

1

Φυσιολογικές Ανταποκρίσεις στην Άσκηση

CLYDE WILLIAMS
Loughborough University UK

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

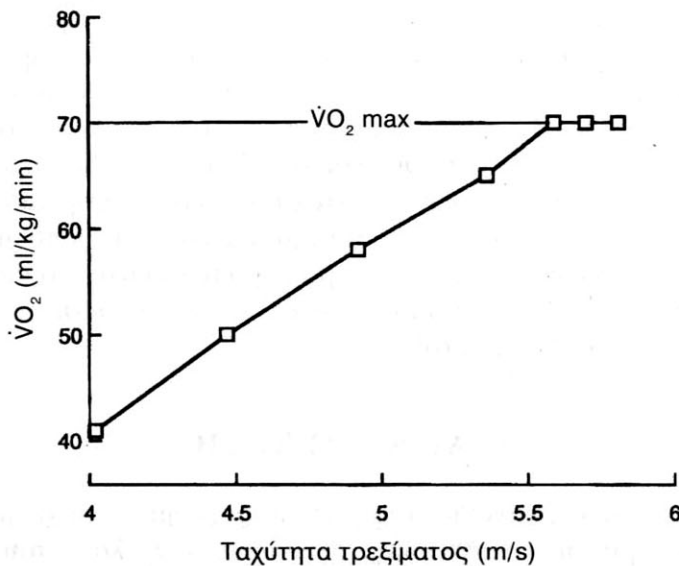
Η άσκηση αποτελεί γενικά πρόκληση για την ανθρώπινη φυσιολογία και ειδικότερα για το μεταβολισμό των μυών. Το πώς ανταποκρινόμαστε σε αυτές τις ανάγκες εξαρτάται από την ένταση της άσκησης, τη διάρκειά της, τη φυσική μας κατάσταση και τη διατροφική μας κατάσταση. Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει συνοπτικά τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις στην άσκηση που υποστηρίζουν το μυϊκό μεταβολισμό. Οι περιγραφές του μεταβολισμού των υδατανθράκων κατά την άσκηση αλλά και μετά από αυτή βασίζονται σε μελέτες σε μη-διαβητικά υγιή δραστήρια άτομα. Οι τρόποι με τους οποίους η άσκηση επηρεάζει το μεταβολισμό των υδατανθράκων στα άτομα με διαβήτη αναλύονται στα Κεφάλαια 2 και 3 και σε προηγούμενα άρθρα για το θέμα αυτό^{1,2}.

ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Καθώς περπατούμε, κάνουμε ποδήλατο ή τρέχουμε, υπάρχει μια παράλληλη αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου ($\dot{V}O_2$) λόγω του αερόβιου μεταβολισμού που συνδέεται με την ένταση της άσκησης. Αυτή

η γραμμική σχέση μεταξύ του αερόβιου μεταβολισμού και της έντασης της άσκησης ισχύει για τις περισσότερες μορφές φυσικής άσκησης. Η πρόσληψη του οξυγόνου συνεχίζει να αυξάνεται με την ένταση της άσκησης μέχρι να φθάσουμε στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_2 \text{max}$). Η άσκηση μπορεί να συνεχιστεί σε μεγαλύτερη ένταση για μικρό χρονικό διάστημα χωρίς περαιτέρω αύξηση της πρόσληψης οξυγόνου (Εικόνα 1.1).

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου συνήθως προσδιορίζεται κατά την άσκηση σε διάδρομο ή σε ποδήλατο εργόμετρο. Η ένταση της άσκησης αυξάνεται σταδιακά, είτε με σύντομα διαστήματα μεταξύ κάθε σταδίου ή συνεχώς μέχρις ότου ο ασκούμενος να αισθανθεί κόπωση. Πρόκειται για μεθόδους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί η $\dot{V}O_2 \text{max}$ και δεν χρειάζονται πολύπλοκο και δαπανηρό εργαστηριακό εξοπλισμό. Μία τέτοια μέθοδος είναι μια δοκιμασία τρεξίματος πολλαπλών σταδίων που απαιτεί κασετόφωνο και χώρο 20 μέτρων για να γίνει³. Πρόκειται για μια δοκιμασία που μπορεί να κάνουν αγύμναστα και γυμνασμένα άτομα, καθώς χρειάζεται ελάχιστες ικανότητες για να γίνει και να αξιολογηθεί.



Εικόνα 1.1 Σχηματική απεικόνιση (βάσει πραγματικών δεδομένων) της σχέσης μεταξύ κόστους σε οξυγόνο τρεξίματος σε επίπεδο διάδρομο και με ταχύτητα τρεξίματος (m/s) κατά την αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ενός αθλητή $\dot{V}O_2 \text{max}$.

