

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ

Για οποιαδήποτε κίνηση του ανθρώπου συστέλλονται τα μυϊκά κύτταρα και δαπανάται ενέργεια. Η ενέργεια αυτή παρέχεται στους μυς με τη μορφή μιας χημικής ουσίας αποθηκευμένης στο μυϊκό κύτταρο, γνωστή ως **τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)** και η οποία είναι το βασικό ενεργειακό εισητήριο για την έναρξη και τη συνέχεια της μυϊκής συστολής.

Για τη συστολή του μυϊκού κυττάρου μόρια ATP διασπώνται σε μόρια διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP) με ταυτόχρονη απελευθέρωση ενέργειας. Για να μπορέσει το μυϊκό κύτταρο να συνεχίσει να συσπάται και συνεπώς να διατηρείται η συνέχεια της κίνησης πρέπει τα μόρια Α συνεχώς να αναπληρώνονται. Αυτό μπορεί να γίνει με μία σειρά διαδικασιών η οποία εξηγείται παρακάτω:

Η ενέργεια για τη σύνθεση και αναπλήρωση μορίων ATP εμπεριέχει τη μεταφορά τροφής και οξυγόνου από το περιβάλλον στα κύτταρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του αναπνευστικού, πεπτικού και κυκλοφορικού συστήματος κάτω από τον έλεγχο του νευρικού και ορμονικού συστήματος.

Οι διάφορες τροφές περιέχουν ενέργεια η οποία δεν καταστρέφεται αλλά με τη βοήθεια των διαφόρων ενζύμων και συνενζύμων μετατρέπεται στη χρήσιμη ενέργεια του σώματος, δηλαδή ATP. Η ενέργεια με τη μορφή ATP χρησιμοποιείται για τη συντήρησή μας εν γένει στη ζωή, καθώς παίζει βασικό ρόλο στις διάφορες ζωτικές λειτουργίες του οργανισμού όπως στη νευρική, αναπαραγωγική, μηχανική η οποία εκφράζεται με τη κίνηση οποιασδήποτε μορφής, κ.α.

Η μεταφορά ενέργειας που εκφράζεται μέσω του **μεταβολισμού** των διαφόρων συστατικών της τροφής εμπεριέχει τον **καταβολισμό**, δηλαδή τη διάσπαση της τροφής από σύνθετα σε απλούστερα συστατικά και το σχηματισμό ATP και τον **αναβολισμό**, δηλαδή την κατασκευή και την ανάπλαση των οστών και των μυών.

Η ενέργεια δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, ως εκ τούτου η ενέργεια που παίρνουμε μέσω της τροφής πρέπει να είναι ίση με αυτή που χρησιμοποιούμε, διαφορετικά εάν είναι περισσότερη θα πάρουμε επιπρόσθετο βάρος, εάν δε είναι λιγότερο να χάσουμε βάρος.

Η πιο γνωστή μονάδα μέτρησης της ενέργειας είναι η **θερμίδα (cal)**. Μία θερμίδα είναι το ποσόν ενέργειας που απαιτείται για να υψωθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου νερού ένα βαθμό C<sup>0</sup>.

Μία **χιλιοθερμίδα (Kcal)** είναι ισοδύναμη με 1000 θερμίδες και είναι η περισσότερο δημοφιλής μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται για να υπολογισθεί το ενεργειακό

περιεχόμενο των διαφόρων τροφών ή οι ενεργειακές απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης σωματικής δραστηριότητας. Για παράδειγμα:

Ένα κιλό σωματικού βάρους αντιστοιχεί σε 7600 θερμίδες περίπου, το οποίο εάν δεν χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας θα αποθηκευτεί στο σώμα ως λιπώδης ιστός.

Γενικά η ενέργεια που χρησιμοποιούμε για την οποιαδήποτε δραστηριότητα παράγεται είτε με παρουσία του οξυγόνου (**αερόβια**), είτε χωρίς οξυγόνο (**αναερόβια**). Η ενέργεια λοιπόν που χρειαζόμαστε για να διατηρηθούμε στη ζωή ή για οποιαδήποτε επιπλέον δραστηριότητα προέρχεται με τον ένα τρόπο ή με τον άλλον ή με συνδυασμό τους: Με οξυγόνο (αερόβια) ή χωρίς οξυγόνο (αναερόβια).

## ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο αερόβιος τρόπος παραγωγής ενέργειας είναι ο πιο σημαντικός, γιατί είναι αυτός που χρησιμοποιούμε τον περισσότερο χρόνο της ζωής μας όταν καθόμαστε χωρίς να κάνουμε τίποτα, ή για τις απλές καθημερινές μας δραστηριότητες όπου δεν χρειαζόμαστε πολύ ενέργεια. Για αγωνιστικές δραστηριότητες είναι το σύστημα που κυριαρχεί στα αγωνίσματα των μεγάλων αποστάσεων και φυσικά στο κατ' εξοχήν αερόβιο αγώνισμα στο Μαραθώνιο δρόμο.

Ο αερόβιος τρόπος παραγωγής ενέργειας λαμβάνει χώρα σε ειδικά οργανίδια μέσα στα κύτταρα, τα οποία ονομάζονται **μιτοχόνδρια** και αποτελούν το χημικό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας του οργανισμού, αφού εκεί είναι το μοναδικό μέρος που καρασκευάζεται μεγάλη ποσότητα ATP με τον αερόβιο μηχανισμό.

Εκεί τα τελικά προϊόντα της τροφής, ως επί το πλείστον γλυκόζη και λιπαρά οξέα, παρουσία του οξυγόνου και με τη βοήθεια αερόβιων ενζύμων απελευθερώνουν πάρα πολύ ενέργεια με τη μορφή ATP ενώ παράλληλα σχηματίζεται νερό ( $H_2O$ ), το οποίο είναι χρήσιμο μέσα στο κύτταρο και διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), το οποίο αποβάλλεται από τον οργανισμό δια της εκπνοής.

Ο αερόβιος τρόπος παραγωγής περιορίζεται από την δυνατότητα του οργανισμού να μεταφέρει και να εφοδιάζει του μυς με το απαραίτητο οξυγόνο. Όσο περισσότερο αυξάνεται η ένταση μιας σωματικής δραστηριότητας τόσο περισσότερο αυξάνεται και η ποσότητα του οξυγόνου που καταλαμβάνουν οι μύες με σκοπό τη παραγωγή ενέργειας ATP. Καθώς η φυσική κατάσταση του σώματος βελτιώνεται, δηλαδή το καρδιαγγειακό σύστημα γίνεται αποτελεσματικότερο στη μεταφορά του οξυγόνου και το μυοσκελετικό σύστημα στη κατανάλωσή του, το συνολικό ποσό του οξυγόνου που μπορούν να καταναλώσουν οι εργαζόμενοι μύες κάθε λεπτό αυξάνεται.

