

John C. Hill • Inigo San-Millan

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Στις πρώιμες ημέρες των αθλητικών δρώμενων, οι προπονητές και οι αθλητές μάθαιναν μέσω δοκιμής και λάθους ότι δεν μπορούσαν σύγχρονα να αναπτύξουν μέγιστη αντοχή και μέγιστη ισχύ. Ανακάλυψαν ότι με την καθιέρωση πρώτα μιας αερόβιας βάσης αντοχής και αργότερα με την προσθήκη της ταχύτερης προπόνησης θα μπορούσαν να κορυφώσουν στους κατάλληλους χρόνους.
- Δεν ήταν μέχρι τη δεκαετία του 1960 που η μέλετη της άσκησης ως επιστήμη διαδόθηκε και οι σταδιακές μεταβολές στις προπονητικές μεθόδους συνέβησαν τη δεκαετία του 1970. Μέχρι τη δεκαετία του 1980, η επιστήμη της άσκησης αναπτύχθηκε με άλματα και η έκρηξη στην επιστημονική πληροφορία συνέχισε ακόμα και κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990. Τώρα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αποδείξεις που σταχυολογούνται από μελέτες που αφορούν σε κορυφαίους ποδηλάτες, δρομείς, κολυμβητές, κωπηλάτες και τριαθλητές για την καλύτερη κατανόηση των φυσιολογικών συστατικών στοιχείων που δύναται να προωθηθούν για να επιτραπεί απόδοση σε υψηλότερα και πιο οικονομικά αερόβια ενδεχόμενα που δεν θεωρούνταν ποτέ πιθανά.
- Η αερόβια φυσική κατάσταση μετράται σε δύο βασικές συνιστώσες: Στις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές (κεντρικές) και τις μυικές μεταβολικές προσαρμογές (τοπικές).
- Οι ελίτ αθλητές αντοχής έχουν άριστες τιμές για τα δύο αυτά φυσιολογικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αληθές για τους αθλητές αναψυχής. Ένα πολύ υψηλό μέτρο μέγιστης καρδιοαναπνευστικής ικανότητας ενδέχεται να είναι ένα γενετικό φαινόμενο που μόνο λίγα άτομα κατέχουν αλλά οι μυικές μεταβολικές προσαρμογές βελτιώνονται σημαντικά με τις κατάλληλες τεχνικές προπόνησης (Εικόνα 18-1, βλ. επίσης Εικόνα 17-3).

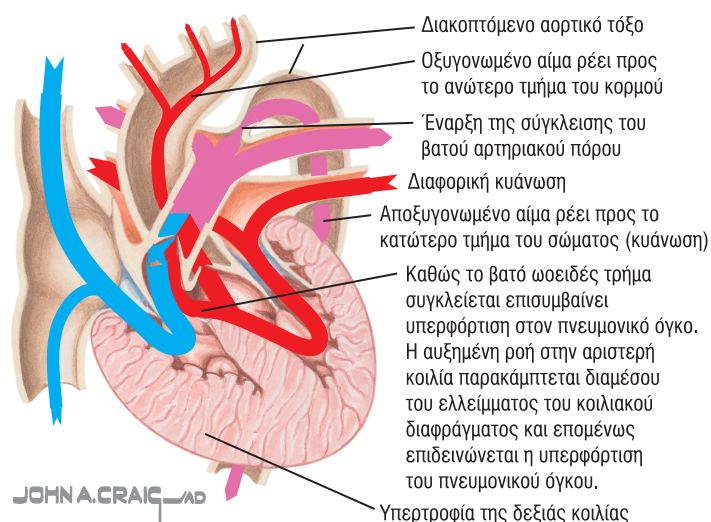
ΟΙ ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΩΝ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

- Οι σκελετικοί μύες έχουν πολύ υψηλές απαιτήσεις για οξυγόνο κατά τη διάρκεια της άσκησης.
- Τόσο το καρδιαγγειακό όσο και το αναπνευστικό σύστημα πρέπει να εργάζονται μαζί για να επιτευχθεί η διανομή του οξυγόνου στους μύς.

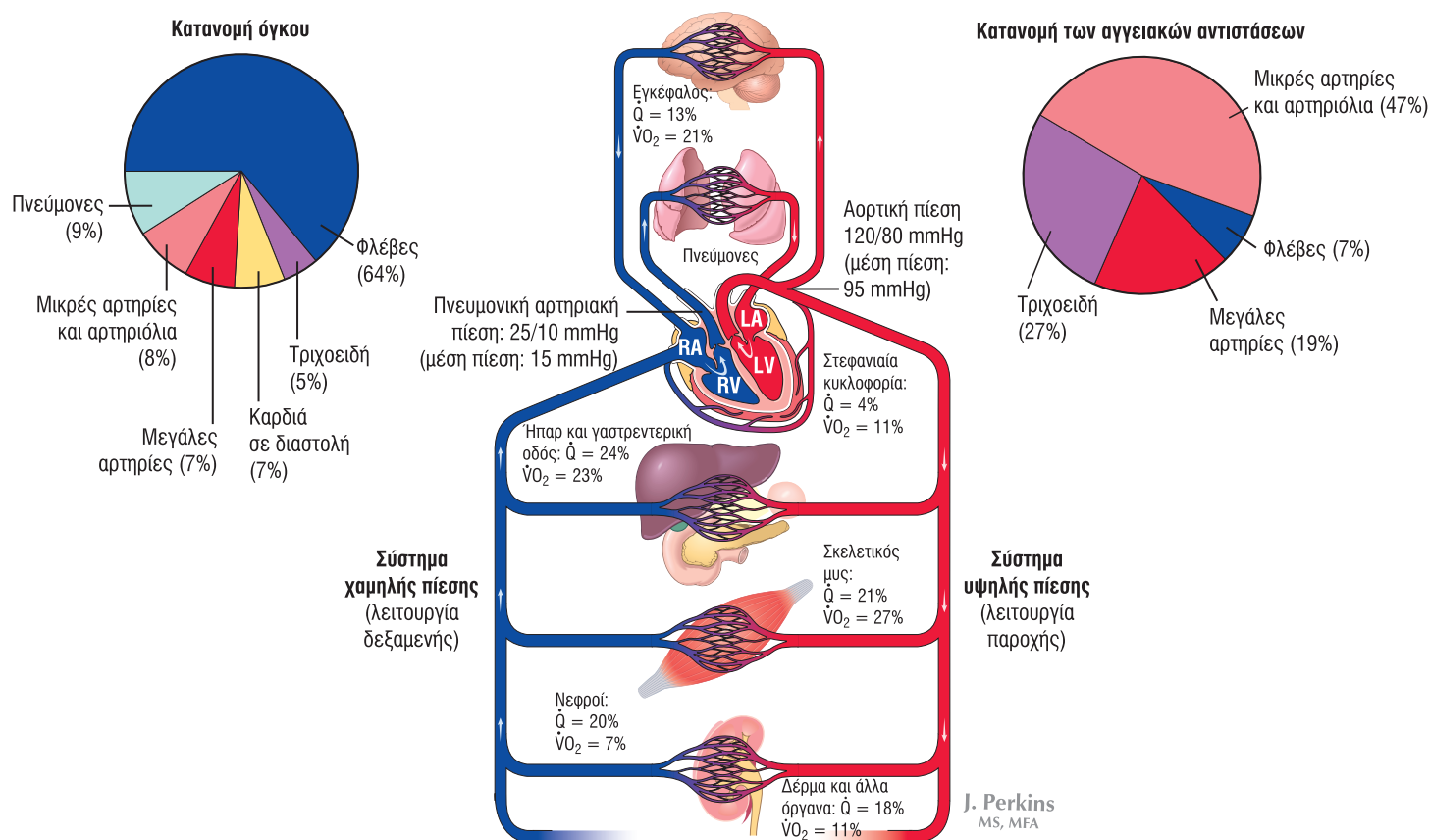
- Αυτή η καρδιοαναπνευστική απόκριση στην άσκηση αντανακλά τις κεντρικές προσαρμογές στην άσκηση. Ωστόσο, υπάρχουν άλλα στοιχεία που είναι κρίσιμα για την αθλητική απόδοση.
- Άπαξ το οξυγόνο διανεμηθεί στους μύς, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα.
- Επιπλέον, οι μύες πρέπει να συνθέτουν τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) για την παραγωγή της μυικής συστολής και τη λειτουργία. Η ATP συντίθεται από τους υδράνθρακες (άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο [CHO]), τα λίπη και τις πρωτεΐνες στα μιτοχόνδρια.
- Ο μυικός μεταβολισμός κατά τη διάρκεια της άσκησης εκλύει διαφορετικά υποπροϊόντα όπως το γαλακτικό οξύ το οποίο πρέπει να μεταβολιστεί επαρκώς. Αυτές οι μεταβολικές αποκρίσεις στους σκελετικούς μύς αναπαριστούν τις τοπικές προσαρμογές στην άσκηση.
- Την τελευταία δεκαετία, έχει παραχθεί αρκετή έρευνα όσον αφορά στην βελτίωση της κατανόησης του μυικού μεταβολισμού και οι τοπικές προσαρμογές κατά τη διάρκεια της άσκησης ενδέχεται να είναι πιο σημαντικές όταν πρόκειται για την αθλητική απόδοση.

Οι καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές – Κεντρικές

- Το καρδιαγγειακό σύστημα έχει κεντρικές και περιφερικές συνιστώσες (Εικόνα 18-2):
 - **Οι κεντρικές συνιστώσες** περιλαμβάνουν τον καρδιακό ρυθμό (ΚΡ), τον όγκο παλμού (ΟΠ) και την καρδιακή παροχή (ΚΠ) ($ΚΠ = ΚΡ \times ΟΠ$).



Εικόνα 18-1 Η φυσιολογική προσαρμογή στην άσκηση



Εικόνα 18-2 Οι συνιστώσες του καρδιαγγειακού συστήματος.