Το μέγεθος της εξατομικευμένης μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, από τους οποίους οι πιο σημαντικοί είναι η ηλικία, το φύλο, το ύψος, το βάρος, το σύνθητες επίπεδο σωματικής άσκησης και κληρονομικοί παράγοντες⁴. Ο γενετικός παράγοντας εμφανίζει τη σημαντικότερη επίδραση στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου που μπορεί ένα άτομο να δαπανήσει κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς συμβάλει μέχρι και στο 90% της $\dot{V}O_{2max}$ ενός ατόμου⁵. Όμως, τα περισσότερα άτομα, εκτός των αθλητών αντοχής, δεν πλησιάζουν σε καμία περίπτωση το γενετικό τους όριο για $\dot{V}O_{2max}$. Ο βαθμός της σωματικής άσκησης καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου κάθε ατόμου. Αυτή η σχέση ισχύει σίγουρα για τους αθλητές που συναγωνίζονται σε δρόμους μεγάλων αποστάσεων^{6,7}. Οι καλύτεροι αθλητές αντοχής μπορούν να αυξήσουν την πρόσληψη οξυγόνου τους από τις τιμές εν ηρεμία περίπου 0.25 l/min σε μέγιστη τιμή 5.0 l/min κατά τη διάρκεια της μέγιστης άσκησης που διαρκεί 2-3 λεπτά.

Τα βασικά στοιχεία στο σύστημα μεταφοράς οξυγόνου περιγράφονται στην εξίσωση Fick (βλέπε Πίνακα 1.1). Οι τιμές εν ηρεμία της καρδιακής παροχής, της διαφοράς αρτηριοφλεβικού οξυγόνου και της πρόσληψης οξυγόνου είναι παρόμοιες στα άτομα που κάνουν καθιστική ζωή και σε όσους προπονούνται. Όμως, οι καλά γυμνασμένοι αθλητές έχουν μέγιστη καρδιακή απόδοση πάνω από 30 l/min⁸ που τους επιτρέπει να αυξάνουν την κατανάλωση οξυγόνου στο 20πλάσιο πάνω από τις τιμές σε ανάπαυση, ενώ τα δραστήρια, αλλά όχι καλά γυμνασμένα άτομα μπορούν να επιτύχουν αύξηση στις τιμές της πρόσληψης οξυγόνου στο 12πλάσιο κατά τη διάρκεια της πιο έντονης άσκησης.

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ποικίλει με την ηλικία και φθάνει

Πίνακας 1.1. Εξίσωση Fick

Εξίσωση Fick	
$\dot{V}O_2$	= Καρδιακός ρυθμός x όγκος παλμού x διαφορά αρτηριοφλεβικού οξυγόνου
Ανάπαυση	
0.25 l/min ($\dot{V}O_2$)	= 5.0 l/min (Q) x 50 ml/l (A-v O_2)
Μέγιστη άσκηση	
Αθλητές 5.0 l/min ($\dot{V}O_{2max}$)	= 30 l/min ⁻¹ (Q(max)) x 166 ml/l ⁻¹ (A-v O_2)
Ενεργή 3.0 l/min ⁻¹ ($\dot{V}O_{2max}$)	= 22 l/min ⁻¹ (Q(max)) x 136 ml/l ⁻¹ (A-v O_2)

στη μέγιστη τιμή στη δεύτερη δεκαετία της ζωής, ενώ από εκεί και μετά μειώνεται⁴. Ο βαθμός μείωσης του $\dot{V}O_2\max$ είναι μεγαλύτερος στα άτομα που δεν ασκούνται καθημερινά ιδιαίτερα εντατικά και μικρότερος σε όσους έχουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο σωματικής άσκησης σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους⁹.

ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΤΩΤΕΡΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ

Οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις στην άσκηση που είναι κατώτερη της μέγιστης δεν είναι απλά ανάλογες της ταχύτητας του πχ. βαδίσματος, τρεξίματος, της ποδηλασίας ή της κολύμβησης, αλλά της *σχετικής έντασης της άσκησης*. Η σχετική ένταση της άσκησης ορίζεται ως το κόστος μίας άσκησης σε οξυγόνο εκφρασμένο σε ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου από το άτομο ($\% \dot{V}O_2\max$).

ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ

Η προπόνηση βελτιώνει την παροχή οξυγόνου αυξάνοντας τον όγκο παλμού (της ποσότητας αίματος που εξωθείται με κάθε παλμό της καρδιάς). Αυτό στη συνέχεια, αυξάνει τη μέγιστη καρδιακή παροχή χωρίς σοβαρές αλλαγές στο μέγιστο καρδιακό ρυθμό, που παραμένει αμετάβλητος ή μπορεί και να μειωθεί. Η προπόνηση αυξάνει επίσης την απόλυτη ποσότητα αιμοσφαιρίνης στο αίμα (αλλά όχι τη συγκέντρωση). Έτσι είναι σχετικά συνηθισμένο στους αθλητές να έχουν συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης στα κατώτερα φυσιολογικά όρια¹⁰. Η εμφανής μείωση της συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης με την άσκηση αποτελεί συνέπεια μίας σχετικά μεγαλύτερης αύξησης στον όγκο του πλάσματος σε σύγκριση με την περιεχόμενη αιμοσφαιρίνη¹¹.

Η άσκηση αυξάνει επίσης την πυκνότητα των τριχοειδών γύρω από μεμονωμένες μυϊκές ίνες και έτσι η παροχή οξυγόνου στους μυς γίνεται πιο αποτελεσματική¹². Η αύξηση της πυκνότητας των μιτοχονδρίων στους μυς επιτρέπει μεγαλύτερη αποδέσμευση οξυγόνου κατά την άσκηση και αυξάνει την ικανότητα αντοχής ενός ατόμου κατά τη διάρκεια άσκησης κατώτερης της μέγιστης χωρίς να επέρχονται αλλαγές στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Ένας παράγοντας που συμβάλλει στη βελτιωμένη αντοχή στην άσκηση ενδεχομένως να είναι η

αυξημένη ικανότητα των ασκουμένων μυών να παίρνουν οξυγόνο από το αίμα, γεγονός που επιτρέπει τη μειωμένη σκελετική μυϊκή ροή του αίματος κατά τη διάρκεια άσκησης κατώτερης της μέγιστης^{13,14}. Η καρδιακή αγγειακή ανταπόκριση στην άσκηση, μαζί με την αύξηση του αερόβιου μεταβολισμού των λιπαρών οξέων για την παροχή ενέργειας έχει ως συνέπεια τη μείωση του σχηματισμού γαλακτικού οξέος, και έτσι εξηγείται η βελτίωση στην ικανότητα άσκησης μετά την προπόνηση.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

Οι σκελετικοί μύες περιέχουν δύο βασικούς τύπους μυϊκών ινών : τις ταχέως συσπώμενες ίνες ταχείας κόπωσης (Τύπος II) και τις βραδέως συσπώμενες ίνες βραδείας κόπωσης (Τύπος I). Οι ταχέως συσπώμενες ίνες Τύπου II παράγουν την πηγή ενέργειας, την τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP), κυρίως διασπώντας τα αποθέματά τους σε γλυκογόνο (γλυκογονόλυση). Εκτός από τον ταχύ σχηματισμό ATP, παράγουν επίσης γαλακτικό οξύ ή πιο σωστά, γαλακτικά ιόντα και ιόντα υδρογόνου. Η συσσώρευση ιόντων υδρογόνου στις μυϊκές ίνες Τύπου II συμβάλλει στην εκδήλωση κόπωσης κατά τους αγώνες ταχύτητας. Η προπόνηση βελτιώνει την αερόβιο ικανότητα αυτών των ινών, ώστε ο οξειδωτικός μεταβολισμός του γλυκογόνου να συμβάλλει περισσότερο στην παραγωγή ATP.

Αντίθετα, οι βραδέως συσπώμενες, βραδείας κόπωσης ίνες Τύπου I παράγουν ATP με οξειδωτικό μεταβολισμό λιπαρών οξέων, γλυκόζης και γλυκογόνου. Η μεγαλύτερη οξειδωτική ικανότητα αυτών των ινών είναι απόρροια της μεγαλύτερης μιτοχονδριακής τους πυκνότητας και καλύτερης χρησιμοποίησης οξυγόνου από τις ίνες Τύπου II. Οι σκελετικοί μύες των καλύτερων μαραθωνοδρόμων περιέχουν περισσότερες ίνες Τύπου I απ' ό,τι ίνες Τύπου II, ενώ το αντίστροφο ισχύει για τους καλύτερους αθλητές αγώνων ταχύτητας¹⁵. Ο μαραθωνοδρόμος που έχει μικρό μόνο ποσοστό ινών Τύπου II, μπορεί βέβαια να χάσει στο τέλος του Μαραθωνίου, αν χρειάζεται αγώνας ταχύτητας στο νήμα του τερματισμού, από κάποιον συναθλητή του που έχει μεγαλύτερη αναλογία ινών Τύπου II.

Κατά την άσκηση αυξημένης έντασης, πρώτα χρησιμοποιούνται οι ίνες Τύπου I και στη συνέχεια οι ίνες Τύπου II. Αυτό το συμπέρα-