Η μέγιστη τιμή σε οξυγόνο που μπορούν να καταναλώσουν οι μύες ενός ατόμου στη μονάδα του χρόνου και η οποία εκφράζεται σε μιλιλίτρα οξυγόνου ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους ανά λεπτό (ml/kg/min) ονομάζεται **αερόβια ικανότητα** ή **μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_2 \max$ )**.

Είναι δηλαδή το ποσόν αίματος που φεύγει από τη καρδιά με κατεύθυνση όλο το υπόλοιπο σώμα και το ποσόν του οξυγόνου που εξάγεται από το αίμα και προσλαμβάνεται από τα κύτταρα των διαφόρων ιστών και ιδιαίτερα τα μυϊκά κύτταρα που συμμετέχουν σε μία δραστηριότητα κατά τη χρονική διάρκεια ενός λεπτού.

Τα γεγονότα που μεσολαβούν για να μπορέσει το οξυγόνο να φθάσει στους μυς είναι τα εξής:

1. Με την εισπνοή εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας στους πνεύμονες.
2. Το οξυγόνο που περιέχεται στον αέρα που εισπνέουμε μεταπηδάει στο αίμα.
3. Το οξυγόνο μεταφέρεται στο αίμα με την αιμοσφαιρίνη που βρίσκεται μέσα στα ερυθρά αιμοσφαίρια.
4. Η καρδιά στέλνει αίμα σε όλο το υπόλοιπο σώμα.
5. Το οξυγόνο μέσα στο αίμα μεταφέρεται στα μυϊκά κύτταρα μέσω του συστήματος τριχοειδών αγγείων.
6. Το οξυγόνο από το αίμα μεταπηδάει μέσα στα μυϊκά κύτταρα.
7. Το οξυγόνο μεταφέρεται στα μιτοχόνδρια των μυϊκών κυττάρων όπου εκεί παρουσία του γίνεται η τελική καύση της γλυκόζης και των λιπαρών οξέων, με αποτέλεσμα τη παραγωγή ATP ταυτόχρονα με τη παραγωγή νερού και διοξειδίου του άνθρακα.

Όσο υψηλότερη είναι η τιμή της αερόβιας ικανότητας, τόσο περισσότερο οξυγόνο μέσω του αίματος μεταφέρεται από τους πνεύμονες στη καρδιά, τόσο περισσότερο οξυγόνο μέσω του αίματος στέλνεται από τη καρδιά σε όλους τους ιστούς του σώματος και προκειμένου περί σωματικής δραστηριότητας σε όλους τους εργαζόμενους μυς και τόσο περισσότερο οξυγόνο καταναλώνεται από αυτούς, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγόμενη ποσότητα ενέργειας με τη μορφή ATP.

Επομένως η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου μπορεί να θεωρηθεί δείκτης φυσικής κατάστασης του ατόμου. Για παράδειγμα, στην ηρεμία το σώμα χρησιμοποιεί 3.5 ml/kg/min οξυγόνου ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους ανά λεπτό (ml/kg/min), ενώ έχει μετρηθεί η υψηλότερη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου σε χιονοδρόμο σκιέρ στη τιμή των 92 ml/kg/min  $O_2$  ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους ανά λεπτό. Τιμή χαμηλότερη των 30 ml  $O_2$ /kg/min για ένα μεσήλικα άτομο δηλώνει πτωχή φυσική κατάσταση. Καθώς η φυσική κατάσταση βελτιώνεται και το καρδιαγγειακό σύστημα γίνεται αποτελεσματικότερο στη λειτουργία του, η ποσότητα του οξυγόνου που προσλαμβάνεται από τα κύτταρα και καταναλώνεται στη παραγωγή ενέργειας αυξάνει επίσης.

Μία άλλη μέθοδος της αερόβιας ικανότητας είναι η βασική μεταβολική μονάδα το **Met**. Ένα Met εκφράζει τη ποσότητα του οξυγόνου που χρησιμοποιεί ο οργανισμός μας στη ηρεμία, η οποία όπως έχει αναφερθεί είναι περίπου 3.5 ml/kg/min. Όταν μία δραστηριότητα εκφράζεται σε μονάδες mets υποδηλώνει επιβάρυνση αντίστοιχη με πολλαπλάσια της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Έτσι πολλαπλασιάζοντας τα mets με το 3.5 έχουμε τη δραστηριότητα εκφρασμένη σε μονάδες πρόσληψης οξυγόνου.

Για παράδειγμα μία δραστηριότητα εκφρασμένη σε ένταση των 10 mets ισοδυναμεί με κατανάλωση οξυγόνου 35 ml/kg/min (  $10 * 3.5$ ). Επίσης 1 met ισούται με μία θερμίδα (cal) και επομένως μία δραστηριότητα που η έντασή της ισοδυναμεί με 10 mets, αντιστοιχεί σε ενεργειακή δαπάνη των 10 θερμίδες το λεπτό.

Για άτομα τα οποία δεν έχουν ποτέ τους γυμνασθεί, δραστηριότητες που η έντασή τους ανέρχεται μεταξύ 8 - 12 mets, δηλαδή σε κατανάλωση οξυγόνου από 28 – 42 ml/kg/min ή σε κατανάλωση θερμίδων 80 - 120 το λεπτό είναι μέσα στα πλαίσια για να δημιουργήσουν στον οργανισμό λειτουργικές προσαρμογές.

Για άτομα πιο προχωρημένα σε φυσική κατάσταση δραστηριότητες με επιβάρυνση σε υψηλότερα mets (>14) είναι ιδανικές για προπονητικές επιδράσεις στον οργανισμό.

Η ένταση και η διάρκεια μιας δραστηριότητας παίζουν το καθοριστικό ρόλο στο τρόπο παραγωγής ATP απ' όπου εξαρτάται η συνέχεια της μυϊκής συστολής.

Όσο πιο έντονη σε επιβάρυνση και παρατεταμένη σε διάρκεια είναι μία δραστηριότητα, τόσο περισσότερο οξυγόνο χρειάζονται τα μυϊκά κύτταρα. Αυτό σημαίνει ότι η καρδιά θα πρέπει να κτυπάει γρηγορότερα, ώστε να αυξηθεί η παροχή αίματος στους εργαζόμενους μυς.