• Οι περιφερικές συνιστώσες

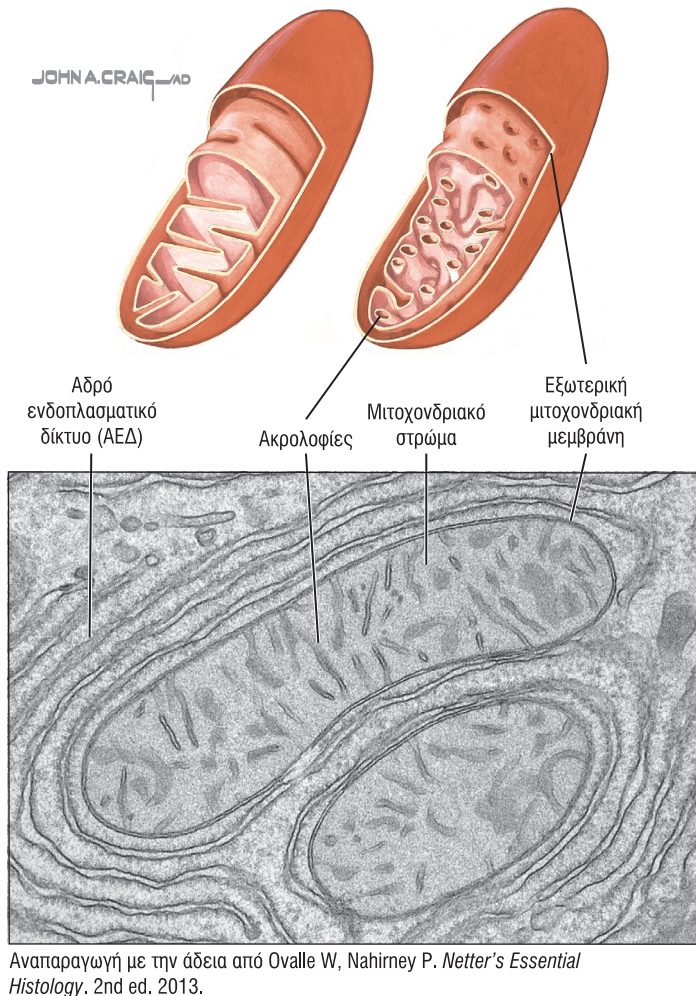
- Αρτηριακή-μικτή φλεβική διαφορά οξυγόνου (α - $\dot{V}O_2$ διαφορά)
- Η ικανότητα των ιστών να εξάγουν και να χρησιμοποιούν το οξυγόνο για την ανασύνθεση της ATP αποτελεί μια ακόμα πρωτογενή συνιστώσα του καρδιαγγειακού συστήματος κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας.
- Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου ($\dot{V}O_2 \max$)
 - $\dot{V}O_2 \max$ αποτελεί τη μέγιστη χωρητικότητα που το σώμα πρέπει να μεταφέρει και να χρησιμοποιήσει το οξυγόνο κατά τη διάρκεια της άσκησης και αναπαριστά τις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές στην άσκηση καθώς και την αερόβια ικανότητα ενός ατόμου.
 - Η μέτρηση της $\dot{V}O_2 \max$ θεωρείται το “χρυσό πρότυπο” για την αερόβια ικανότητα στους αθλητές.
 - Γενικά, εκφράζεται σε χιλιοστόλιτρα του O_2 που καταναλώνεται ανά κιλό σωματικής μάζας ανά λεπτό (ml/kg/min) και ενδέχεται επίσης να εκφραστεί σε λίτρα ανά λεπτό (L/min).
- Κυρίως καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και περιορίζεται από ορισμένες δομικές συνιστώσες όπως το μέγεθος της καρδιάς, ο ΟΠ και η χωρητικότητα των πνευμόνων.
- Επειδή το οξυγόνο χρησιμοποιείται από τα μιτοχόνδρια, υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ της ικανότητας των μιτοχονδρίων και των μιτοχονδριακών οξειδωτικών

ενζύμων που αποτελούν τμήμα των τοπικών συνιστωσών της φυσιολογίας ενός αθλητή.

- Παρόλο που έχει δοθεί σημαντική προσοχή στην $\dot{V}O_2 \max$ με τα χρόνια, οι πιο πρόσφατες γνώσεις και οι θεωρήσεις για το μυϊκό μεταβολισμό δείχνουν ότι η $\dot{V}O_2 \max$ αποτελεί πτωχό δείκτη της απόδοσης, ιδίως στους ανταγωνιστικούς αθλητές.
- Επιπρόσθετα, έχει καταγραφεί ότι πολλοί ελίτ αθλητές βελτιώνουν ιδιαίτερα τις επιδόσεις τους καθόλη τη διάρκεια της καριέρας τους χωρίς να βελτιώνουν τις $\dot{V}O_2 \max$.
- Έχει καταγραφεί σαφώς ότι οι τοπικές μεταβολές στο μεταβολικό επίπεδο στους σκελετικούς μυς ευθύνονται σε μεγάλο ποσοστό και είναι κρίσιμες για τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης.

Οι μυϊκές μεταβολικές προσαρμογές – Οι τοπικές προσαρμογές

- Η ικανότητα των ανθρώπων να ασκούνται τελικά εξαρτάται από την ικανότητα μετατροπής της χημικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια, που τελικά λαμβάνει χώρα στα μιτοχόνδρια των σκελετικών μυών. Επομένως, τα μιτοχόνδρια (Εικόνα 18-3) αποτελούν τους πιο σημαντικούς παίκτες στο μεταβολισμό των σκελετικών μυών και την αθλητική απόδοση.
- Τα λίπη, ο άνθρακας το υδρογόνο και το οξυγόνο και οι πρωτεΐνες οξειδώνονται στα μιτοχόνδρια για τη σύνθε-



Εικόνα 18-3 Σχηματική αναπαράσταση των μιτοχονδρίων και εικόνα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου των μιτοχονδρίων σε ένα ηπατοκύτταρο.

ση της ATP. Αν και σε πολύ υψηλά ποσοστά κυτταρικής γλυκολυτικής ροής και υπό αναερόβιες συνθήκες, η γλυκόζη οξειδώνεται σε κυτοσόλη συνθέτοντας δύο ATP και παράγοντας γαλακτικό οξύ.

- Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά των ινών των σκελετικών μυών διαδραματίζουν ένα ζωτικό ρόλο στο μυϊκό μεταβολισμό, στη χρήση του υποστρώματος και στη σύνθεση της ATP.
- Ο σκελετικός μυς αποτελείται από τριών ειδών μυϊκές ίνες:
 - Βραδείας σύσπασης/ερυθρές/οξειδωτικές μυϊκές ίνες που ονομάζονται και Τύπου I.
 - Ταχείας σύσπασης/λευκές/γλυκολυτικές μυϊκές ίνες που ονομάζονται και Τύπου II και υποδιαιρούνται σε δύο υποομάδες που ονομάζονται Τύπου IIa και IIb.
- Η σύσπαση των μυϊκών ινών υπακούει σε ένα διαδοχικό πρότυπο επιστράτευσης που συσχετίζεται με την ένταση της άσκησης όπου οι Τύπου I μυϊκές ίνες επιστρατεύονται πρώτες σε χαμηλότερες εντάσεις.
- Καθώς η ένταση της άσκησης αυξάνει, οι Τύπου IIa και τελικά οι Τύπου IIb ίνες επιστρατεύονται.
- Κάθε μυϊκή ίνα έχει διαφορετικές βιοχημικές ιδιότητες και επομένως διαφορετικές μεταβολικές συμπεριφορές κατά τη διάρκεια της άσκησης (Εικόνα 18-4).

Τύπου I Μυϊκές Ίνες

- Μικρός κινητικός νευρώνας με διάμετρο ινιδίου, υψηλή πυκνότητα μιτοχονδρίων και τριχοειδών και αυξημένο περιεχόμενο μυοσφαιρίνης και οξειδωτικών ενζύμων.
- Διαθέτουν μια υψηλή ικανότητα να οξειδώνουν τον ελεύθερο λιπώδη ιστό από το υποδόριο λίπος και από τα ενδομυϊκά τριγλυκερίδια.
- Αν και έχουν το βραδύτερο χρόνο συστολής και τη μικρότερη παραγωγή δύναμης από όλες τις ίνες, έχουν την υψηλότερη αντίσταση στην κόπωση.
- Οι Τύπου I μυϊκές ίνες κυρίως συσπώνται κατά τη διάρκεια δρῶμενων αντοχής.

Οι Τύπου IIa Μυϊκές Ίνες

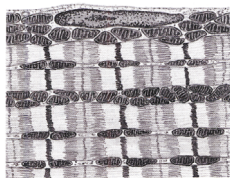
- Κατέχουν έναν μεγαλύτερο κινητικό νευρώνα και διάμετρο ινιδίου, υψηλή γλυκολυτική ικανότητα και καλή ή μέτρια οξειδωτική ικανότητα αν και όχι τόσο όσο οι Τύπου I μυϊκές ίνες.
- Η πυκνότητα των μιτοχονδρίων και η ικανότητα οξειδωσης του λίπους είναι μικρότερες από αυτές των Τύπου I μυϊκών ινών.
- Έχουν υψηλότερο περιεχόμενο γλυκογόνου και γλυκολυτικών ενζύμων, επομένως η οξείδωση της γλυκόζης είναι υψηλότερη.
- Ο χρόνος συστολής είναι μεγαλύτερος και η αντίσταση στην κόπωση μικρότερη σε σύγκριση με τις Τύπου I μυϊκές ίνες.
- Επειδή οι περισσότεροι ανταγωνισμού εκτελούνται σε υψηλές εντάσεις, στη γλυκολυτική κατάσταση, οι τύπου IIa μυϊκές ίνες διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στους περισσότερους αθλητές συμπεριλαμβανομένων των αθλητών αντοχής.

Οι Τύπου IIb Μυϊκές Ίνες

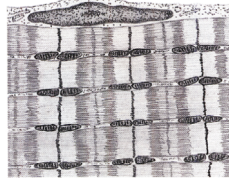
- Ονομάζονται και ταχείες γλυκολυτικές ή ταχείες λευκές.
- Έχουν ταχύτερο χρόνο συστολής και μεγαλύτερη δύναμη από όλες τις ίνες.
- Η πυκνότητα των μιτοχονδρίων είναι πολύ χαμηλή και το μεγαλύτερο μέρος της σύνθεσης της ATP στις ίνες αυτές προέρχεται από την αναερόβια γλυκόλυση και από την αποθηκευμένη ATP και την φωσφοκρεατίνη (phosphocreatine, PC), που προσδένεται στην ADP που υδrolύεται από την ATP για την αναγέννηση της ATP.
- Οι Τύπου IIb μυϊκές ίνες είναι αμιγείς αναερόβιες ίνες και είναι ιδιαίτερα κρίσιμες σε αθλητικά δρώμενα πολύ βραχείας διάρκειας και υψηλής έντασης, όπως σε έναν αγώνα σπριντ 400-m.

Ο ΜΥΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΒΙΟΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ

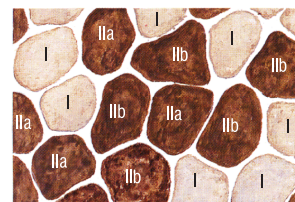
- Η σύνθεση της ATP παράγεται από τον αναερόβιο και τον αερόβιο μεταβολισμό, πρωτογενώς από τα λίπη και από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο (υδατάνθρακες), με ορισμένη συμβολή από τα αμινοξέα που προέρχονται από πρωτεΐνες.



