovery after competition and training". In *Clinical sports nutrition* , (4th edn, Edited by: Burke, L. M and Deakin, V. 358–392. Sydney, NSW: McGraw-Hill.

Bussau, V. A., Fairchild, T. J., Rao, A., Steele, P. D. and Fournier, P. A. 2002. Carbohydrate loading in human muscle: An improved 1 day protocol. *European Journal of Applied Physiology, 87*: 290–295.

Carter, J. M., Jeukendrup, A. E. and Jones, D. A. 2004a. The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36*: 2107–2111.

Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., Mann, C. H. and Jones, D. A. 2004b. The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36*: 1543–1550.

Chambers, E. S., Bridge, M. W. and Jones, D. A. 2009. Carbohydrate sensing in the human mouth: Effects on exercise performance and brain activity. *Journal of Physiology*, *587*: 1779–1794.

Chrzanowski-Smith OJ, Edinburgh RM, Betts JA, Stokes KA, and Gonzalez JT. 2018. Evaluation of a graded exercise test to determine peak fat oxidation in individuals with low cardiorespiratory fitness. *Appl Physiol Nutr Metab 43*(12):1288–1297.

Clavel. P., E. Tiollier, C. Leduc, M.Fabre, M. Lacome, and M. Buchheit. 2022. Concurrent validity of a continuous glucose-monitoring system at rest and during and following a high-intensity interval training session. *Int. J. Sports Physiol. Perf. 17*:627–633.

Clarkson P. M. (2007). Exertional rhabdomyolysis and acute renal failure in marathon runners. *Sports Med. 37* (4), 361–363.

Cox, G. R., Clark, S. A., Cox, A. J., Halson, S. L., Hargreaves, and M.Hawley, J. A. 2010. Daily training with high carbohydrate availability increases exogenous carbohydrate oxidation during endurance cycling. *Journal of Applied Physiology, 109*: 126–134.

Coyle, E. F. 2000. Physical activity as a metabolic stressor. *American Journal of Clinical Nutrition, 72*: 512S–520S.

Coyle, E. F. 2004. Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences, 22*: 39–55.

Currell, K. and Jeukendrup, A. E. 2008. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 40*: 275–281.

De Bock, K., Derave, W., Eijnde, B. O., Hesselink, M. K., Koninckx, E.Rose, A. J. 2008. Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *Journal of Applied Physiology, 104*: 1045–1055.

Fabra, E.M., J.L. Díez, J. Bondia, and A.J.L. Sanz. 2021. A comprehensive review of continuous glucose monitoring accuracy during exercise periods. *Sensors (Basel). 21*(2) 479-498

Fletcher G, Eves FF, Glover EI, Robinson SL, Vernooij CA, Thompson JL, Wallis GA. 2017 Dietary intake is independently associated with the maximal capacity for fat oxidation during exercise. *Am J Clin Nutr 105*(4):864–872.

Gejl, K.D., and L. Nybo 2021. Performance effects of periodized carbohydrate restriction in endurance trained athletes - a systematic review and meta-analysis. *J. Int. Soc. Sports Nutr. 8*:37.

Gonzalez, J.T., C.J. Fuchs, J.A. Betts, and L.J. van Loon 2016. Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *Am. J. Physiol. 311*:E543-E553.

Goulet, E. D., Rousseau, S. F., Lamboley, C. R. , et al. (2008). Pre-exercise hyperhydration delays dehydration and improves endurance capacity during 2 h of cycling in a temperate climate. *J Physiol Anthropol, 27:*263–271.

Gray, E.A., T.A. Green, J.A. Betts, and J.T. Gonzalez 2020. Postexercise glucose–fructose coingestion augments cycling capacity during short-term and overnight recovery from exhaustive exercise, compared with isocaloric glucose. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab 30*:54–61.

Hearris, M.A., J.N. Pugh, C. Langan-Evans, S.J. Mann, L. Burke, T. Stellingwerff, J.T. Gonzalez, and J.P. Morton (2022). 13C-glucose-fructose labelling reveals comparable exogenous CHO oxidation during exercise when consuming 120 g/h in fluid, gel, jelly chew or co-ingestion. *J. Appl. Physiol. 132*:1394-1406.

Hansen, A. K., Fischer, C. P., Plomgaard, P., Andersen, J. L., Saltin, B. and Pedersen, B. K. 2005. Skeletal muscle adaptation: Training twice every second day vs. training once daily. *Journal of Applied Physiology, 98*: 93–99.