Εάν η ένταση της δραστηριότητας διατηρείται ενώ δεν επαρκεί η ποσότητα του οξυγόνου που διαπερνά από το αίμα στα μυϊκά κύτταρα, τότε οι ανάγκες για την επιπρόσθετη παραγωγή ενέργειας θα πληρωθούν από το αναερόβιο σύστημα, χωρίς δηλαδή τη παρουσία του οξυγόνου.

Αυτός ο μηχανισμός παραγωγής ενέργειας θεωρείται υποστηρικτικός του αερόβιου, και ενεργοποιείται όταν ο αερόβιος μηχανισμός από μόνος του δεν είναι επαρκής να καλύψει τις ανάγκες σε μεγάλης έντασης και παρατεταμένης διάρκειας δραστηριότητες.

Ο λόγος είναι ότι η παραγωγή της αερόβιας ενέργειας είναι χρονοβόρα καθώς απαιτείται πρώτα η διάσπαση των λιπών σε λιπαρά οξέα και των υδατανθράκων σε γλυκόζη, τα οποία μετά από χημική διαδικασία 20-25 αντιδράσεων σχηματίζουν ATP, νερό και διοξείδιο ως τελικά προϊόντα. Όμως, τόσες πολλές αντιδράσεις καθιστούν τον όλο μηχανισμό αργό ιδιαίτερα για δραστηριότητες όπου οι ανάγκες επιβάλλουν γρήγορη παραγωγή ενέργειας.

Από την άλλη όμως πλευρά ο αερόβιος μηχανισμός είναι ικανός για μεγάλη ποσότητα παραγωγής ATP, χωρίς ταυτόχρονα να παράγονται μεταβολικά προϊόντα που να προκαλούν κόπωση.

Γενικά αθλήματα τα οποία χρησιμοποιούν πρωταρχικά τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας είναι αυτά όπου χρησιμοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες του σώματος, για χρονική διάρκεια τουλάχιστον 15-20 λεπτά και αποσπών καρδιακές συχνότητες μεγαλύτερες από 120 παλμούς / λεπτό.

Αερόβιες δραστηριότητες θεωρούνται το περπάτημα, το τζόγκινγκ, το τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων, η κολύμβηση, η ποδηλασία, ο χορός, η κωπηλασία, το σκι βουνού, κ.α.

## ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αναερόβια ενέργεια με τη μορφή ATP παράγεται χωρίς τη παρουσία του οξυγόνου. Αθλητικές δραστηριότητες οι οποίες απαιτούν μέγιστη προσπάθεια χρονικής διάρκειας ενός τουλάχιστον λεπτού και λιγότερο εξαρτώνται πρωταρχικά από την ικανότητα του ατόμου να παράγει ενέργεια αναερόβια.

Ο λόγος που αναγκάζει το άτομο να χρησιμοποιεί αυτό το τρόπο παραγωγής ενέργειας αποτελεί το γεγονός ότι η ένταση της προσπάθειας είναι σε τέτοιο βαθμό έντονη, ώστε το καρδιοαναπνευστικό σύστημα δεν μπορεί να παρέχει αρκετό οξυγόνο για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες που απαιτούνται για τη προσπάθεια, με αποτέλεσμα αυτές να καλύπτονται από τον αναερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας.

Ομως, όταν παράγεται ενέργεια αναερόβια η άσκηση θα πρέπει σύντομα να τερματισθεί ή να ελαττωθεί η έντασή της γιατί το χρέος οξυγόνου που δημιουργείται στον οργανισμό ο οποίος παράγει ενέργεια αναερόβια θα πρέπει να αποκατασταθεί. Ο αναερόβιος μηχανισμός παραγωγής ενέργειας είναι υποστηρικτικός του αερόβιου και δεν μπορεί να συνεχίζεται επ' αόριστον, κατά τον ίδιο τρόπο όπως δεν μπορούμε να αποσύρουμε συνεχώς χρήματα από τη τράπεζα χωρίς να κάνουμε ενδιάμεσα και καταθέσεις.

Στο αναερόβιο σύστημα διακρίνουμε δύο διαφορετικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας: 1) Το **γαλακτικό** σύστημα το οποίον παρέχει λιγοστή ποσότητα ενέργειας προερχόμενη από ημιτελή καύση της γλυκόζης εν τη απουσία του οξυγόνου ενώ ταυτόχρονα παράγεται γαλακτικό και

2) Το **φωσφορικό (ATP – PC)** σύστημα το οποίον παρέχει στιγμιαία ενέργεια από τα έτοιμα αποθέματα ενέργειας που βρίσκονται αποθηκευμένα στα μυϊκά κύτταρα. Προς διάκριση από το προηγούμενο σύστημα εφόσον δεν παράγεται γαλακτικό οξύ ονομάζεται **αγαλακτικό** σύστημα.

## ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Σε μέγιστες προσπάθειες, όπως για παράδειγμα ένα παρατεταμένο «σπριντ» η ενέργεια με τη μορφή ATP δημιουργείται από τη γλυκόζη με τη βοήθεια των αναερόβιων ενζύμων χωρίς τη παρουσία του οξυγόνου. Η γλυκόζη μετά από μία σειρά αντιδράσεων σχηματίζει πυρουβικό οξύ, το οποίον λόγω της μέγιστης προσπάθειας και της γρήγορης ανάγκης παραγωγής ενέργειας παράγει ενέργεια αναερόβια με μία μόνο αντίδραση.

Η διαδικασία από τη διάσπαση της γλυκόζης μέχρι το σχηματισμό του πυρουβικού οξέος ονομάζεται **γλυκόλυση** και από το σημείο αυτό ανάλογα τις ανάγκες σε ενέργεια θα επιλεγεί ο αερόβιος ή ο αναερόβιος μηχανισμός παραγωγής ATP. Ο τελευταίος αποτελεί λιγότερο οικονομικό τρόπο παραγωγής ενέργειας, αφού αντιπροσωπεύει μόλις το 5% της ποσότητας ATP που δημιουργείται με αυτό το τρόπο (αναερόβια), απότι εάν η ίδια ποσότητα γλυκόζης σχηματίζει ATP παρουσία του οξυγόνου (αερόβια).

Όμως ο αναερόβιος τρόπος παραγωγής ενέργειας έχει ένα μειονέκτημα, αφού παράλληλα με τη δημιουργία ATP σχηματίζεται και ένα άχρηστο μεταβολικό προϊόν, το οποίο ονομάζεται **γαλακτικό οξύ**. Εάν η ένταση της άσκησης διατηρηθεί σε υψηλά επίπεδα, το γαλακτικό θα αρχίσει να συγκεντρώνεται άφθονο στο αίμα και γύρω στα 35 – 40 δευτερόλεπτα από την έναρξη της άσκησης θα εμφανισθεί κόπωση η οποία θα οδηγήσει στη πλήρη εξάντληση του ατόμου μετά από περίπου 55 – 60 δευτερόλεπτα.

