

ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ

Αερόβια ικανότητα

Αναερόβια ικανότητα

Γαλακτικό οξύ

Αναερόβιο κατώφλι

Αερόβια προπόνηση και προσαρμογές

Αναερόβια προπόνηση και προσαρμογές

Μέθοδοι προπόνησης αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας

Μέθοδος διάρκειας με σταθερό ρυθμό

Εφαρμογή της μεθόδου με τη χρήση μπάλας

Μέθοδος διάρκειας με εναλλασσόμενο ρυθμό

Εφαρμογή της μεθόδου με τη χρήση μπάλας

Μορφή οργάνωσης φάρτλεκ (fartlek)

Εφαρμογή της προπόνησης φάρτλεκ με τη χρήση μπάλας

Μέτρια διαλειμματική μέθοδος

Εφαρμογή της μεθόδου με τη χρήση μπάλας

Έντονη διαλειμματική μέθοδος

Εφαρμογή της μεθόδου με τη χρήση μπάλας

Επαναληπτική μέθοδος (αγωνιστική)

Εφαρμογή της μεθόδου με τη χρήση μπάλας

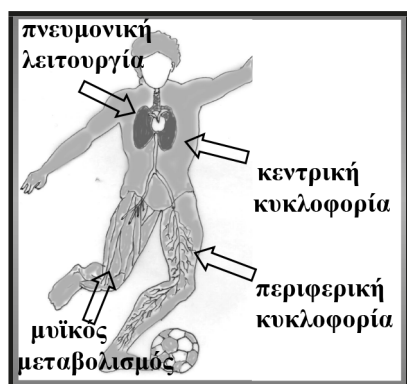
Γλωσσάριο

Ερωτήσεις με καταφατική ή αρνητική απάντηση (ναι-όχι)

Αερόβια ικανότητα

Η αερόβια ικανότητα εκφράζει το ενεργειακό δυναμικό ενός παίκτη σε αερόβιες προσπάθειες, αποτυπώνοντας το επίπεδο των βιολογικών προσαρμογών στο σύστημα μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου. Το επίπεδο της αερόβιας ικανότητας υποδηλώνει τη λειτουργική κατάσταση, στην οποία βρίσκονται:

- οι πνεύμονες για την ανταλλαγή των αερίων,
- η καρδιά για τη διοχέτευση αίματος στους μυς (σύστημα μεταφοράς), και
- τα μυϊκά κύτταρα (σύστημα κατανάλωσης) για την κατανάλωση του οξυγόνου για την παραγωγή ενέργειας και κινητικού έργου.
- Παίκτης με υψηλή αερόβια ικανότητα έχει:
- Αποτελεσματικότερους πνεύμονες που ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες αερίων.
- Λειτουργικότερη καρδιά που διοχετεύει μεγάλες ποσότητες αίματος σε κάθε κτύπο.
- Περισσότερη αιμοσφαιρίνη στο αίμα που μεταφέρει περισσότερο οξυγόνο.
- Μεγαλύτερη πυκνότητα δικτύου τριχοειδών αγγείων που αιματώνουν αποτελεσματικότερα τα μυϊκά κύτταρα.
- Μεγαλύτερα και περισσότερα μιτοχόνδρια στις ίνες βραδείας συστολής, και
- Δραστικότερα αερόβια ένζυμα, για να προσλαμβάνεται και καταναλώνεται το οξυγόνο που φτάνει στα μυϊκά κύτταρα με την κυκλοφορία.
- Παραγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας και συνακόλουθα υψηλό επίπεδο αερόβιου μυϊκού έργου (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6. Η υψηλή αερόβια ικανότητα των παικτών αντιπροσωπεύει αποτελεσματικότερα: α) την πνευμονική λειτουργία (πνευμονικό αερισμό, διάχυση οξυγόνου στο αίμα), β) την κεντρική κυκλοφορία [(καρδιακή παροχή (όγκος παλμού x καρδιακή συχνότητα), συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης στο αίμα)], γ) την περιφερική κυκλοφορία (ροή αίματος στους ασκούμενους μυς, δίκτυο τριχοειδών αγγείων, διάχυση οξυγόνου στους ασκούμενους μυς), και δ) το μυϊκό μεταβολισμό (οξειδωτικά ένζυμα, όγκο μιτοχονδρίων, μυοσφαιρίνη, ενεργειακές πηγές).