Hargreaves, M. 1999. "Metabolic responses to carbohydrate ingestion: Effects on exercise performance". In *Perspectives in exercise science and sports medicine*, Edited by: Lamb, D. R and Murray, R. 93–124. Carmel, IN: Cooper.

Hargreaves, M., Hawley, J. A. and Jeukendrup, A. E. 2004. Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: Effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Sciences, 22*: 31–38.

Havemann, L., West, S., Goedecke, J. H., McDonald, I. A., St. Clair, A. GibsonNoakes, T. D. 2006. Fat adaptation followed by carbohydrate-loading compromises high-intensity sprint performance. *Journal of Applied Physiology, 100*: 194–202.

Hawley, J. A., Schabort, E. J., Noakes, T. D. and Dennis, S. C. 1997. Carbohydrate-loading and exercise performance: *An update. Sports Medicine*, *24*: 73–81.

Hawley J. A., Brouns F., and Jeukendrup A. (1998). Strategies to enhance fat utilisation during exercise. *Sports Medicine 25*, 241-257.

Hawley, J. A. and Burke, L. M. 2010. Carbohydrate availability and training adaptation: Effects on cell metabolism. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 38*: 152–160.

Hawley, J. A., Burke, L. M., Phillips, S. M. and Spriet, L. 2011. Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptation. *Journal of Applied Physiology, 110*: 834–845.

Hawley J. A., and Leckey J. J. 2015. Carbohydrate dependence during prolonged, intense endurance exercise. *Sports Medicine 45*: 5-12.

Helge, J. W., Richter, E. A. and Kiens, B. 1996. Interaction of training and diet on metabolism and endurance during exercise in man. *Journal of Physiology, 492*: 293–306.

Helge, J. W. 2002. Long-term fat diet adaptation effects on performance, training capacity, and fat utilization. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*: 1499–1504.

Helge, J .W., Watt, P. W., Richter, E. A., Rennie, M. J. and Kiens, B. 2001. Fat utilization during exercise: Adaptation to a fat-rich diet increases utilization of plasma fatty acids and very low density lipoprotein-triacylglycerol in humans. *Journal of Physiology, 537*: 1009–1020.

Hetlelid K. J., Plews D. J., Herold E., Laursen P. B., Seiler S. (2015) Rethinking the role of fat oxidation: substrate utilisation during high-intensity interval training in well-trained and recreationally trained runners. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine 1*, e000047.

Howarth, K. R., Moreau, N. A., Phillips, S. M. and Gibala, M. J. 2009. Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *Journal of Applied Physiology, 106*: 1394–1402.

Hulston, C. J., Venables, M. C., Mann, C. H., Martin, C., Philp, A. and Baar, K. 2010. Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 42*: 2046–2055.

Impey, S.G., E. Jevons, G. Mees, M. Cocks, J. Strauss, N. Chester, I. Laurie, D. Target, A. Hodgson, S.O. Shepherd, and J.P. Morton. 2020. Glycogen utilization during running: intensity, sex, and muscle-specific responses. *Med. Sci. Sports Exerc. 52*:1966–1975.

Isacco L., Thivel D., Duclos M., Aucouturier J., & Boisseau N. 2014. Effects of adipose tissue distribution on maximum lipid oxidation rate during exercise in normal-weight women. *Diabetes Metab. 40*: 215–219.

Isacco L., and Boisseau N. 2016. "Sex hormones and substrate metabolism during endurance exercise," in *Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects*, ed. Hackney A. C. (Chapel Hill, NC: Springer Nature;), 35–58.

Ivy, J. L., Goforth, H. W., Damon, B. M., McCauley, T. R., Parsons, E. C. and Price, T. B. 2002. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology, 93*: 1337–1344.

Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H.Baldwin, J. M. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition, 34*: 362–366.

Jentjens, R. L., Van Loon, L. J. C., Mann, C. H., Wagenmakers, A. J. M. and Jeukendrup, A. E. 2001. Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *Journal of Applied Physiology, 91*: 839–846.

Jentjens, R. L., Moseley, L., Waring, R. H., Harding, L. K. and Jeukendrup, A. E. 2004. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. Journal of Applied Physiology, 96: 1277–1284.

Jentjens, R. L., Underwood, K., Achten, J., Currell, K., Mann, C. H. and Jeukendrup, A. E. 2006. Exogenous carbohydrate oxidation rates are elevated after combined ingestion of glucose and fructose during exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology, 100*: 807–816.