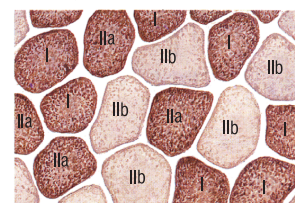
Τύπος I. Σκούρα ή ερυθρή ίνα. Μεγάλα διάχυτα μιτοχόνδρια κάτω από το σαρκομήλημα και σε σειρές καθώς και σε ζεύγη σε διαϊνιδικές περιοχές. Οι γραμμές Z πλατύτερες σε σύγκριση με τον τύπο II.



Τύπος II. Ανοιχτές ή λευκές μυϊκές ίνες σκελετικού μυός σε επιμήκη διατομή στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Μικρά, σχετικά διάσπαρτα μιτοχόνδρια, κυρίως σε ζεύγη στα διαϊνιδικά διαστήματα στις γραμμές.



Εγκάρσια τομή των σκελετικών μυϊκών ινών με χρώση ATPάσης



Πανομοίωτη τομή με χρώση SDH

Ιστοχημική ταξινόμηση

Τύπος ίνας

1. Ταχείας σύσπασης, υπό εύκολη κόπωση (IIβ)

Χρώση βαθιά για την ATPάση, πτωχή για την αφυδρογονάση του σουκινικού οξέος (SDH), ένα μιτοχονδριακό ένζυμο ενεργό στον κύκλο του κιτρικού οξέος. Επομένως, οι ίνες ταχέως παράγουν ενέργεια από το ATP αλλά την αναπαράγουν πτωχά και επομένως υφίστανται κάματο.

2. Ταχείας σύσπασης, ανθεκτικές στην κόπωση (IIa)

Βαθεία χρώση τόσο για την ATPάση, όσο και για την SDH. Επομένως, οι ίνες απελευθερώνουν ταχέως ενέργεια από την ATP και επίσης ταχέως αναπαράγουν ATP στον κύκλο του κιτρικού οξέος, επομένως αντιστέκονται στην κόπωση.

3. Βραδείας σύσπασης, ανθεκτικές στην κόπωση (I)

Πτωχή χρώση για την ATPάση αλλά βαθιά για την SDH. Επομένως, οι ίνες απελευθερώνουν μόνο βραδέως ενέργεια από την ATP αλλά αναπαράγουν την ATP ταχέως, επομένως ανθίστανται στην κόπωση.

Χρώση ATPάσης



Χρώση SDH



Δρομέας ταχύτητας

Η προπόνηση επάγει μια μεγαλύτερη αναλογία ινών τύπου IIβ σε σχέση με τις ίνες τύπου IIa.



Δρομέας μαραθωνίου

Οι ίνες τύπου IIa είναι αυξημένες σε σχέση με τις ίνες τύπου IIβ.

Χαρακτηριστικά των τριών τύπων μυϊκών ινών			
Τύπος ίνας	Τύπος I	Τύπος IIa	Τύπος IIβ
	Βραδείας σύσπασης (BΣ)	Ταχείας σύσπασης (ΤΣ IIa)	Ταχείας σύσπασης (ΤΣ IIβ)
Χρόνος σύσπασης	Βραδύς	Ταχύς	Πολύ ταχύς
Αντίσταση στην κόπωση	Υψηλή	Διάμεση	Χαμηλή
Μεταβολισμός	Οξειδωτικός Αερόβιος	Οξειδωτικός Αερόβιος	Αναερόβιος
Παραγωγή δύναμης	Χαμηλή	Υψηλή	Πολύ υψηλή
Πυκνότητα μιτοχονδρίων	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Πυκνότητα τριχοειδών	Υψηλή	Διάμεση	Χαμηλή
Οξειδωτική ικανότητα	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Γλυκολυτική ικανότητα	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται	Λίπος	Υδατάνθρακες	Υδατάνθρακες, ATP, φωσφορική κρεατίνη

Εικόνα 18-4 Οι τύποι των μυϊκών ινών.

- Το λίπος αποθηκεύεται πρωτογενώς στο λιπώδη ιστό αλλά επίσης αποθηκεύεται σε μικρά ποσά στους σκελετικούς μυς.
- Ο άνθρακας, το υδρογόνο και το οξυγόνο (υδατάνθρακες) αποθηκεύονται με τη μορφή του γλυκογόνου στους σκελετικούς μυς (κατά προσέγγιση 80%) και στο ήπαρ (κατά προσέγγιση 15%).
- Η ένταση της άσκησης, η φυσιολογική καταπόνηση και τα πρότυπα επιστράτευσης της μυϊκής ίνας υπαγορεύουν το ενεργειακό σύστημα και τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται.

Ο ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΛΙΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Τα λίπη ή τα λιπίδια αποτελούν την προτιμώμενη ενεργειακή πηγή κατά τη διάρκεια της άσκησης αντοχής.
- Το μεγαλύτερο μέρος της χρησιμοποίησης επισυμβαίνει στις Τύπου I μυϊκές ίνες.
- Μια υψηλά εννορηστρομένη διαδικασία, που αρχίζει με τον λιπώδη ιστό και τελειώνει με τα μιτοχόνδρια στους σκελετικούς μυς.
- Το λίπος που αποθηκεύεται στον λιπώδη ιστό αποδομείται με τη λιπόλυση σε ελεύθερα λιπαρά οξέα (ΕΛΟ) τα οποία πρέπει μεταγενέστερα να ταξιδέψουν διαμέσου του αίματος στους σκελετικούς μυς.
- Άπαξ και βρεθούν στους σκελετικούς μυς, τα ΕΛΟ προσδένονται στο συνένζυμο A (συνΑ) για το σχηματισμό λιπαρού ακυλ-συνΑ, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται διαμέσου της εξωτερικής μεμβράνης των μιτοχονδρίων από την παλμιτοϊλική μεταφοράση της καρνιτίνης I (carnitine-palmitoyl transferase I, CPT-I) και τελικά μεταφέρεται στο στρώμα των μιτοχονδρίων από την καρνιτίνη.

σμό λιπαρού ακυλ-συνΑ, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται διαμέσου της εξωτερικής μεμβράνης των μιτοχονδρίων από την παλμιτοϊλική μεταφοράση της καρνιτίνης I (carnitine-palmitoyl transferase I, CPT-I) και τελικά μεταφέρεται στο στρώμα των μιτοχονδρίων από την καρνιτίνη.

- Άπαξ και βρεθεί εντός του στρώματος του μιτοχονδρίου, τα ΕΛΟ υφίστανται β-οξειδωση όπου το λιπαρό ακυλ-συνΑ αποδομείται σε ακετυλ-συνΑ, το οποίο δύναται να εισέλθει στον κύκλο του κιτρικού οξέος για τη σύνθεση της ATP.
- Επιπλέον, το κυτταρόπλασμα του σκελετικού μυός αποθηκεύει ορισμένα λίπη που ονομάζονται ενδομυϊκά τριγλυκερίδια (EMTG), τα οποία αποθηκεύονται πλησίον των μιτοχονδρίων και δύναται να συμβάλουν στην παραγωγή ενέργειας. Με βάση το επίπεδο φυσικής κατάστασης, τα EMTG δύναται να συμβάλλουν έως και 15%–30% όλης της οξειδωσης των λιπών μέσω της άσκησης.
- Το πλεονέκτημα του μεταβολισμού των λιπών έγκειται στο ότι οι αποθήκες λίπους είναι απεριόριστες και ακόμα και τα πιο ισχνά άτομα δεν θα εξαντλήσουν τις αποθήκες λίπους.
- Επομένως, το λίπος είναι το προτιμώμενο υπόστρωμα για δραστηριότητα αντοχής κατά τη διάρκεια ασκήσεων χαμηλότερης έντασης.
- Ωστόσο, καθώς η ένταση της άσκησης αυξάνει, η ATP πρέπει να συντεθεί ταχύτερα και το λίπος δεν δύναται να οξειδωθεί ταχέως για να εκπληρώσει τις υψηλές

απαιτήσεις σε ATP. Στο σημείο αυτό, το σώμα αρχίζει να χρησιμοποιεί έναν ταχύτερο τύπο υποστρώματος: Άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο (υδατάνθρακες).

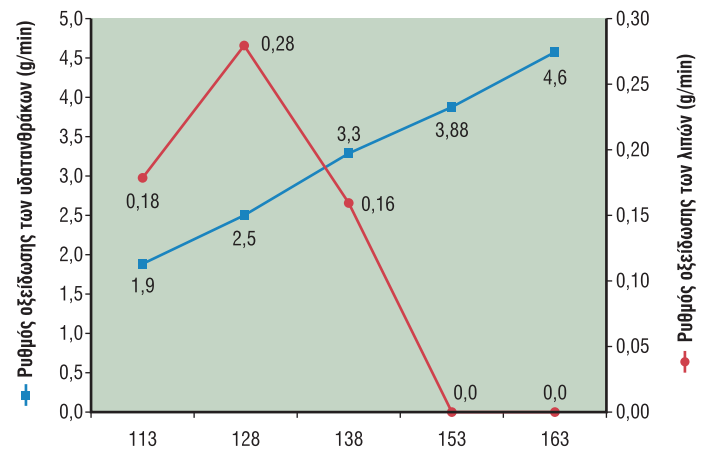
Ο ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Καθώς η ένταση της άσκησης αυξάνει οι υδατάνθρακες κινητοποιούνται και τελικά γίνονται η προτιμώμενη πηγή καυσίμου από τους σκελετικούς μυς.
- Οι υδατάνθρακες αποθηκεύονται στους σκελετικούς μυς (80%), στο ήπαρ (15%), και με τη μορφή του γλυκογόνου (5% στη μορφή της γλυκόζης στο αίμα).
- Η αποθήκευση του γλυκογόνου είναι περιορισμένη (300–600 g) ανάλογα με το μέγεθος και το βάρος ενός αθλητή.
- Το γλυκογόνο δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τους σκελετικούς μυς για την αποκόμιση ενέργειας και πρέπει να αποδομηθεί σε γλυκόζη διαμέσου μιας διαδικασίας που ονομάζεται γλυκογονόλυση.
- Στους μυς, η γλυκόζη οξειδώνεται σε ATP διαμέσου μιας διαδικασίας πολλών βημάτων που ονομάζεται γλυκόλυση και καταλήγει στο σχηματισμό πυροϋβικού οξέος, το οποίο στη συνέχεια οξειδώνεται περαιτέρω σε ακετυλ-συνΑ για τη σύνθεση ATP διαμέσου του κύκλου του κιτρικού οξέος στα μιτοχόνδρια.
- Σε υψηλότερες εντάσεις, το λίπος δεν συνθέτει ATP αρκετά γρήγορα και όλη η σύνθεση ATP επιτυγχάνεται μέσω της γλυκόλυσης.
- Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία των υδατανθράκων για τη σύνθεση της ATP κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης άσκησης, οι κατάλληλες αποθήκες γλυκογόνου αποτελούν το κλειδί για την αθλητική απόδοση.
- Το λίπος αποτελεί το προτιμώμενο καύσιμο έως και εντάσεις άσκησης κατά προσέγγιση 55%–75% της $\dot{V}O_2$ max, αν και οι υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται επίσης σε χαμηλό ποσοστό.
- Σε υψηλότερης έντασης άσκηση άνω του 75% της $\dot{V}O_2$ max, η ATP πρέπει να συντεθεί σε ταχύτερο ρυθμό για να εκπληρωθούν οι συστατικές απαιτήσεις των μυών.
- Το λίπος δεν δύναται να συνθέσει ATP αρκετά γρήγορα, και επομένως, οι υδατάνθρακες γίνονται η κύρια πηγή ενέργειας από τους σκελετικούς μυς έως και 100% της $\dot{V}O_2$ max.
- Όταν οι εντάσεις της άσκησης είναι σχεδόν μέγιστες, η ATP δεν δύναται να παραχθεί ούτε από το λίπος ούτε από τους υδατάνθρακες και αναλαμβάνει ο αναερόβιος μεταβολισμός μέσω του συστήματος PC και της κινητοποίησης της ATP που είναι αποθηκευμένη στους σκελετικούς μυς (Εικόνα 18-5).