Το γαλακτικό σύστημα είναι πολύ σημαντικό, καθώς παρέχει στον οργανισμό ενέργεια σε δραστηριότητες μεγάλης έντασης και διάρκειας από 30 δευτερόλεπτα έως 3 λεπτά. Η απόσταση των 400 μέτρων στο στίβο είναι αντιπροσωπευτική, καθώς το κυρίαρχο σύστημα παραγωγής ενέργειας ATP σ' αυτό το αγώνισμα είναι το γαλακτικό σύστημα.

Αντίθετα στις μεγάλες αποστάσεις το γαλακτικό σύστημα δίνει ενέργεια στο τελικό «σπριντ» τερματισμού, ή στον καλαθοσφαιριστή να συνεχίσει δυναμικά μετά από σειρά συνεχόμενων προσποιήσεων, ή στον ποδοσφαιριστή να επιταχύνει μετά από τη δυναμική συμπλοκή με τον αντίπαλό του. Με άλλα λόγια, το γαλακτικό δρα και σαν «ρεζερβουάρ» ενέργειας όταν και όποτε ζητηθεί.

Η κατάλληλη προπόνηση παίζει βασικό ρόλο στο να μάθει ένας αθλητής να αντέχει κάποια επίπεδα γαλακτικού στο αίμα του. Όταν η δραστηριότητα είναι τόσο έντονη ώστε να παραχθεί μεγάλη ποσότητα γαλακτικού στο αίμα, ο χρόνος που χρειάζεται για να απομακρυνθεί και να αποκατασταθεί πλήρως το άτομο ανέρχεται περίπου στα 45 – 60 λεπτά.

## **ΦΩΣΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Σε σύντομες δυναμικές προσπάθειες όπως να σηκώσουμε ένα βάρος, να κάνουμε ένα άλμα ή να τρέξουμε γρήγορα λίγα μέτρα, δεν υπάρχει επαρκής χρόνος για τη γλυκόζη να δημιουργήσει ATP, εξαιτίας των πολλών χημικών αντιδράσεων που είναι απαραίτητες για το σχηματισμό της ενέργειας. Στις περιπτώσεις αυτές η ενέργεια προέρχεται από τα ήδη έτοιμα αποθέματα ATP που βρίσκονται αποθηκευμένα μέσα στα μυϊκά κύτταρα.

Η ουσία ATP αποτελείται από ένα μόριο αδενίνης συνδεδεμένο με τρεις φωσφόρους. Όπως έχει αναφερθεί, ενέργεια απελευθερώνεται όταν ένας φώσφορος αποσπάται από την ουσία ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη), η οποία τότε μετατρέπεται σε ADP (διφωσφορική αδενοσίνη). Για να υπάρχει όμως συνεχή παροχή της ενέργειας πρέπει τα αποθέματα ATP, τα οποία είναι περιορισμένα, συνεχώς να αναπληρώνονται.

Η επανασύνθεση ATP επιτυγχάνεται με μία άλλη ουσία, η οποία είναι και αυτή αποθηκευμένη μέσα στα μυϊκά κύτταρα και ονομάζεται **φωσφοκρεατίνη (PC)**.

Η φωσφοκρεατίνη, η οποία αποτελείται από κρεατίνη και φώσφορο ενώνεται με τα μόρια ADP και έτσι ξανασηματίζονται μόρια ATP. Το σύστημα ATP – PC παρέχει ενέργεια η οποία διαρκεί για μέγιστες προσπάθειες διάρκειας 5 – 10 δευτερολέπτων.

Η ενέργεια, σε ATP, η οποία δαπανάται στις σύντομες αυτές τις προσπάθειες επανασηματίζεται πάρα πολύ γρήγορα. Στα πρώτα 30 δευτερόλεπτα επανασυνθέτονται έως και 50% της δαπανηθείσης ενέργειας και μετά από 2 λεπτά η επανασύνθεση είναι πλήρης.

Ως εκ τούτου, ένα άτομο μπορεί να επαναλάβει πολλές φορές μία σύντομη και έντονη προσπάθεια, χωρίς να εξαντληθεί, αφού η επανασύνθεση ενός μεγάλου μέρους της ενέργειας που δαπανήθηκε σ' αυτές της προσπάθειες συντελείται σε λίγα δευτερόλεπτα μετά το τερματισμό της προσπάθειας.

## **ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΑΘΛΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ**

Η ικανότητα ενός ατόμου για αθλητικές ή αγωνιστικές δραστηριότητες εξαρτάται από την ικανότητα παραγωγής αερόβιας ή αναερόβιας ενέργειας ή πολύ συχνότερα την ικανή χρήση και των δύο μηχανισμών, αφού στα περισσότερα σπορ η παραγωγή ενέργειας βασίζεται σε συνδυασμό τόσο του αερόβιου όσο και του αναερόβιου μηχανισμού.

Σε μέγιστες προσπάθειες χρονικής διάρκειας 1 – 2 λεπτών πιθανολογείται ότι τα ποσοστά συμμετοχής του αερόβιου και του αναερόβιου μηχανισμού είναι παρόμοια. Καθώς η χρονική διάρκεια μιας δραστηριότητας επιμηκύνεται πέραν των 2 λεπτών ο αερόβιος μηχανισμός παραγωγής ενέργειας γίνεται πιο κυρίαρχος ενώ αντίθετα σε δραστηριότητες μικρότερης διάρκειας ο αναερόβιος μηχανισμός υπερτερεί.