Το επίπεδο του αερόβιου μυϊκού έργου έχει σχέση με την αερόβια αντοχή του παίκτη. Αυτή αφορά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης προσπάθειας, στην οποία ο ρυθμός της μπορεί να διατηρείται, όσο γίνεται περισσότερο χρόνο ή την ανώτατη ένταση (ρυθμό) που μπορεί να διατηρείται η συγκεκριμένη προσπάθεια για μια ορισμένη διάρκεια ή απόσταση. Αφορά, επίσης, και το συνολικό αερόβιο μυϊκό έργο στον αγώνα, το οποίο αποτυπώνεται με την εναλλασσόμενη μορφή των προσπαθειών. Για την έννοια της ικανότητας αντοχής δεν υπάρχει ακόμη στην προπονητική ένας γενικά αποδεκτός ορισμός, επειδή αυτή εκδηλώνεται με διαφορετικό τρόπο στις αθλοπαιδιές και τα ατομικά

αγωνίσματα αντοχής. Στις αθλοπαιδιές η χρονική διάρκεια των προσπαθειών είναι μικρή και εκδηλώνεται με εναλλασσόμενο τρόπο. Στα ατομικά αγωνίσματα αντοχής η χρονική διάρκεια είναι μεγάλη και εκδηλώνεται με σταθερό σχεδόν τρόπο. Στη βιβλιογραφία τα κριτήρια ορισμών της αντοχής αφορούν την εκτέλεση έργου για μεγάλο χρονικό διάστημα ή την ικανότητα αντίστασης στην κόπωση και σχετίζονται γενικά με αυτήν των ατομικών αγωνισμάτων.

Στις αθλοπαιδιές η ικανότητα της αερόβιας αντοχής είναι συνυφασμένη:

- με την οικονομία εκτέλεσης των τεχνικών δεξιοτήτων,
- τον αυξημένο αερόβιο ενεργειακό μεταβολισμό,
- την αποτελεσματικότερη πρόσληψη (κατανάλωση) οξυγόνου στα μυϊκά κύτταρα, και
- τη θέληση του παίκτη για παρατεταμένο μυϊκό έργο εναλλασσόμενου ρυθμού.

Η αερόβια ικανότητα είναι συνώνυμη με την καρδιοαναπνευστική αντοχή και αυτή με την αερόβια αντοχή. Έχει αποδειχτεί ότι η αερόβια αντοχή σχετίζεται με τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, όπως και η αερόβια ικανότητα. Όσο υψηλότερη είναι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ενός παίκτη, τόσο περισσότερο έργο μπορεί να παράγεται στη διάρκεια του παιχνιδιού. Στη διάρκεια της προπόνησης και του αγώνα οι παίκτες με υψηλότερη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου καθίστανται ικανοί να παράγουν περισσότερο έργο, προμηθεύοντας τους ασκούμενους μυς με περισσότερη ενέργεια, να τρέχουν με υψηλότερο ρυθμό και να αντιστέκονται αποτελεσματικότερα στην κόπωση.

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, που συμβολίζεται διεθνώς ως $\dot{V}O_{2max}$ (βίο-του-μάξ), φανερώνει έμμεσα τον ανώτατο όγκο οξυγόνου που καταναλώνουν τα μυϊκά κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου, που είναι το λεπτό (η μονάδα του χρόνου συμβολίζεται με τελεία, η οποία πρέπει να βρίσκεται πάνω στο γράμμα V). Η $\dot{V}O_{2max}$ αναφέρεται και ως μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου. Οι δύο αυτοί όροι είναι συνώνυμοι και υποδηλώνουν τη διαφορά του συνολικού όγκου μεταξύ του εισπνεόμενου και εκπνεόμενου οξυγόνου στο λεπτό, κατά τη μέγιστη μυϊκή προσπάθεια. Αν, για παράδειγμα, οι πνεύμονες ενός παίκτη εισπνέουν στον αγώνα 10 λίτρα οξυγόνο το λεπτό και εκπνέουν 6 λίτρα, η διαφορά των 4 λίτρων είναι η ποσότητα οξυγόνου που προσλαμβάνουν και καταναλώνουν τα μυϊκά του κύτταρα το λεπτό. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, όπως και η πρόσληψη οξυγόνου αφορούν την πρόσληψη και κατανάλωση του οξυγόνου από τα μυϊκά κύτταρα για την απόδοση κινητικού έργου και όχι την πρόσληψη του οξυγόνου από τους πνεύμονες. Ένας άλλος συνώνυμος όρος της $\dot{V}O_{2max}$ είναι η μέγιστη αερόβια ισχύς του παίκτη. Ο όρος αυτός υποδηλώνει την ταχύτητα με την οποία η αερόβια ενέργεια παρέχεται στους ασκούμενους μυς των παικτών στη διάρκεια της άσκησης.

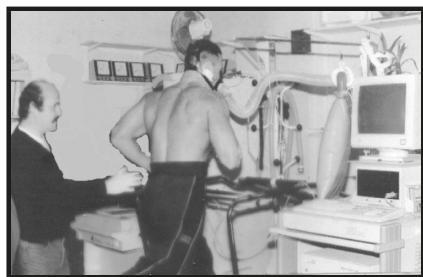
Η πρόσληψη ή κατανάλωση οξυγόνου από τα μυϊκά κύτταρα αυξάνεται ανάλογα με την ένταση της μυϊκής προσπάθειας και η σχέση τους είναι γραμμική, μέχρι ένα σημείο. Όταν η άσκηση συνεχίζεται με ακόμη ψηλότερη ένταση, η καμπύλη πρόσληψης σταματά την ανοδική της πορεία και γίνεται οριζόντια. Η οριζοντίωση της καμπύλης υποδηλώνει την ενεργοποίηση των αναερόβιων μηχανισμών παραγωγής ενέργειας. Η $\dot{V}O_{2max}$ αποτυπώνει ουσιαστικά την αερόβια ικανότητα σε υπομέγιστο έργο, μέχρι το