Ο ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

- Οι πρωτεΐνες συμβάλλουν ελάχιστα στην παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης.
- Η ολική ενέργεια που παράγεται κυμαίνεται στο 3%–10% ανάλογα με την ένταση της άσκησης και τη διάρ-

Οι ρυθμοί οξείδωσης των λιπών και των υδατανθράκων έναντι του καρδιακού ρυθμού



Εικόνα 18-5 Η χρησιμοποίηση του λίπους και των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Καθώς η ένταση της άσκησης αυξάνει, η χρησιμοποίηση του λίπους μειώνεται και τελικά εξαφανίζεται και η χρησιμοποίηση των υδατανθράκων αυξάνει.

κεια.

- Η πρωτεΐνη (κυρίως η πρωτεΐνη των σκελετικών μυών) αποδομείται σε αμινοξέα για οξείδωση.
 - Τα αμινοξέα διακλαδιζόμενης αλυσού (ΑΔΑ) διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια της άσκησης.
 - Η λευκίνη, η ισολευκίνη και η βαλίνη σχηματίζουν ΑΔΑ και δύναται να διαδραματίσουν ζωτικούς ρόλους κατά τη διάρκεια της άσκησης, ιδίως σε χαμηλές αποθήκες γλυκογόνου, όπου η χρήση των ΑΔΑ για σύνθεση ATP αυξάνει.
 - Ένα άλλο σημαντικό αμινοξύ είναι η αλανίνη, που συντίθεται στους σκελετικούς μυς και στη συνέχεια εξαγεται στο ήπαρ για να μετατραπεί σε γλυκόζη μέσω του κύκλου γλυκόζης-αλανίνης σε μια διαδικασία που ονομάζεται γλυκονεογένεση.

Ο ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

- Το γαλακτικό οξύ αποτελεί υποπροϊόν της χρησιμοποίησης της γλυκόζης από τα μυϊκά κύτταρα.
- Όσο υψηλότερη είναι η ροή της γλυκόζης εντός του κυττάρου τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή του γαλακτικού οξέος, ανεξάρτητα από τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου.
- Ιστορικά, το γαλακτικό οξύ θεωρούνταν ως ένα απόβλητο προϊόν της αναερόβιας άσκησης, ένα απόβλητο προϊόν που μπορούσε ακόμα και να κρυσταλλωθεί και να προκαλέσει μυϊκό κάματο.
- Οι μελέτες για το γαλακτικό οξύ χρονολογούνται στον 19ο αιώνα όταν το 1863, ένας βραβευμένος με Nobel, ο Λουίς Παστέρ, πρότεινε ότι το γαλακτικό οξύ παράγεται από την έλλειψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια της μυϊκής σύσπασης.
- Μόνο προς τα τέλη του 20ου αιώνα έγινε σαφής η ση-

μασία του γαλακτικού οξέος και ο ρόλος κλειδί αυτού στην άσκηση και το μεταβολισμό, κυρίως χάρη στον Δρ. Τζορτζ Μπρους, από το Πανεπιστήμιο Καλιφόρνια στο Μπέρκλεϊ, ο οποίος μελέτησε εκτενώς το γαλακτικό οξύ για περισσότερο από 40 έτη. Το έργο του δείχνει ότι ο σχηματισμός του γαλακτικού οξέος επισημαίνεται υπό αερόβιες συνθήκες, ότι το γαλακτικό οξύ δεν αποτελεί απόβλητο προϊόν και ότι το γαλακτικό οξύ είναι η πιο κρίσιμη γλυκονεογενική πρόδρομη ουσία (παραγωγός νέας γλυκόζης) στο σώμα. Κατά προσέγγιση 30% όλης της γλυκόζης που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της άσκησης προέρχεται από την «ανακύκλωση» του γαλακτικού οξέος σε γλυκόζη.

- Η υψηλής έντασης άσκηση συσχετίζεται με υψηλή γλυκολυτική δραστηριότητα στις Τύπου II μυϊκές ίνες, που καταλήγει στην παραγωγή υψηλών ποσών γαλακτικού οξέος, ακόμα και υπό αερόβιες συνθήκες.
- Κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης, η παραγωγή γαλακτικού οξέος είναι πολλαπλάσια υψηλότερη από τα επίπεδα ηρεμίας, ο σχηματισμός υπερβαίνει την κάθαρση, και η απελευθέρωση ιόντων υδρογόνου (H^+) που συσχετίζονται με το γαλακτικό οξύ δύναται να προκαλέσει μια σημαντική μείωση στο pH του μυός υπό σύσπαση καταλήγοντας σε οξείδωση.
- Αυτή η υπέρμετρη συσσώρευση H^+ , όχι μόνο από το γαλακτικό οξύ αλλά επίσης και από την αποδόμηση της ATP για τη μυϊκή συστολή (υδρόλυση της ATP), ενδέχεται να παρεμβαίνει με τη μυϊκή συστολή σε διαφορετικές θέσεις που ανταγωνίζονται το ασβέστιο (Ca^{++}) για τη θέση πρόσδεσης της τροπονίνης C (μια πρωτεΐνη που συμμετέχει στη ρύθμιση της μυϊκής συστολής).
- Επιπρόσθετα, τα H^+ ενδέχεται να αναστέλλουν την απελευθέρωση Ca^{++} και την επαναπρόσληψη από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, το οποίο συμμετέχει στη μυϊκή συστολή.
- Οι δράσεις αυτές ενδέχεται να καταλήξουν σε μειωμένη ικανότητα μυϊκής συστολής, που δύναται να προκαλέσει σημαντική μείωση στη δύναμη συστολής αιχμής καθώς και στην ταχύτητα μέγιστης μυϊκής βράχυνσης και στην απόδοση.
- Το γαλακτικό οξύ οξειδώνεται διαμέσου ενός ιδιαίτερα αναπτυγμένου συμπλέγματος που ονομάζεται μιτοχονδριακό σύμπλεγμα οξείδωσης του γαλακτικού οξέος (μΣΟΓ) και περιλαμβάνει τον μονοκαρβοξυλικό μεταφορέα-1 (MKM1), τον συνοδό του (CD147), μια μιτοχονδριακή δεϋδρογενάση του γαλακτικού οξέος (μΔΓΟ) και την οξειδάση του κυτοχρώματος (ΚοΞ).
- Η ικανότητα κάθαρσης του γαλακτικού οξέος είναι πιθανότατα η πιο σημαντική ικανότητα στους αθλητές αντοχής και η φυσιολογική παράμετρος που διακρίνει τους περισσότερους αθλητές (Πίνακας 18-1).

Ο ΟΥΔΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

- Ο ουδός του γαλακτικού οξέος (ΟΓΟ) είναι πιθανότατα ο όρος που χρησιμοποιείται πιο συχνά από τους προπονητές και τους αθλητές παγκοσμίως.

Πίνακας 18-1 Οι διαφορές στο γαλακτικό οξύ στο αίμα μεταξύ ανταγωνιστικών ποδηλατιστών διαφορετικών επιπέδων

Φορτίο	Νέος ποδηλάτης	Κορυφαίος ερασιτέχνης	Μέσος όρος προ του αγώνα	Παγκόσμιας τάξης
w/kg	Γαλακτικό οξύ αίματος (mmol/L)	Γαλακτικό οξύ αίματος (mmol/L)	Γαλακτικό οξύ αίματος (mmol/L)	Γαλακτικό οξύ αίματος (mmol/L)
3	1,3	1,1	1,1	0,8
3,5	1,8	1,3	1,2	0,8
4	3	2,3	2	0,96
4,5	6,6	3,5	3,2	1,8
5	10	7,6	5,8	3,1
5,5		9,2	8,2	5,2
6				8,9

*Τροποποιημένο από San Millán I, González-Haro C, Sagasti M. Physiological differences between road cyclists of different categories. A new approach. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):64-65.

Όπως παρατηρείται, η ικανότητα κάθαρσης του γαλακτικού οξέος στους αθλητές παγκόσμιας τάξης είναι αξιοσημείωτη σε σύγκριση ακόμα και σε επαγγελματίες αθλητές.