Από τις δραστηριότητες ο δρόμος των 100 μέτρων θεωρείται καθαρά αναερόβιο αγώνισμα ενώ ο μαραθώνιος καθαρά αερόβιο.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται περίληψη με όλα τα χαρακτηριστικά των ενεργειακών συστημάτων ενώ στον πίνακα 2 δίνονται διάφορες δραστηριότητες και η ενεργειακή συμβολή του κάθε ενεργειακού συστήματος που συμμετέχει σ' αυτήν.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

## Χαρακτηριστικά των Ενεργειακών Συστημάτων

	<b>ΑΤΡ-ΡC ΣΥΣΤΗΜΑ (Αναερόβιο αγαλακτικό)</b>	<b>ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Αναερόβιο γαλακτικό)</b>	<b>ΑΕΡΟΒΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ</b>
<b>Χρονική διάρκεια</b>	< 30'' (ταχύτητες)	30'' – 3' (ταχύτητες-μεσαίες αποστάσεις)	> 3' (μεγάλες αποστάσεις)
<b>Καύσιμο</b>	Υψηλοί φωσφορικοί δεσμοί	Υδατάνθρακες	Υδατάνθρακες
<b>Παραγωγή ΑΤΡ</b>	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Απεριόριστη
<b>Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά</b>	Περιορισμένη αποθήκευση ΑΤΡ	Γαλακτικό οξύ (προϊόν κόπωσης)	Οχι μεταβολικά προϊόντα, τα οποία προκαλούν κόπωση

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

## Διάφορες Δραστηριότητες και Συμμετοχή των Ενεργειακών Συστημάτων

<b>ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΗΓΗ</b>
Απλή κίνηση	1 δευτερόλεπτο	Φωσφορικό σύστημα
Ταχύτητα	10 δευτερόλεπτα	Φωσφορικό σύστημα
Παρατεταμένη ταχύτητα	10-60 δευτερόλεπτα	Φωσφορικό / Γαλακτικό
Μεσαίες αποστάσεις	1-6 λεπτά	Γαλακτικό / Αερόβιο
Μαραθώνιος	> 2 ώρες	Αερόβιο
Ομαδικά σπορ, κυκλική προπόνηση με βάρη, αεροβική γυμναστική	> 1 ώρα	Φωσφ. / Γαλακτ. / Αερόβιο



Ένα αγύμναστο άτομο με πτωχή φυσική κατάσταση που πρωτοξεκινάει ένα προπονητικό πρόγραμμα γυμναστικής ή κολύμβησης ή τζόγκινγκ, είναι σίγουρο ότι θα κουρασθεί αεροβικής πολύ γρήγορα, καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζονται αυξημένες και το άτομο για να ανταπεξέλθει βασίζεται στο σχηματισμό ενέργειας ATP με τον αναερόβιο τρόπο ενεργειακής παραγωγής. Είναι φυσικό λοιπόν το άτομο να κουράζεται γρήγορα, αφού με την αναερόβια παραγωγή ενέργειας σχηματίζεται και γαλακτικό, το οποίον προκαλεί γρήγορη κόπωση. Καθώς το άτομο προσαρμόζεται στην άσκηση, βελτιώνει δηλαδή τη φυσική του κατάσταση, αυτό σημαίνει ότι για παραγωγή ενέργειας βασίζεται περισσότερο στο αερόβιο σύστημα έναντι του αναερόβιου, το οποίον δεν δημιουργεί μεταβολικά προϊόντα κόπωσης, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ικανότητα για μυϊκό έργο.

## ΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΣΚΗΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί ATP φτιάχνεται από τη διάσπαση των διαφόρων τροφών που περιέχουν υδατανθρακες, λίπη και πρωτείνες παρουσία του οξυγόνου (αερόβια) ή χωρίς αυτό (αναερόβια). Ειδικά οι υδατάνθρακες αποτελούν το πιο κατάλληλο καύσιμο για άσκηση που ξεπερνάει σε ένταση το 80% της μέγιστης δυνατότητας του κάθε ατόμου, γι' αυτό τα αποθέματά τους στον οργανισμό πρέπει να είναι πλήρη στον οργανισμό αφού παίζουν ρόλο όχι μόνο στην αγωνιστική απόδοση αλλά και στην ίδια τη συνέχιση της άσκησης με τον ίδιο ρυθμό.

Τα ενεργειακά αποθέματα των υδατανθράκων βρίσκονται στο σώμα με δύο μορφές: ως **γλυκόζη**, γνωστή σαν ζάχαρο του αίματος και ως **γλυκογόνο** (πολλά μόρια γλυκόζης ενωμένα μεταξύ τους), το οποίον εκφράζει την αποθηκευμένη μορφή της γλυκόζης στο σώμα, δηλαδή το ρεζερβουάρ ενέργειας του οργανισμού.

Το γλυκογόνο βρίσκεται βασικά στα μυϊκά κύτταρα (μυϊκό γλυκογόνο) σε ποσότητα 400 – 600 γραμμάρια και στο συκώτι (ηπατικό γλυκογόνο) σε ποσότητα 100 γραμμάρια περίπου. Εάν τα αποθέματα του γλυκογόνου είναι πλήρη στον οργανισμό, τότε το πλεόνασμα των υδατανθράκων μετατρέπεται σε λίπος.

Το γλυκογόνο για να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας πρέπει να μετατραπεί σε γλυκόζη η οποία είναι η μορφή που αναγνωρίζει ο οργανισμός για τη χρησιμοποιήσει ενεργειακά. Μέσα στο μυϊκό κύτταρο η γλυκόζη προέρχεται είτε από τη διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου, είτε από τη γλυκόζη που κυκλοφορεί στο αίμα και διαπερνά στα μυϊκά κύτταρα.

Η τύχη της γλυκόζης μέσα στο μυϊκό κύτταρο εξαρτάται από την ένταση της άσκησης. Εάν η ένταση είναι μέτρια θά οξειδωθεί αερόβια μέχρι τελικής καύσης σχηματίζοντας ως τελικά προϊόντα ATP, νερό και CO<sub>2</sub> ενώ εάν η ένταση είναι σχετικά μεγάλη η γλυκόζη θα καεί ημιτελώς αναερόβια δημιουργώντας πολύ μικρότερη ποσότητα ATP με ταυτόχρονο όμως σχηματισμό γαλακτικού οξέος.

Η γλυκόζη ή σάκχαρο του αίματος μπορεί να προέρχεται από τη διάσπαση του γλυκογόνου στο συκώτι, το οποίο βοηθά στη διατήρηση του επιπέδου του ζακχάρου του αίματος σε σταθερά επίπεδα, ιδιαίτερα στη περίπτωση που μέρος της γλυκόζης διοχετεύεται στα μυϊκά κύτταρα.

Τα επίπεδα του σακχάρου στο αίμα είναι σημαντικό να διατηρούνται σε σταθερά επίπεδα ώστε να λειτουργούν όλα ομαλά, καθώς ο εγκέφαλος τροφοδοτείται μόνο με γλυκόζη. Σε περίπτωση υπογλυκαιμίας (χαμηλά επίπεδα σακχάρου στο αίμα), όλες οι λειτουργίες αρχίζουν να επιβραδύνονται και εάν αυτό συνεχισθεί το άτομο θα πέσει σε λήθαργο, καθώς όλο το σύστημα ξεκινώντας από τον εγκέφαλο αδρανοποιείται σταδιακά.