Jeukendrup, A. E., Moseley, L., Mainwaring, G. I., Samuels, S., Perry, S. and Mann, C. H. 2006. Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. *Journal of Applied Physiology, 100*: 1134–1141.

Jeukendrup, A. E. 2010. Carbohydrate and exercise performance: The role of multiple transportable carbohydrates. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 13*: 452–457.

Jeukendrup, A. E. and Chambers, E. S. 2010. Oral carbohydrate sensing and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 13*: 447–451.

Jeukendrup, A. E. 2011. *Endurance sports: Marathon, triathlon, road cycling.* Forthcoming in Journal of Sports Sciences.

Karelis, A. D., Smith, J. W., Passe, D. H. and Péronnet, F. 2010. Carbohydrate administration and exercise performance: What are the potential mechanisms involved?. *Sports Medicine, 40*: 747–763.

Kimber, N. E., Ross, J. J., Mason, S. L. and Speedy, D. B. 2002. Energy balance during an Ironman triathlon in male and female triathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 12*: 47–62.

Loucks, AB. 2004. Energy balance and body composition in sports and exercise. *J Sports Sci 22*, 1-14.

Leckey, JJ, Hoffman, NJ, Parr, EB, Devlin, BL, Trewin, AJ, Stepto, NK, Morton, JP, Burke, LM and Hawley JA 2018. High dietary fat intake increases fat oxidation and reduces skeletal muscle mitochondrial respiration in trained humans. *FASEB J 32,* 2979-2991.

Lindseth, I. 2017. Methodological issues question the validity of observed performance impairment of a low carbohydrate, high fat diet. *J Physiol 595*, 2989.

Mann R. H., Clarsen B. M., McKay C. D., Clift B. C., Williams C. A., Barker A. R. 2021. Prevalence and burden of health problems in competitive adolescent distance runners: A 6-month prospective cohort study. J. *Sports Sci. 39* (12), 1366–1375.

McCormick, A., Meijen, C. & Marcora, S., 2015. Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *Springer, 15 March*, pp. 997-1015.

McInerney, P., Lessard, S. J., Burke, L. M., Coffey, V. G., Lo Giudice, S. L.Southgate, R. J. 2005. Failure to repeatedly supercompensate muscle glycogen stores in highly trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 37*: 404–411.

Morton, J. P., Croft, L., Bartlett, J. D., MacLaren, D. P., Reilly, T.Evans, L. 2009. Reduced carbohydrate availability does not modulate training-induced heat shock protein adaptations but does upregulate oxidative enzyme activity in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology, 106*: 1513–1521.

Murray, R. (1996). Dehydration, hyperthermia, and athletes: science and practice. *J Athl Train, 31*:248–252.

Murtaza N, Burke LM, Vlahovich N, Charlesson B, O'Neill HM, Ross ML, Campbell KL, Krause L & Morrison M. 2019. Analysis of the effects of dietary pattern on the oral microbiome of elite endurance athletes. Nutrients 11, E614.

Nikolaidis, P. T., Veniamakis, E., Rosemann, T. & Knechtle, B., 2018. *Nutrition in Ultra-Endurance: State of the Art. Nutrients*, 16 December.

Nybo, L., Pedersen, B., Christensen, B., Aagaard, P., Brandt, N. and Kiens, B. 2009. Impact of carbohydrate supplementation during endurance training on glycogen storage and performance. *Acta Physiologica, 197*: 117–127.

Pedersen, D. J., Lessard, S. J., Coffey, V. G., Churchley, E. G., Wootton, A. M.Ng, T. 2008. High rates of muscle glycogen resynthesis after exhaustive exercise when carbohydrate is coingested with caffeine. *Journal of Applied Physiology, 105*: 7–13.

Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., Hodgson, A. B. and Jeukendrup, A. E. 2011. Carbohydrate oxidation from a drink during running compared with cycling exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 43*: 327–334.

Phinney SD, Bistrian BR, Evans WJ, Gervino E & Blackburn GL 1983. The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism 32*, 769-776.

Podlogar, T., and G.A. Wallis 2022. New horizons in carbohydrate research and application for endurance athletes. *Sports Med. In press.*

Prins, PJ, Noakes, TD, Welton, GL, Haley, SJ, Esbenshade, NJ, Atwell, AD, Scott, KE, Abraham, J, Raabe, AS, Buxton, JD and Ault, DL 2019. High rates of fat oxidation induced by a low-carbohydrate, high-fat diet, do not impair 5-km running performance in competitive recreational athletes. J Sport Sci Med 18, 738-750.