- Πιο συχνά γνωστός ως η ένταση της άσκησης ή η συγκέντρωση στο αίμα του γαλακτικού οξέος που δύναται να διατηρήσει ένας αθλητής κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης προσπάθειας για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- **Μερικές φορές αναφέρεται ως αερόβιος ουδός, που είναι ανακριβής όρος επειδή το γαλακτικό οξύ παράγεται συνεχώς υπό αερόβιες συνθήκες.**
- Ο ΟΓΟ αποτελεί το σημείο στο οποίο ο ρυθμός παραγωγής του γαλακτικού οξέος υπερβαίνει την κάθαρση και αρχίζει να συσσωρεύεται στον σκελετικό μυ, καταλήγοντας στην εξαγωγή στον κυκλοφορικό σύστημα. Στο σημείο αυτό, η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τη γλυκόζη και το γλυκογόνο.
- Ο υψηλότερος ΟΓΟ ως ποσοστό της $\dot{V}O_2$ max επιτρέπει στους αθλητές να παράγουν περισσότερη ισχύ και να διατηρούν μεγαλύτερης διάρκειας προσπάθειες.
- Ο ΟΓΟ ενδέχεται να είναι τόσο χαμηλός όσο το 40%–50% $\dot{V}O_2$ max σε άτομα με καθιστικό τρόπο ζωής και ενδέχεται να είναι 80%–90% $\dot{V}O_2$ max σε υψηλά προπονημένους αερόβιους αθλητές, που επίσης επιτυγχάνουν υψηλότερη $\dot{V}O_2$ max.
- Εάν δύο ποδηλάτες έχουν πανομοιότυπη μέγιστη αερόβια ικανότητα, αλλά ο ένας έχει ΟΓΟ στο 70% $\dot{V}O_2$ max και ο άλλος έχει ΟΓΟ στο 90% $\dot{V}O_2$ max, ο τελευταίος έχει ένα σημαντικό φυσιολογικό πλεονέκτημα σε μια δοκιμασία αντοχής κεφαλής προς κεφαλή.
- Σε σύγκριση με την αερόβια ικανότητα, που είναι σχετικά μικτή και συσχετίζεται με τις γενετικές ικανότητες, ο ΟΓΟ είναι ιδιαίτερα εκπαιδευσιμος. **Οι φυσιολόγοι της άσκησης έχουν αποδείξει σε πολλαπλές μελέτες και**

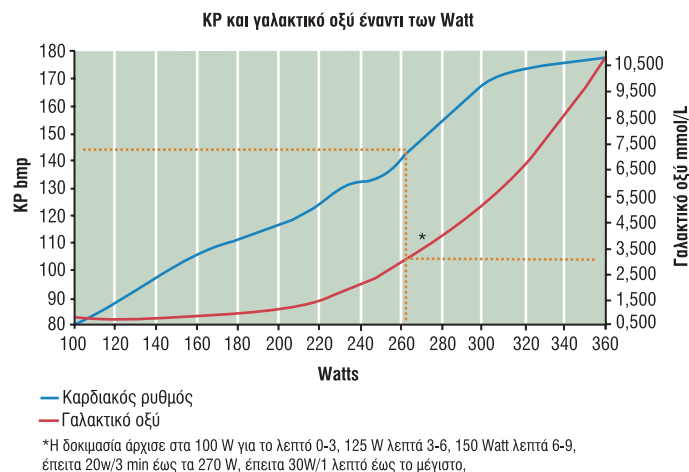
σε υψηλά προπονημένους αθλητές ότι τα προγράμματα που βασίζονται στη βελτίωση των ουδών του γαλακτικού οξέος είναι ιδιαίτερα δραστικά.

Καθορίζοντας τον ουδό του γαλακτικού οξέος

- Μια δοκιμασία άσκησης δύναται να καθορίσει τον ουδό του γαλακτικού οξέος (ΟΓ) ενός αθλητή.
- Το γαλακτικό οξύ συσσωρεύεται στο αίμα όταν οι απαιτήσεις για παραγωγή ενέργειας είναι τόσο υψηλές ώστε το σώμα δεν δύναται πλέον να απομακρύνει το γαλακτικό οξύ από τους σκελετικούς μυς.
- Όταν ο ΟΓ υπερκεράζεται, το γαλακτικό οξύ συσσωρεύεται στους μυς και επακολουθεί η κόπωση. **Το επίπεδο της έντασης της άσκησης στο οποίο οι συσταλτές δυνάμεις στο μυ αρχίζουν να απενεργοποιούνται είναι ο ΟΓ** (Εικόνα 18-6).
- Ο βέλτιστος τρόπος για να καθοριστεί ο ΟΓ για έναν ποδηλάτη είναι η ίππευση ενός στατικού ποδηλάτου σε μια δεδομένη ένταση για 45 λεπτά στο εργαστήριο. Ο ίδιος τύπος δοκιμασίας δύναται να διεξαχθεί για έναν δρομέα σε έναν διάδρομο. Ένα μικρό δείγμα αίματος συλλέγεται από τον δάκτυλο ή από τον λοβό του ωτός και αναλύεται για γαλακτικό οξύ. Το φορτίο αυξάνει έπειτα ελαφρώς. Η διαδικασία δειγματοληψίας επαναλαμβάνεται κάθε λίγα λεπτά μετά από την αύξηση του φορτίου (Εικόνα 18-7). Οι τιμές της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος σημειώνονται σε διάγραμμα με την κατανάλωση του οξυγόνου και τον καρδιακό ρυθμό. Όταν τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος αυξάνουν απότομα, σημειώνονται ως ουδός του γαλακτικού οξέος. Η αύξηση στον αναπνευστικό ρυθμό αντιστοιχεί στα αυξανόμενα επίπεδα γαλακτικού οξέος. Η άσκηση συνεχίζεται σε ένα σημείο απόλυτης εξάντλησης, το οποίο δείχνει την $\dot{V}O_2 \max$. Μεταγενέστερα, ένα εύρος καρδιακών ρυθμών ή παροχών ισχύος υπολογίζεται για την καθοδήγηση του ποδηλάτη όσον αφορά στην ένταση της προπόνησης (βλ. Πίνακα 18-2).

Η ικανότητα κάθαρσης του γαλακτικού οξέος κατά την προπόνηση και ο ουδός του γαλακτικού οξέος

- Το γαλακτικό οξύ που παράγεται πρωτογενώς στις τα-



Εικόνα 18-6 Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά και ο ουδός του γαλακτικού οξέος ενός ποδηλάτη δρόμου. Καθώς η προσπάθεια αυξάνει, ο καρδιακός ρυθμός αυξάνει αλλά τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος στον ορό παραμένουν σταθερά έως μια προσπάθεια των 264 Watts και έναν καρδιακό ρυθμό των 145, όπου τα επίπεδα γαλακτικού οξέος αρχίζουν να αυξάνουν εκθετικά. Αυτό δείχνει τον ουδό του γαλακτικού οξέος.

χείας σύσπασης μυϊκές ίνες ως το υποπροϊόν της υπέρμετρης χρησιμοποίησης γλυκόζης απομακρύνεται κατά προτίμηση από τα μιτοχόνδρια των βραδείας σύσπασης μυϊκών ινών στο μιτοχονδριακό σύμπλεγμα οξειδωτικής του γαλακτικού οξέος (μΣΟΓ).

- Η ισχυρή μιτοχονδριακή ικανότητα στις Τύπου Ι μυϊκές ίνες είναι κρίσιμη για την ιδεατή απόδοση.
- Το τυπικό προπονητικό σφάλμα έγκειται στην προπόνηση στον ΟΓ για τη βελτίωση της ικανότητας κάθαρσης του γαλακτικού οξέος. Αυτό δεν είναι αρκετά ακριβές επειδή τα μιτοχόνδρια στις βραδείας σύσπασης μυϊκές ίνες απομακρύνουν το γαλακτικό οξύ μέσω του μΣΟΓ. Συνεπώς, είναι σημαντικό να προπονούνται οι βραδείας σύσπασης μυϊκές ίνες για την αύξηση του μΣΟΓ.
- Η προπόνηση αντοχής, ιδίως στην Ζ2 (βλ. Πίνακα 18-2), είναι ουσιώδης για τη βελτίωση της λειτουργίας των Τύπου Ι μυϊκών ινών, της χωρητικότητας των μιτοχονδρίων και του μΣΟΓ.
- Η προπόνηση στον ΟΓ είναι ουσιώδης για τη βελτίωση των γλυκολυτικών ινών (Τύπος IIa) και του μηχανικού εξοπλισμού τους ("Στροβιλοσυμπίεστής"). Η προπόνη-

Πίνακας 18-2 Παραδείγματα του καρδιακού ρυθμού και δυναμικές ζώνες προπόνησης

ΣΑΠ	Ζώνη	Περιγραφή ζώνης	ΚΡ	Ισχύς	% του ΟΓΚΡ
<10	1	Ενεργή αποκατάσταση	<102	<150	65%-81%
10-12	2	Αντοχή	103-125	151-200	82%-88%
13-14	3	Τέμπο	126-141	201-245	89%-93%
15-16	4	Ουδός γαλακτικού οξέος	142-159	246-286	94%-100%
17-18	5	$\dot{V}O_2 \max$	160-165	286-350	101%-105%
19-20	6	Αναερόβια ικανότητα	165+	350+	106%+

Ο καρδιακός ρυθμός και οι μετρικές ζώνες ισχύος ως % του οδού του γαλακτικού οξέος για έναν αθλητή (βλ. Εικόνα 18-7) για τον οποίο ο ουδός του γαλακτικού οξέος παρατηρήθηκε σε ΚΡ 145 και σε ισχύ 264 Watts. ΣΑΠ (Σχετική Αντιλαμβανόμενη Προσπάθεια Borg).

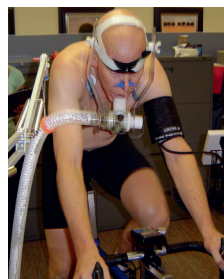
ση στον ΟΓ πρέπει να αποτελεί το τμήμα κλειδί ενός συνοπτικού και ανταγωνιστικού προπονητικού προγράμματος.

Ο υπολογισμός στο γήπεδο του καρδιακού ρυθμού στον ουδό του γαλακτικού οξέος

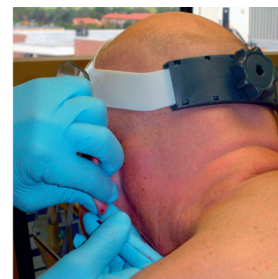
- Για τον καθορισμό του καρδιακού ρυθμού στον ουδό του γαλακτικού οξέος (ΚΡΟΓ) είτε στην ποδηλασία είτε στο τρέξιμο, πρέπει να συμπληρωθεί μια 30 λεπτή χρονική δοκιμή ως εξής. Βρείτε μια πορεία που είναι σχετικά επίπεδη. Εκτελέστε την προθέρμανση όπως θα κάνατε πριν από έναν σύντομο αγώνα και έπειτα αρχίστε την χρονική δοκιμή. Αρχίστε την καταγραφή του καρδιακού ρυθμού άμεσα, κατά προτίμηση ένα σύστημα καταγραφής με κατάσταση λειτουργίας στον μέσο όρο του καρδιακού ρυθμού. Η προσπάθεια αυτής της χρονικής δοκιμής πρέπει να προσομοιάζει τον αγώνα- μέγιστη ένταση. Δέκα λεπτά εντός της χρονικής δοκιμής (20 λεπτά για να ξεκινήσει) πατήστε το κουμπί του “γύρου [του αγώνα]” στο σύστημα καταγραφής του καρδιακού ρυθμού για τα τελευταία 20 λεπτά όταν τελειώσετε. Η τιμή αυτή είναι μια προσέγγιση του ΚΡΟΓ.
- Προσέξτε τον καρδιακό ρυθμό όταν παρατηρείται μια αίσθηση καύσου στις κνήμες με την έναρξη βαρειάς αναπνοής. Η διόρθωση του ΚΡΟΓ θα επισυμβεί με τις επαναλήψεις της δοκιμασίας, ιδίως μέσω της παρατήρησης του καρδιακού ρυθμού σε σχέση με την αναπνοή κατά τη διάρκεια των προπονήσεων.

Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

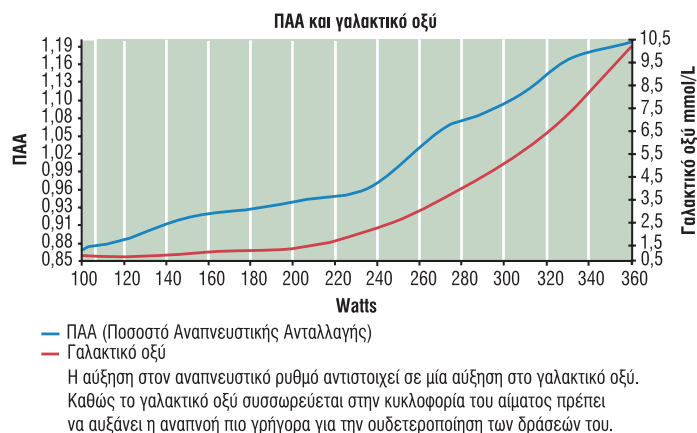
- Σε σύγκριση με τους δρομείς και τους ποδηλάτες αναψυχής, οι ελίτ δρομείς και ποδηλάτες χρησιμοποιούν λιγότερο οξυγόνο για να διατηρούν έναν σταθερό υπο-μέγιστο ρυθμό.
- Η παγκόσμιας τάξης δρομείς φαίνεται να κινούνται χωρίς προσπάθεια και οι ελίτ αθλητές χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή της ίδιας παροχής ισχύος όπως και οι μη ελίτ αθλητές.
- Η οικονομία αναφέρεται στην χαμηλότερη χρήση οξυγόνου και θερμίδων για την εκτέλεση της ίδιας ποσότητας έργου.
- Γίνεται πιο σημαντική σε δρώμενα μεγάλης αντοχής και κατά τη διάρκεια αγώνων (Εικόνα 18-8)
- **Η κόπωση δύναται επίσης να επηρεάσει αρνητικά την οικονομία.** Όσο μεγαλύτερη η διάρκεια του αγώνα, τόσο πιο κρίσιμη γίνεται η οικονομία στον καθορισμό του τελικού νικητή.
- **Όπως και με τον ουδό του γαλακτικού οξέος, η οικονομία είναι ιδιαίτερα εκπαιδευσιμη.** Η οικονομία θα αυξηθεί με όλες τις πλευρές της προπόνησης αντοχής αλλά η ειδική για το άθλημα δραστηριότητα είναι κρίσιμη: Ο μόνος τρόπος για την εκπαίδευση της οικονομίας την κολύμβηση είναι μέσω της κολύμβησης και ο μοναδικός τρόπος για την εκπαίδευση της οικονομίας στην ποδηλασία είναι η ίππευση ενός ποδηλάτου. Η οικονομία της ποδηλασίας δεν δύναται να βελτιωθεί με τον



Εκτελώντας τον ουδό του γαλακτικού οξέος και την $\text{VO}_2 \text{ max}$ σε μία κυκλική εργομετρία στο εργαστήριο απόδοσης.



Λαμβάνοντας το δείγμα του αίματος για το γαλακτικό οξύ από τον λοβό του ωτός.



Εικόνα 18-7 Καθορίζοντας τον ουδό του γαλακτικού οξέος για έναν ποδηλάτη.

τροχοπεδισμό.

Η προοπτική

Η προσοχή εφιστάται σε σχέση με την προαναφερθείσα συζήτηση: Υπαινίσσεται ότι τα αποτελέσματα της φυσικής κατάστασης και του αγώνα δύναται εύκολα να ποσοτικοποιηθούν και να προβλεφθούν. Ενδεχομένως να πιστεύεται ότι οι επιστήμονες δύναται να πάρουν μια ομάδα αθλητών, να προβλέψουν ποιος έχει τη δυνατότητα να γίνει ελίτ αθλητής, να τους προπονήσουν σε μια υπερσύγχρονη εγ-



Εικόνα 18-8 Η μηχανική επάρκεια. Η μηχανική επάρκεια σε μία σταθερή κατάσταση του 23% πριν από τον ουδό του γαλακτικού οξέος. Αυτό υποδηλώνει ότι η ολική οικονομία είναι 77%.

κατάσταση, να τους παροτρύνουν, να τους εξετάσουν και να αναλύσουν την απόδοσή τους. Στο τέλος της ημέρας, πρέπει να είναι σε θέση να προβλέπουν τις εκβάσεις όλων των μεγάλων αθλητικών δρώμενων. Αυτό δεν απέχει πολύ από την αλήθεια. Αν και οι πληροφορίες για τον ουδό του γαλακτικού οξέος προπόνησης είναι αποτελεσματικές, δεν αντιπροσωπεύουν τον “πραγματικό κόσμο” των αγώνων. Πολλές μεταβλητές απέχουν από την επιστημονική επεξήγηση. Η απίστευτη ώθηση ορισμένων αθλητών τους επιτρέπει να εκτελούν πολύ πάνω από τις δυνατότητές τους, ενώ άλλα γενετικά προικισμένα άτομα δεν κερδίζουν ποτέ αγώνα.

ΟΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

- Το Αμερικάνικο Κολέγιο των Κατευθυντήριων Οδηγιών Αθλητιατρικής για την Δοκιμασία και την Συνταγογράφηση της Άσκησης παίρνει αφηρημένες ιδέες της αερόβιας προπόνησης και τις εφαρμόζει σε πρακτικές κατευθυντήριες οδηγίες που δύναται εύκολα να ακολουθηθούν.
- **Όλα τα επιτυχή προπονητικά προγράμματα απαιτούν μια ισορροπία στη συχνότητα, τη διάρκεια και την ένταση, που επίσης περιγράφεται ως όγκος ή φορτίο.**
- Η βελτίωση της φυσικής κατάστασης ποτέ δεν επισυμβαίνει σε μια αδιάσπαστη συνέχεια, και η κόπωση είναι ο κύριος λόγος που επισυμβαίνει αυτό. Θα ορίσουμε καθέναν από τους όρους αυτούς και θα συζητήσουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Η συχνότητα

- Αναφέρεται στο πόσο συχνά διεξάγονται οι προπονητικές συνεδρίες. Οι μελέτες έχουν αποκαλύψει ότι η προπόνηση τρεις με πέντε φορές την εβδομάδα παρέχει τα μεγαλύτερα αερόβια οφέλη για τον χρόνο που καταναλώνεται αλλά καθώς η ολική φυσική κατάσταση βελτιώνεται, το ίδιο ισχύει και για την προπονητική συχνότητα. Όταν αρχίζει η προπόνηση, τρεις με πέντε συνεδρίες ανά εβδομάδα θα παράγουν ταχείες βελτιώσεις στη φυσική κατάσταση. Η αερόβια προπόνηση για την επίτευξη φυσικής κατάστασης συχνά βελτιώνεται κατά 10%–20% εντός λίγων εβδομάδων. Εάν ο ίδιος αρχάριος αθλητής προπονούνταν πιο συχνά, αντί για πιο ταχείες βελτιώσεις, η φυσική του κατάσταση θα μειωνόταν λόγω της υπερπροπόνησης. Οι ελίτ αθλητές που προπονούνται για μια θέση στην Ολυμπιακή Ομάδα ενδέχεται να χρειαστεί να προγραμματίσουν 12–15 συνεδρίες κάθε εβδομάδα και ενδέχεται να βελτιώσουν τη φυσική τους κατάσταση μόνο κατά 1% επειδή είναι πολύ κοντά στην επίτευξη των πλήρων δυνατοτήτων τους.
- Η ιδεατή συχνότητα των συνεδριών εξαρτάται από τις τρέχουσες προσαρμογές του σώματος. Για παράδειγμα, ένας έμπειρος ποδηλάτης που έχει προπονηθεί για 3 εβδομάδες πρέπει να ξαναρχίσει το προπονητικό του

πρόγραμμα σε μια χαμηλότερη συχνότητα από τη συχνότητα που είχε πριν από τρεις εβδομάδες για να αποφύγει τον κίνδυνο υπερπροπόνησης.

Η διάρκεια

- Οι εξατομικευμένες προπονητικές συνεδρίες ενδέχεται να κυμαίνονται ιδιαίτερα σε μήκος. Ορισμένες ενδέχεται να διαρκούν πολλές ώρες με στόχο τη βελτίωση της αερόβιας φυσικής κατάστασης, ενώ άλλες είναι βραχείες σε μήκος και προωθούν είτε την ταχύτητα είτε την αποκατάσταση. Όπως και με τη συχνότητα, η διάρκεια μιας προπονητικής συνεδρίας εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του αθλητή. Καθώς η φυσική κατάσταση βελτιώνεται, το σώμα του αθλητή είναι σε θέση να ανεκτεί μεγαλύτερης διάρκειας προπονητικές συνεδρίες.
- Το κατάλληλο μήκος μιας προπόνησης κατευθύνεται από το μήκος ενός αγώνα. Εάν ένας δρομέας δεν ανταγωνιστεί ποτέ σε έναν αγώνα μεγαλύτερο από τα 5000 m, δεν υπάρχει πραγματικό όφελος από τετράωρους αγώνες. Ωστόσο, εάν ο δρομέας ανταγωνιστεί σε υπερμαραθώνιους, που διαρκούν 12-30 ώρες, αυτός/αυτή ενδέχεται να προπονηθεί λιγότερο συχνά αλλά θα χρειαστεί να προπονηθεί για πολύ μεγαλύτερη διάρκεια.