## **ΛΙΠΗ ΩΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΥΣΙΜΟ**

Τα λίπη για να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας πρέπει να μετατραπούν σε **ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFA)**, τα οποία είναι η μορφή που αναγνωρίζει ο οργανισμός για να τη χρησιμοποιήσει ενεργειακά. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα αποθηκεύονται στο λιπώδη και στο μυϊκό ιστό με τη μορφή των τριγλυκεριδίων (TG).

Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα χρησιμοποιούνται ως ενεργειακό καύσιμο μόνο με τον αερόβιο τρόπο παραγωγής ενέργειας. Αυτό έχει σπουδαία εφαρμογή στα άτομα που θέλουν να χάσουν βάρος, καθώς η κινητοποίηση των λιπών από τα κύτταρα του λίπους στα μυϊκά κύτταρα μπορεί να γίνει μέσω της άσκησης κάποιας διάρκειας αλλά χαμηλής έντασης.

Για παράδειγμα το γρήγορο περπάτημα ή το ελαφρύ τζόγκινγκ είναι προτιμητέο για το κάψιμο του λίπους παρά το γρήγορο τρέξιμο, όπου εκεί θα καταναλωθεί ενέργεια για τη παραγωγή ενέργειας.

Επίσης στη περίπτωση που καταναλωθεί το γλυκογόνο του σώματος μετά από επίπονη μακρόχρονη προσπάθεια (περίπου 2 ώρες, ανάλογα τη φυσική κατάσταση του ατόμου), τότε ο οργανισμός θα στραφεί πάλι προς τη χρήση των λιπών για τη παραγωγή ενέργειας. Αν και τα λίπη είναι η πρωταρχική ενεργειακή πηγή για μακροχρόνια σωματική δραστηριότητα, εν τούτοις το άτομο δοκιμάζει κόπωση σε πλήρη βαθμό όταν τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου αδειάσουν.

### **Το οξυγόνο**

Το δεύτερο συστατικό που πρέπει να μεταφερθεί μετά τη τροφή για τη παραγωγή ενέργειας είναι το οξυγόνο. Αν και μπορούμε να ζήσουμε αρκετές μέρες χωρίς τροφή από τα αποθέματά μας κυρίως σε λίπος, ο οργανισμός δεν μπορεί να κάνει το ίδιο με το οξυγόνο, καθώς η δυνατότητά μας να το αποθηκεύσουμε είναι μηδαμινή.

Μέσα στα μυϊκά κύτταρα βρίσκεται η μυογλομίνη η οποία έχει μία ελάχιστη δυνατότητα αποθήκευσης οξυγόνου που ανέρχεται στο ύψος των 250 ml, δηλαδή μόλις αρκετό για 1-2 δευτερόλεπτα.

Ο αέρας εισέρχεται στους πνεύμονες δια της επέκτασης του θωρακικού τοιχώματος με τη βοήθεια των αναπνευστικών μυών, με αποτέλεσμα την αύξηση του πνευμονικού όγκου, γεγονός το οποίον δημιουργεί διαφορά πίεσεως από την ατμόσφαιρα στους πνεύμονες. Οι πνεύμονες αποτελούνται από μία σειρά αεραγωγών, οι οποίοι διακλαδίζονται τελικά σαν δένδρο σε μικροσκοπικές λειτουργικές μονάδες, τις κυψελίδες.

Οι κυψελίδες περιβάλλονται από μικροσκοπικά τριχοειδή αγγεία που μεταφέρουν φλεβικό αίμα πλούσιο σε CO<sub>2</sub> το οποίον διαπηδά και αποβάλλεται δια της εκπνοής ενώ προσλαμβάνεται το οξυγόνο δια της αιμοσφαιρίνης που περιέχουν τα ερυθρά αιμοσφαίρια του αίματος. Το οξυγόνο μεταφέρεται στο αίμα πρωταρχικά μέσω της αιμοσφαιρίνης, όπου εξαιτίας των ατόμων του σιδήρου που περιέχει έχει την καταπληκτική ικανότητα να προσλαμβάνει το οξυγόνο. Ένα μόριο σιδήρου μπορεί να μεταφέρει 4 άτομα οξυγόνου. Εάν δεν υπήρχε η αιμοσφαιρίνη θα χρειαζόντουσαν 150 λίτρα αίματος να μεταφέρει το ίδιο ποσοστό οξυγόνου στην ηρεμία καθώς τα 5 λίτρα που διαθέτουμε δεν θα ήταν αρκετά.

Το καθαρό πλέον σε οξυγόνο αίμα (οξυγονωμένο) μεταφέρεται δια των πνευμονικών φλεβών στον αριστερό κόλπο και μετά στην αριστερά κοιλία της καρδιάς, η οποία είναι η κύρια μηχανή – αντλία της καρδιάς, απ' όπου εξωθείται σε όλα τα όργανα και τους ιστούς του σώματος δια της αορτής και των διακλαδώσεων της που καταλήγουν σε μικροσκοπικά τριχοειδή. Με αυτό το τρόπο μεταφέρονται σε όλα τα κύτταρα του σώματος οξυγόνο, θρεπτικές ουσίες, ορμόνες και κάθε μήνυμα απαραίτητο για την ενδοεπικοινωνία μεταξύ των κυττάρων των διαφόρων τμημάτων του οργανισμού. Το σύστημα σωληνώσεων που μέσα του μεταφέρεται το οξυγονωμένο αίμα από τη καρδιά στους ιστούς αποτελεί το αρτηριακό σύστημα.

Μόλις το οξυγόνο φθάσει στους μυς αρχίζει πάλι η διαδικασία της διάχυσης όπου το οξυγόνο από το αρτηριακό αίμα διαπηδά στα μυϊκά κύτταρα ενώ το CO<sub>2</sub> από τα μυϊκά κύτταρα διαπηδά σε ένα άλλο σύστημα σωληνώσεων το φλεβικό, που οδηγεί το αίμα από τους ιστούς πίσω στη καρδιά. Έτσι οι φλέβες διαθέτουν διαφορετική περιεκτικότητα σε οξυγόνο, απότι οι αρτηρίες.

Στο περιβάλλον αυτό η αιμοσφαιρίνη απελευθερώνει γρήγορα το οξυγόνο εξαιτίας:

1) της χαμηλής μερικής πίεσης του οξυγόνου 2) της αυξημένης συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> και 3) της αυξημένης θερμοκρασίας λόγω του έντονου μεταβολισμού.