Rojas-Valverde, D., Sánchez-Ureña, B., Crowe, J., Timón R., Olcina, G. J. 2020. Exertional rhabdomyolysis and acute kidney injury in endurance sports: A systematic review. *Eur. J. Sport Sci. 21* (2), 261–274.

Rollo, W. C. (2011). Effect of mouth-rinsing carbohydrate solutions on endurance performance. *Sports Med, 41*:449–461.

Romijn J. A., Coyle E. F., Sidossis L. S., Gastaldelli A., Horowitz J. F., Endert E., et al. 1993. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 265* E380–E391.

Rowlands, D.S., S. Houltham, K. Musa-Veloso, F. Brown, L. Paulionis, and D. Bailey. 2015. Fructose–glucose composite carbohydrates and endurance performance: critical review and future perspectives. *Sports Med. 45*:1561–1576.

Scheer V., Tiller N., Doutrleau S., Khodaee M., Knechtle B., Pasternak A., et al. 2021. Potential long-term health problems associated with ultra- endurance running: A narrative review. *Sport Medicine, 52*, 725–740.

Stellingwerff T & Cox GR. 2014. Systematic review: Carbohydrate supplementation on exercise performance or capacity of varying durations. *Appl Physiol Nutr Metabol 39*, 998-1011.

Støa EM, Nyhus L, Børresen SC, Nygaard C, Hovet ÅM, Bratland-Sanda S, Helgerud J, Støren Ø. 2016. Day to day variability in fat oxidation and the effect after only 1 day of change in diet composition. *Appl Physiol Nutr Metab 41*(4):397–404.

Temesi, J., Johnson, N. A., Raymond, J., Burdon, C. A. and O'Connor, H. T. 2011. Carbohydrate ingestion during endurance exercise improves performance in adults. *Journal of Nutrition, 141*: 890–897.

Thomas, D.T., K.A. Erdman, and L.M. Burke. 2016. Nutrition and athletic performance. Med. *Sci. Sports Exerc. 48*:543–568.

Urdampilleta, A., S. Arribalzaga, A. Viribay, A. Castañeda-Babarro, J. Seco-Calvo, and J. Mielgo-Ayuso 2020. Effects of 120 vs. 60 and 90 g/h carbohydrate intake during a trail marathon on neuromuscular function and high intensity run capacity recovery. *Nutrients 12*:2094.

Van Hall, G., Shirreffs, S. M. and Calbet, J. A. 2000. Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: No effect of additional protein ingestion. *Journal of Applied Physiology, 88*: 1631–1636.

Vitale, K., & Getzin, A. 2019. Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendations. *Nutrients, 11*(6), 1289.

Volek JS, Noakes T & Phinney SD 2015. Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. *Eur J Sport Sci 15*,13-20.

Wallis, G.A., C.J. Hulston, C.H. Mann, H.P. Roper, K.D. Tipton, and A.E. Jeukendrup 2008. Postexercise muscle glycogen synthesis with combined glucose and fructose ingestion. *Med. Sci. Sports Exerc. 40*:1789–1794.

Webster CC, Noakes TD, Chacko SK, Swart J, Kohn TA & Smith JA 2016. Gluconeogenesis during endurance exercise in cyclists habituated to a long-term low CHO high-fat diet. *J Physiol 594*, 4389-4405.

Webster CC, Swart J, Noakes TD & Smith JA .2018. A carbohydrate ingestion intervention in an elite athlete who follows a LCHF Diet. *Int J Sports Physiol Perform 13*, 957-960.

Wong, S. H. S., Sui, P. M., Lok, A., Chen, Y. J., Morris, J. and Lam, C. W. 2008. Effect of the glycaemic index of pre-exercise carbohydrate meals on running performance. *European Journal of Sport Science, 8*: 23–33.

Wu, C. L. and Williams, C. 2009. A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 16*: 510–527.

Yeo WK, Lessard SJ, Chen ZP, Garnham AP, Burke LM, Rivas DA, Kemp BE & Hawley JA 2008. Fat adaptation followed by CHO restoration increases AMPK activity in skeletal muscle from trained humans. *J Appl Physiol 105*, 1519-1526.

Zaryski, C., & Smith, D. J. (2005). Training Principles and Issues for Ultra-endurance Athletes. *Current Sports Medicine Reports, 4*(3), 165–170.

Zawadzki, K. M., Yaspelkis, B. B. and Ivy, J. L. 1992. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *Journal of Applied Physiology, 72*: 1854–1859.