Η ένταση

- Η συχνότητα και η διάρκεια ποσοτικοποιούνται πολύ πιο εύκολα σε σύγκριση με την ένταση. Η ένταση συχνά αναφέρεται ως όγκος ή φορτίο ή απλά «σκληρότητα» μιας προπόνησης. **Η πτωχή κατανόηση της έντασης αποτελεί τον κύριο λόγο που τα προπονητικά προγράμματα είναι αναποτελεσματικά.** Εάν εκτελείται τις προπονήσεις σας με ακριβή συχνότητα και διάρκεια, αλλά τους επιτρέπεται να γίνονται πολύ σκληρά, η αερόβια φυσική κατάσταση υπολείπεται λόγω της υπερπροπόνησης. Εάν οι προπονητικές συνεδρίες είναι πολύ εύκολες, και πάλι η φυσική σας κατάσταση υπολείπεται λόγω της ανεπαρκούς καταπόνησης.
- Οι αθλητές συχνά περιγράφουν τις προπονήσεις τους όσον αφορά στον όγκο. Για παράδειγμα, εάν προπονήθηκαν 5 ημέρες την τελευταία εβδομάδα για 1 ώρα κάθε ημέρα, τότε αναφέρουν ότι προπονήθηκαν για 5 ώρες. Αυτό στην πραγματικότητα περιγράφει τον όγκο της προπόνησης (συχνότητα X διάρκεια) αλλά δεν ποσοτικοποιεί την ένταση. **Μια καλύτερη περίληψη του προπονητικού σας φορτίου, ορίζεται ως ο συνδυασμός του όγκου και της έντασης.** Η κατανόηση της ποσότητας της προσπάθειας ή της ισχύος που καταναλώνεται σε κάθε προπόνηση παρέχει μια καλύτερη κατανόηση της προπονητικής καταπόνησης. Στον Πίνακα 18-2 παρουσιάζονται τρεις εξατομικευμένοι τρόποι για να εκτιμηθεί η ένταση. Για παράδειγμα, εάν ο στόχος σας είναι να ιππεύσετε σε έναν ρυθμό τέμπο (Ζώνη 3), στο 90% του ΟΓ για 30 λεπτά, τότε δύναται να το ποσοτικοποιήσετε με μια συσκευή καταγραφής του καρδιακού ρυθμού, με ένα ισχυόμετρο ή με την κλίμακα Borg της σχετικής αντιλαμβανόμενης προσπάθειας. Ο σχεδια-

σμός του φορτίου σας γύρω από μία από αυτές τις κλίμακες είναι κρίσιμος.

- Οι αθλητές πρέπει να καθορίζουν τους συστηματικούς προπονητικούς αντικειμενικούς τους σκοπούς για να είναι σε θέση να σχεδιάζουν κατάλληλα την ένταση της προπόνησης. Οι ιδεατές προσαρμογές αντοχής λαμβάνουν χώρα με μεγάλης διάρκειας προπονήσεις σε χαμηλότερες εντάσεις. Πολλοί έμπειροι αθλητές χρησιμοποιούν έναν εύκολο “μεγαλύτερο από την απόσταση” ρυθμό (“Ενεργής αποκατάσταση” στον Πίνακα 18-2) για την προπόνηση αντοχής, ενώ η πλειοψηφία των αθλητών χαμηλότερης έντασης προπονούνται σε μια ήπια υψηλότερη ένταση (“Αντοχή” στον Πίνακα 18-2), που δύναται να αποκλείει τις ιδεατές προσαρμογές που επισυμβαίνουν σε αν ήπια χαμηλότερο επίπεδο. Τουλάχιστον το ήμισυ, και συνήθως περισσότερο, των περισσότερων προπονήσεων πρέπει να ξοδεύονται σε αυτές τις χαμηλότερες εντάσεις για τον μεγαλύτερο μέρος του προπονητικού κύκλου. Μια μικρότερη αναλογία προπόνησης επισυμβαίνει σε υψηλότερα επίπεδα έντασης και το πόσο του χρόνου που καταναλώνεται στην προπόνηση σε αυτά τα υψηλότερα επίπεδα αυξάνει καθώς ο προπονητικός κύκλος κινείται προς την αιχμή για τον ανταγωνισμό. Ο ρυθμός τέμπε, οι προπονήσεις σε λόφους και τα μεσοδιαστήματα αποτελούν παραδείγματα προπονήσεων σε υψηλότερες εντάσεις. Ο ρυθμός αγώνα και ο αγώνας επισυμβαίνουν στο επίπεδο και πάνω από αυτό του ΟΓ. Επομένως, πολύ λίγος χρόνος ξοδεύεται εδώ έως ότου προσεγγιστεί η απόδοση αιχμής, όπου το 5%–15% της προπόνησης ενδέχεται να εκτελεστεί στο επίπεδο αυτό, με επαρκή αποκατάσταση.
- Η ένταση της προπόνησης είναι ο στρεσογόνος παράγοντας που η περισσότεροι αθλητές αντιλαμβάνονται λάθος. Πολλοί αθλητές υπερπροπονούνται ή προπονούνται χωρίς την κατάλληλη διακύμανση στα επίπεδα της έντασης. Εάν αθλείστε πολύ έντονα όταν θα έπρεπε να διατηρείται χαμηλότερες εντάσεις, θα κουραστείτε σε ημέρες που θα έπρεπε να εκτελείτε προπόνηση μεγαλύτερης έντασης. Όλες οι προπονητικές ημέρες αρχίζουν να φαίνονται ίδιες και προσεγγίζουν τη μετριότητα καθώς οι εύκολες προπονήσεις γίνονται πολύ σκληρές και καθώς οι σκληρές προπονήσεις γίνονται πολύ εύκολες.

Η κόπωση

- Η κόπωση είναι ο λόγος για τον οποίο δεν είμαστε όλοι παγκόσμιοι πρωταθλητές. Πότε και σε ποιο βαθμό αισθανόμαστε την εξάντληση αποτελεί έναν ιδεατό προγνωστικό δείκτη του επιπέδου φυσικής κατάστασης. **Η καθυστέρηση της έναρξης της κόπωσης είναι ο κύριος λόγος για την προπόνηση.** Οι αθλητές με την καλύτερη φυσική κατάσταση είναι εκείνοι που δύναται να αντισταθούν στις καίριες δράσεις της κόπωσης. Όπως συζητήθηκε προγενέστερα, τα αίτια της κόπωσης είναι η συσσώρευση του γαλακτικού οξέος, η μείωση του

γλυκογόνου και η μυική ανεπάρκεια. Καθένα από αυτά τα αίτια της κόπωσης δύναται να αναλυθούν με την κατανόηση των αρχών της προπόνησης στον ουδό του γαλακτικού οξέος.

ΟΙ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η υπερφόρτιση

- Η υπερφόρτιση αποτελεί την επιβολή φορτίου έργου που είναι μεγαλύτερο από αυτό που φυσιολογικά απαντάται. Ο σκοπός της προπόνησης είναι να προκαλέσετε το σώμα σας να μεταβληθεί θετικά για να διαχειρίζεται καλύτερα τις φυσιολογικές καταπονήσεις του ανταγωνισμού. **Για να καταπονηθεί το σώμα σας, πρέπει να παρουσιαστεί ένα φορτίο που αμφισβητεί το τρέχον επίπεδο φυσικής κατάστασης.** Το φορτίο αυτό θα προκαλέσει αρχικά κόπωση, που ακολουθείται από την αποκατάσταση και τελικά ένα αυξημένο επίπεδο φυσικής κατάστασης ή υπεραναπλήρωσης. Εάν οι προπονήσεις είναι του σωστού μεγέθους, δηλ. ήπια πιο πολύ από αυτό που δύναται να χειριστεί το σώμα, επισυμβαίνει η προσαρμογή και η φυσική κατάσταση εξελίσσεται σταθερά (Εικόνα 18-9).
- **Είναι σημαντικό να θυμάται κανείς ότι η υπερφόρτιση επισυμβαίνει κατά τη διάρκεια των προπονήσεων αλλά η προσαρμογή και η υπεραναπλήρωση επισυμβαίνουν στην ηρεμία. Με άλλα λόγια, το ενδεχόμενο φυσικής κατάστασης παράγεται κατά τη διάρκεια των προπονητικών συνεδριών αλλά η πραγματοποίηση της φυσικής κατάστασης επισυμβαίνει κατά τη διάρκεια της ηρεμίας.** Εάν επαναλαμβανόμενα στερείται από το σώμα σας την ξεκούραση, δεν θα βελτιώνεστε συνεχώς και θα χάσετε επίσης τη φυσική κατάσταση—αυτό ονομάζεται υπερπροπόνηση. Το μεγαλύτερο σφάλμα που κάνουν οι περισσότεροι αθλητές είναι να μην λαμβάνουν υπόψιν την ανάγκη τους για ξεκούραση ή για μείωση της έντασης της προπόνησης. Οι έξυπνοι αθλητές ξέρουν πότε να υποχωρήσουν στην προπόνηση ή να ξεκουραστούν. Ωστόσο, όταν το φορτίο της προπόνησης μειώνεται για παρατεταμένες περιόδους, το σώμα προσαρμόζεται σε αυτό επίσης. Αυτό ονομάζεται “εκτός φόρμας.”



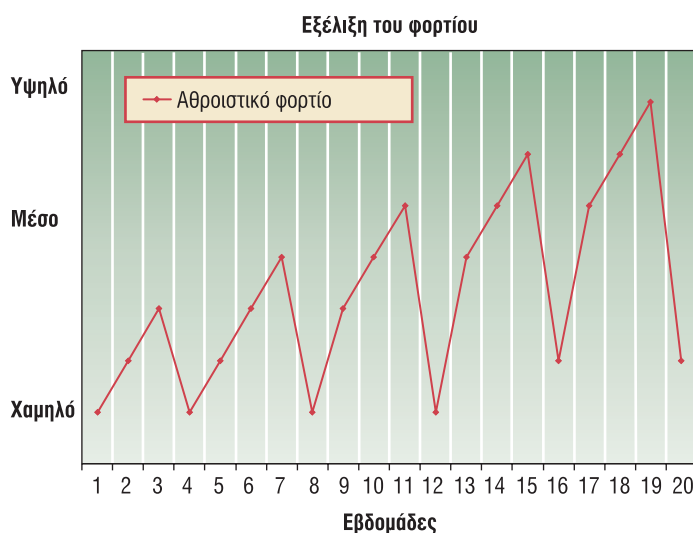
Εικόνα 18-9 Υπερανπλήρωση και βελτιωμένη φυσική κατάσταση οφειλόμενες στο προπονητικό φορτίο.

Η πρόοδος

- Η πρόοδος εμπεριέχει μια σταδιακή και συστηματική αύξηση στην ένταση της προπόνησης ή στον όγκο καθώς επισυμβαίνει η βελτίωση. Εάν ποτέ έχετε εκτελέσει μια προπόνηση ή έναν αγώνα τόσο έντονα που για μέρες έπειτα πονούσατε τόσο πολύ που δεν είσαστε σε θέση να περπατήσετε, πόσο δε μάλλον να τρέξετε, τότε έχετε επιβραδύνει την προπονητική σας πρόοδο. Τέτοιου είδους προπονήσεις παραβιάζουν την αρχή της προόδου. Το σώμα σας δεν γίνεται ισχυρότερο αλλά μάλλον χάνεται τη φυσική σας κατάσταση και κατασπαταλάται χρόνο και ενέργεια.
- Πρέπει σταδιακά να αυξάνεται τα φορτία με διακοπόμενες περιόδους ξεκούρασης και αποκατάστασης. Οι καταπονήσεις πρέπει να είναι μεγαλύτερες από αυτές στις οποίες το σώμα σας είναι συνηθισμένο να αντέχει. Καθώς η ένταση του φορτίου αυξάνει κατά μικρές προσαυξήσεις, συνήθως 5%–15% από εβδομάδα σε εβδομάδα και το ήμισυ, δύναται να αποφύγετε την υπερπροπόνηση και την κάκωση και παρέχεται επαρκής καταπόνηση για να επισυμβεί η προσαρμογή. Ο αθροιστικός προπονητικός όγκος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5%–15% ανά έτος, και οι αθλητές που προπονούνται πάνω από 600 ώρες/έτος πρέπει πιθανότατα να μην αυξάνουν τον όγκο περισσότερο από 10% ανά έτος. Οι αυξήσεις του φορτίου βασίζονται πρωτογενώς στις εξατομικευμένες ανάγκες, ιδίως όσον αφορά στην ένταση (Εικόνα 18-10).