Το φλεβικό αίμα, πλούσιο σε CO<sub>2</sub> ως προϊόν της μεταβολικής διαδικασίας των κυττάρων μεταφέρεται μέσω της μεγάλης κοίλης φλέβας στο δεξιό κόλπο της καρδιάς και εν συνεχεία στη δεξιά κοιλία, η οποία είναι η δεύτερη αντλία της καρδιάς. Σκοπός της δεξιάς κοιλίας είναι η αποστολή του «αποξυγονωμένου» πια αίματος μέσω των πνευμονικών αρτηριών στους δύο πνεύμονες με σκοπό να ξαναεμπλουτισθεί με

οξυγόνο και να αποβάλλει το CO<sub>2</sub>. Από τους πνεύμονες το ανανεωμένο με οξυγόνο αίμα μεταφέρεται στην αριστερή κοιλία για να ξαναρχίσει ο νέος κύκλος της πορείας του.

## ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σε έντονη παρατεταμένη άσκηση οι ανάγκες για οξυγόνο στους σκελετικούς μυς με τη ταυτόχρονη απομάκρυνση των αχρήστων προϊόντων του μεταβολισμού αυξάνουν. Αυτό δημιουργεί ανάγκη στη καρδιά να κτυπάει γρηγορότερα, ώστε να αυξηθεί η καρδιακή παροχή και συνεπώς η παροχή αίματος που μεταφέρει οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά (λιπαρά οξέα και γλυκόζη) προς τους εργαζόμενους μυς.

Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει τη μεταφορά των αναφερομένων θρεπτικών συστατικών και οξυγόνου στα μιτοχόνδρια όπου κάτω από τον έλεγχο των αερόβιων ενζύμων σχηματίζουν ATP, νερό και CO<sub>2</sub>.

Εάν το οξυγόνο δεν επαρκεί για τις μυϊκές ανάγκες και η ένταση της άσκησης διατηρείται, η παροχή των επιπρόσθετων ενεργειακών αναγκών θα προέλθει δια μέσου του αναερόβιου μεταβολισμού, ο οποίος θεωρείται υποστηρικτικός μηχανισμός του αερόβιου.

Ομως, τα μυϊκά κύτταρα διαθέτουν περιορισμένα αποθέματα σε ATP και PC, τα οποία μπορούν να δώσουν ενέργεια 8 - 10 δευτερόλεπτα για άσκηση μέγιστης έντασης. Επιπλέον, τα μυϊκά κύτταρα μπορούν να φτιάξουν ATP από γλυκόζη χωρίς οξυγόνο. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου κάτω από τον έλεγχο των αναερόβιων ενζύμων. Αυτό όμως προκαλεί τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα με αποτέλεσμα αίσθηση πόνου και κόπωση στο άτομο.

Η αναερόβια ημιτελή καύση της γλυκόζης είναι 18 φορές λιγότερη αποτελεσματική στη παραγωγή ATP, απότι η πλήρης καύση της ίδιας ποσότητας γλυκόζης μέσω του αερόβιου μεταβολισμού.

Συνεπώς, η ικανότητα της καρδιάς και των πνευμόνων να μεταφέρουν οξυγόνο στους εργαζόμενους μυς και η ικανότητα των μυών να καταναλώσει αυτή τη ποσότητα του οξυγόνου καθορίζει την ικανότητα του ατόμου για άσκηση μακράς διάρκειας. Αυτό γιατί μόνο ο αερόβιος μεταβολισμός είναι εκείνος που αφήνει ελεύθερα και ανεμπόδιστα χωρίς μεταβολικά προϊόντα κόπωσης τα ενεργειακά αποθέματα στη ροή παραγωγής ενέργειας.

Η ικανότητα όμως ενός ατόμου για μέγιστο μυϊκό έργο θα εξαρτάται από τις ατομικές του ικανότητες τόσο για μέγιστη παραγωγή αερόβιας ενέργειας όσο και για μέγιστη παραγωγή αναερόβιας ενέργειας. Ομως, στις αγωνιστικές προσπάθειες έχουμε να κάνουμε με παραγωγή ενέργειας σε σχέση πάντα με τη χρονική διάρκεια που εφαρμόζεται. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να αναφερόμαστε ότι:

**Μέγιστο μυϊκό έργο = μέγιστη αερόβια ισχύς + μέγιστη αναερόβια ισχύς**

## **Καρδιακή παροχή**

Κατά τη διάρκεια της άσκησης οι ενεργειακές απαιτήσεις ανταπεξέρχονται με δύο βασικές αλλαγές στη ροή του αίματος: 1) καρδιακή παροχή και 2) ανακατανομή της ροής του αίματος.

Η καρδιακή παροχή είναι η ποσότητα του αίματος που στέλνει η καρδιά στους εργαζόμενους μυς. Είναι το γινόμενο του όγκου παλμού (ποσότητα αίματος που στέλνει η καρδιά σε κάθε κτύπο της) και της καρδιακής συχνότητας το λεπτό. Κατά τη διάρκεια της ηρεμίας η καρδιακή παροχή ανέρχεται σε 5 περίπου λίτρα το λεπτό ενώ κατά τη διάρκεια μέγιστης άσκησης μπορεί να αυξηθεί στα 30 λίτρα ανά λεπτό ή και λίγο περισσότερο.

Η άσκηση μέγιστης έντασης επιφέρει αύξηση της καρδιακής παροχής η οποία είναι αποτέλεσμα μόνο της αύξησης του όγκου παλμού αφού η μέγιστη καρδιακή συχνότητα του ατόμου δεν μεταβάλλεται. Η μέγιστη καρδιακή συχνότητα του ατόμου ελαττώνεται με την ηλικία από περίπου 200 κτύπους το λεπτό που μπορεί να έχει σε ηλικία 20 χρόνων σε περίπου 160 κτύπους το λεπτό σε ηλικία 60 χρόνων.

Ίσως η μέγιστη καρδιακή συχνότητα να επηρεάζεται από το φύλο, με τις γυναίκες να διαθέτουν λίγο υψηλότερη μέγιστη καρδιακή συχνότητα, σε σχέση με τους άνδρες.

Η αύξηση του όγκου παλμού είναι επακόλουθο της αυξημένης σε μέγεθος «αθλητικής καρδιάς» και της μεγαλύτερης συσταλτικότητας του μυοκαρδίου, δηλαδή σε κάθε κτύπο και φεύγει περισσότερο αίμα και εξακοντίζεται με μεγαλύτερη δύναμη προς όλο το σώμα.

Η υπερτροφία της καρδιάς θεωρείται αποτέλεσμα χρόνιας προπονητικής προσαρμογής του οργανισμού στις καθημερινές υψηλές λειτουργικές ανάγκες που επιφέρει η φυσιολογική επιβάρυνση της προπόνησης αντοχής. Ως αποτέλεσμα, κατά την ηρεμία και κατά την διάρκεια της άσκησης η αυξημένη καρδιακή παροχή της καρδιάς θα απαιτεί λιγότερους κτύπους το λεπτό δηλώνοντας προπονητική προσαρμογή της καρδιάς με βελτίωση της ικανότητάς της.

## **Ανακατανομή της ροής του αίματος**

Κατά τη διάρκεια της ηρεμίας 15-20% του συνολικού ποσού αίματος ρέει στους σκελετικούς μυς. Όμως κατά τη διάρκεια της άσκησης 85-90% του συνολικού ποσού αίματος ρέει προς τους εργαζόμενους μυς. Για να γίνει αυτό ανακατανέμεται η ροή του αίματος από τα όργανα του σώματος (στομάχι, νεφρά, όργανα αναπαραγωγής) προς τους εργαζόμενους μυς, έτσι ώστε αυτοί να λαβαίνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της καρδιακής παροχής.

Η αύξηση της ροής του αίματος προς τους εργαζόμενους μυς συντελείται διότι οι μεγάλες αρτηρίες που οδηγούν προς αυτούς διαστέλλονται ενώ αντίθετα οι αρτηρίες

των άλλων οργάνων του σώματος συστέλλονται με αποτέλεσμα τα όργανα αυτά να αιματώνονται λιγότερο.

Με τη προπόνηση το όλον σύστημα γίνεται ακόμη πιο αποτελεσματικό ώστε να παρέχει στους εργαζόμενους μυς το απαραίτητο αίμα που χρειάζονται για τη παεραγωγή ενέργειας. Αφού μεταφέρεται περισσότερο οξυγόνο και απομακρύνονται γρηγορότερα τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού που δημιουργούν κόπωση. Με τη προπόνηση η αιμάτωση των μυών αυξάνει ακόμη περισσότερο αφού αυξάνει και ο αριθμός των τριχειιδών αγγείων (μικρά μικροσκοπικά αγγεία που το κάθενα χωριστά μεταφέρει ένα μόριο οξυγόνου κάθε φορά) που περιβάλλουν τους εργαζόμενους μυς.

Για να μπορέσει όμως η καρδιακή παροχή να παραμένει επαρκής στην αιμάτωση των μυών πρέπει το αίμα να επιστρέφει πάλι πίσω στη καρδιά, καθώς η καρδιά μπορεί να στέλνει τόσο αίμα στους μυς όσο λαμβάνει. Ως εκ τούτου η καρδιακή παροχή στους μυς εξαρτάται από τη ποσότητα αίματος που επιστρέφει πίσω στη καρδιά.

Ο μηχανισμός ο οποίος εξασφαλίζει αυτή την επιστροφή αίματος στη καρδιά είναι η ίδια συστολή των μυών που με την επαναληπτικότητά τους οι φλέβες συμπίεζονται και το αίμα που μεταφέρουν κατευθύνεται προς τη καρδιά. Οι φλέβες δε αυτές περιέχουν και πολλές βαλβίδες στο εσωτερικό τους τοίχωμα, ώστε να εμποδίζεται η παλινδρόμηση του αίματος προς τα πίσω και η μόνη επιλογή που υπάρχει για το αίμα είναι η κατεύθυνσή του προς τα εμπρός.

Για το λόγο αυτό συνιστάται να μην παραμένουμε για πολλή ώρα όρθιοι ακίνητοι αφήνοντας έτσι το αίμα να λιμνάζει στα άκρα και να παρεμποδίζεται η επιστροφή του προς τη καρδιά, καθώς δημιουργείται ο κίνδυνος να λιποθυμήσουμε. Είναι η κίνηση των μυών, έστω και με τη κίνηση του αργού περπατήματος που εξασφαλίζει την επιστροφή του αίματος στη καρδιά.

### **Καρδιακή συχνότητα**

Είναι γνωστό, ότι όσο το καρδιαγγειακό σύστημα βελτιώνεται εξαιτίας μιας συστηματικής προπονητικής αγωγής στο να παράγει ενέργεια και μεγαλύτερη σε ποσότητα και πιο γρήγορα σε άσκηση μέγιστης έντασης, τόσο το όλον σύστημα γίνεται οικονομικότερο σε μέτρια άσκηση και στην ηρεμία.

Στη μεν ηρεμία δημιουργείται μία **βραδυκάρδια**, χαμηλότερη δηλαδή καρδιακή συχνότητα από τη συνήθη, η οποία υπολογίζεται περίπου στους 72 κτύπους το λεπτό για τον άνδρα και 80 κτύπους το λεπτό για τη γυναίκα . Αντίθετα, σε αθλητές ιδίως αθλημάτων αντοχής οι καρδιακές συχνότητες ηρεμίας είναι πολύ χαμηλότερες με καταγραμμένη σε μαραθωνοδρόμους μέχρι και 35 κτύπους το λεπτό.

Στη δε άσκηση μέτριας έντασης εμφανίζεται χαμηλότερη καρδιακή συχνότητα για το ίδιο μυϊκό έργο της ίδιας επιβάρυνσης πριν το άτομο ξεκινήσει συστηματικά να αθλείται. Έτσι χρησιμοποιώντας ένα έργο με σταθερά επιβάρυνση, μπορούμε να

χρησιμοποιήσουμε την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας αμέσως μετά το τερματισμό της προσπάθειας ως δείκτη φυσικής κατάστασης του ατόμου.

Προσαρμογή του ατόμου στην επιβάρυνση και βελτίωση της αντοχής του σημαίνει ότι η καρδιακή του συχνότητα για το ίδιο μυϊκό έργο θα είναι χαμηλότερη μετά από λίγο καιρό, ή ότι με την ίδια καρδιακή συχνότητα μπορεί να εκτελέσει μυϊκό έργο σε μεγαλύτερη επιβάρυνση.

### **Αρτηριακή πίεση και άσκηση**

Κατά τη διάρκεια της άσκησης η πίεση του αίματος αυξάνει εφόσον αυξάνει η καρδιακή παροχή. Η άσκηση επηρεάζει πολύ περισσότερο τη συστολική πίεση του αίματος (μεγάλη) απότι τη διαστολική (μικρά), καθώς η άσκηση μέσω της αγγειοδιαστολής των αρτηριακών αγγείων που οδηγούν στους εργαζόμενους μυς μειώνει τις περιφερικές αντιστάσεις, ελαχιστοποιώντας έτσι τις αλλαγές στη διαστολική πίεση. Με τη συστηματική άσκηση μεώνεται στην ηρεμία η μέση αρτηριακή πίεση αφού η αϊμάτωση των μυών είναι μεγαλύτερη και οι περιφερικές αντιστάσεις μειωμένες.