Η περιοδολόγηση

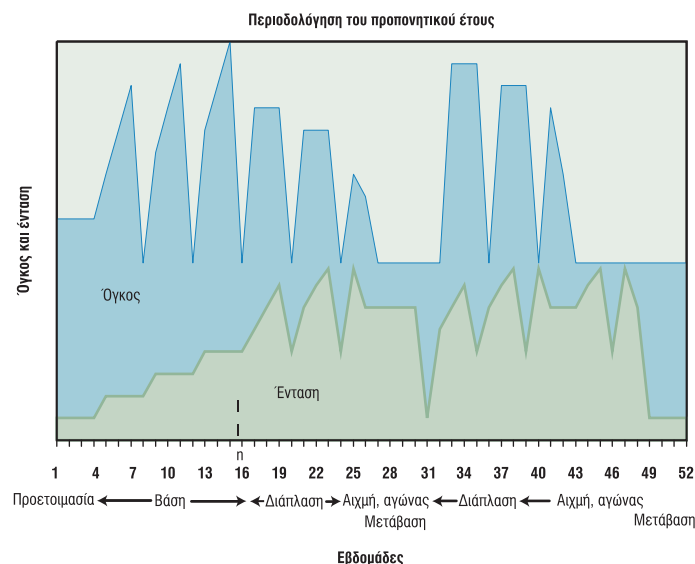
- Η **περιοδολόγηση** αποτελεί τη δόμηση των προπονητικών ωρών για ένα δεδομένο κύκλο για την παραγωγή μιας σταδιακής αύξησης της προπονητικής καταπόνησης και της απόδοσης. Πολλοί αθλητές χρησιμοποιούν προπονητικούς κύκλους, συχνά διαιρώντας το έτος αγώνα σε 4 εβδομαδιαίους κύκλους (μεσο- ή μικρο κύκλοι), αν και οι έμπειροι αθλητές ενδέχεται να εξατομι-



Εικόνα 18-10 Παράδειγμα εβδομαδιαίας αθροιστικής εξέλιξης φορτίου.

κεύουν τα μήκη. Κάθε κύκλος σχεδιάζεται για τη διέγερση της κατάλληλης προπονητικής απόκρισης για τμήμα του έτους σε σχέση με την απόδοση αιχμής και τον ανταγωνισμό. Πολλοί αθλητές θα αυξήσουν την ένταση με έναν βαθμιαίο τρόπο τις πρώτες 3 εβδομάδες ενός μικροκύκλου, έπειτα περιορίζουν τις ώρες και την ένταση κατά τη διάρκεια της τελικής εβδομάδας του κύκλου. Εναλλακτικά, οι έμπειροι αθλητές εξατομικεύουν το πρότυπο αυτό. Από την άλλη, ένα προπονητικό έτος ενδέχεται να διαιρεθεί σε διαφορετικά στάδια ή κύκλους (μακροκύκλους) όπως η βάση, η δόμηση ή η ένταση, και η αιχμή και/ή ο αγώνας (Εικόνα 18-11). Η περιοδολόγηση λαμβάνει χώρα από κύκλο σε κύκλο (μικρο και μακρο).

- Το βασικό δεδομένο σε όλα τα προγράμματα περιοδολόγησης είναι ότι η προπόνηση πρέπει να εξελίσσεται από το γενικό στο ειδικό. Πρώιμα στην αγωνιστική περίοδο, η προπόνηση εστιάζεται στη διατήρηση του σωματικού βάρους, την προπόνηση της δύναμης και τη γενική αερόβια φυσική κατάσταση. Αργότερα στην αγωνιστική περίοδο, περισσότερος χρόνος καταναλώνεται στην εστίαση σε ένα ειδικό άθλημα. Ο λόγος για τον οποίο διαιρείται το έτος σε ειδικές περιόδους είναι για να δίδεται έμφαση στις ειδικές πλευρές της φυσικής κατάστασης ενώ διατηρούνται αλλά οφέλη που έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των προηγούμενων περιόδων (Εικόνα 18-11). Η προσπάθεια να βελτιωθούν ταυτόχρονα όλες οι πλευρές της προπόνησης είναι αδύνατο για έναν αθλητή να τη χειριστεί. Η περιοδολόγηση της προπόνησης βοηθά στη μείωση των κακώσεων, στη διατήρηση της ελαστικότητας και στον περιορισμό της εξου-



Εικόνα 18-11 Υποθετικό προπονητικό έτος διαιρεμένο σε περιόδους όπου φαίνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ όγκου και έντασης. Προετοιμασία για προπόνηση. Η βάση αποτελεί την απόκτηση ταχύτητας, δύναμης και αντοχής. Διάπλαση είναι η αύξηση της έντασης και η βελτίωση των αδυναμιών. Αιχμή είναι η προσέγγιση της ετοιμότητας για τον αγώνα. Ο αγώνας είναι για αγώνες προτεραιότητας και μετάβαση είναι η περίοδος αποκατάστασης.

θένωσης. Οι επιστημονικές αποδείξεις που να υποστηρίζουν τέτοια προπονητικά προγράμματα είναι περιορισμένες αλλά λογικά υπάρχει νόημα. Επιπρόσθετα της λογικής, η πλειοψηφία των παγκόσμιων ελίτ αθλητών αερόβιας άσκησης ακολουθούν τις αρχές αυτές.

Η εξατομίκευση

- Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στην ικανότητα ενός αθλητή να χειριστεί ένα δεδομένο φορτίο. Οι παράγοντες αυτοί δεν είναι αμιγώς φυσιολογικοί αλλά ψυχολογικοί, κοινωνικοοικονομικοί, περιβαλλοντικοί και γενετικοί. Καθένας από τους παράγοντες αυτούς έχει την ικανότητα να βελτιώνει ή να παρακωλύει τη φυσική κατάσταση. Η περιοδολόγηση της προπόνησης απευθύνει πολλές εξατομικευμένες μεταβλητές. Πολλά συγγράμματα έχουν γραφτεί επί του θέματος της περιοδολόγησης. Για να το θέσουμε απλά, δύο αθλητές δεν πρέπει να εκτελούν ακριβώς τα ίδια προγράμματα. Επίσης, ένας αθλητής δεν πρέπει να εκτελεί την ίδια προπόνηση κάθε μέρα ή κάθε εβδομάδα ή κάθε μήνα. Διαρκώς κυμαινόμενα προγράμματα κατά τη διάρκεια της εβδομάδας και καθόλη τη διάρκεια του έτους αποτελούν το κλειδί για την πρόοδο στην αερόβια φυσική κατάσταση.

Η αρχή της ειδικότητας

- Η προπονητική ειδικότητα επιτυγχάνεται βέλτιστα διαμέσου ενός προπονητικού προγράμματος που εμπεριέχει κινητικά πρότυπα και ταχύτητες όμοιες με μια δεδομένη άσκηση ή έναν ανταγωνιστικό στόχο (για παράδειγμα, οι ποδηλάτες πρέπει να ιππεύουν το ποδήλατο και οι δρομείς πρέπει να τρέχουν). Συμβάλλει στην οικονομία της άσκησης, έχει τόσο νευρομυικές όσο και μεταβολικές συνιστώσες και είναι μια από τις πιο σημαντικές αρχές προπόνησης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η κόπωση είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παρά-

γοντας του επιπέδου της φυσικής μας κατάστασης. Ο πρωτογενής λόγος για την προπόνηση είναι η καθυστέρηση της έναρξης της κόπωσης. Οι αθλητές με την καλύτερη φυσική κατάσταση είναι αυτοί που δύναται να αντισταθούν βέλτιστα στις καίριες δράσεις της. Γνωρίζουμε ότι το γαλακτικό οξύ παράγεται πάντοτε ακόμα και στην ηρεμία. Ένα σταθερά χαμηλό επίπεδο γαλακτικού οξέος στον ορό κατά τη διάρκεια μέτριας άσκησης υπαινίσσεται ότι το σώμα δύναται να το απομακρύνει από το αίμα τόσο γρήγορα όσο παράγεται. Το σημείο στο οποίο τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος αρχίζουν να αυξάνονται στον ορό εξαρτώνται από την $\dot{V}O_2$ max και τον ΟΓ. Αυτό είναι το σημείο στο οποίο η παραγωγή του γαλακτικού οξέος είναι μεγαλύτερη από την ικανότητα του σώματος να το απομακρύνει και όταν η προσπάθεια απενεργοποιείται.

- Η $\dot{V}O_2$ max μεμονωμένα δεν αποτελεί έναν καλό προγνωστικό δείκτη της απόδοσης. Είναι το άτομο που δύναται να διατηρήσει τις υψηλότερες τιμές της $\dot{V}O_2$ max για μια εκτενή χρονική περίοδο που έχει την καλύτερη πιθανότητα να κερδίσει έναν αγώνα. Αυτή η συνεχής υψηλή τιμή είναι ισοδύναμη με τον ΟΓ. Ο σκοπός της αερόβιας φυσικής κατάστασης είναι να προκαλέσει μια θετική μεταβολή στο σώμα για να διαχειριστεί καλύτερα τις φυσιολογικές καταπονήσεις του ανταγωνισμού. Για να φορτιστεί κατάλληλα το σώμα, πρέπει να δεχθεί ένα φορτίο που προκαλεί το τρέχον επίπεδο φυσικής κατάστασης. Το φορτίο αυτό θα προκαλέσει αρχικά κόπωση που ακολουθείται από την αποκατάσταση και τελικά θα οδηγήσει σε ένα αυξημένο επίπεδο φυσικής κατάστασης ή υπεραναπλήρωσης. Εάν οι προπονήσεις είναι του ορθού μεγέθους, ήπια μεγαλύτερες από αυτό που το σώμα δύναται να αντέξει, επισυμβαίνει η προσαρμογή και η φυσική κατάσταση εξελίσσεται σταθερά.