σημείο απόκλισης (οριζοντίωσης) της γραμμικής σχέσης και την αναερόβια ικανότητα, μέχρι να επέλθει η εξάντληση του αθλητή κατά την εκτέλεση της μέγιστης προσπάθειας. Στη διάρκεια του αγώνα οι παίκτες σπάνια φτάνουν σε επίπεδα μέγιστης προσπάθειας, ώστε να επέλθει η εξάντλησή τους. Αυτό συμβαίνει, επειδή η διάρκεια εκτέλεσης των προσπαθειών είναι μικρή και ο αγώνας διεξάγεται με εναλλασσόμενο ρυθμό.

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και η αερόβια ικανότητα αντιπροσωπεύουν την αναπνευστική, την καρδιακή και τη μυϊκή ικανότητα του οργανισμού να προσλαμβάνει, να μεταφέρει και να καταναλώνει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα οξυγόνου το λεπτό, για αερόβιες κινητικές προσπάθειες που γίνονται στη διάρκεια της προπόνησης και του αγώνα. Η αερόβια αντοχή αντιπροσωπεύει τη μυϊκή απόδοση των παικτών σε αερόβιες προσπάθειες, που γίνονται στην προπόνηση και τον αγώνα. Όσο ψηλότερα είναι τα ποσοστά αξιοποίησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\%VO_2\max$), τόσο πιο ανεπτυγμένη είναι η αερόβια αντοχή των παικτών για σωματικό έργο. Στην αρχή της περιόδου προετοιμασίας οι παίκτες έχουν χαμηλά ποσοστά αξιοποίησης της $VO_2\max$ και υψηλότερα στην αγωνιστική περίοδο. Στόχος της αερόβιας προπόνησης στην προετοιμασία είναι η αξιοποίηση μεγαλύτερων ποσοστών της εξατομικευμένης $VO_2\max$.

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου υποδηλώνει τη μέγιστη ταχύτητα παροχής ενέργειας από τον αερόβιο κυρίως μηχανισμό. Αποτελεί μετρήσιμη ποσότητα της αερόβιας ικανότητας και θεωρείται το πιο σημαντικό κριτήριο της βιολογικής αξίας του οργανισμού, επειδή ενεργοποιεί όλα τα φυσιολογικά συστήματα και τις λειτουργίες του οργανισμού (Κλεισούρας 2004).

Η μέτρηση της $VO_2\max$ γίνεται με ειδικά όργανα ανοικτού κυκλώματος σπιρομέτρησης σε εργομετρικό εργαστήριο, στο οποίο ο εξεταζόμενος υποβάλλεται σε σταδιακά αυξανόμενες εργομετρικές επιβαρύνσεις, μέχρι εξάντλησης. Η δοκιμασία γίνεται στον κυλιόμενο τάπητα (δαπεδοεργόμετρο) (εικόνα 3.7) ή στο εργομετρικό ποδήλατο (κυκλοεργόμετρο). Μεταξύ των δύο δοκιμασιών, αυτή που γίνεται στο δαπεδοεργόμετρο βρίσκεται πιο κοντά στις κινητικές δραστηριότητες των παικτών, απ' ότι η δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο.



Εικόνα 3.7. Δοκιμασία $VO_2\max$ στο δαπεδοεργόμετρο ή κυλιόμενο τάπητα. Ο τάπητας χρησιμεύει για την προσδευστική επιβάρυνση, προκειμένου ο παίκτης να υποβληθεί σε μέγιστη δοκιμασία. Κατά τη δοκιμασία ο παίκτης εισπνέει αέρα από το στόμα, με κλειστή τη μύτη και με την ειδική βαλβίδα που υπάρχει στο στόμιο του αεραγωγού ο αέρας διοχετεύεται στο σπιρόμετρο, το οποίο αναλύει τα αέρια. Οι τιμές της $VO_2\max$ του παίκτη, καταγράφονται σε H/Y.

Η $VO_2\max$ εκφράζεται σε απόλυτες τιμές λίτρων το λεπτό ($l \cdot \min^{-1}$) ή σε σχετικές τιμές χιλιοστών του λίτρου, ανά κιλό σωματικού βάρους το λεπτό ($ml \cdot kg^{-1} \cdot \min^{-1}$). Όσο πιο υψηλές είναι οι τιμές της $VO_2\max$ ενός παίκτη, τόσο ψηλότερη είναι και η αερόβια

ικανότητά του. Για τους παίκτες των αθλοπαιδιών πιο αντιπροσωπευτικές είναι οι τιμές, όταν αυτές εκφράζονται σε χιλιοστά του λίτρου ανά κιλό σωματικού βάρους το λεπτό, απ' ότι, όταν εκφράζονται σε λίτρα το λεπτό. Η πρώτη αποτυπώνει καλύτερα τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των παικτών, επειδή κατά τη μέτρηση λαμβάνεται υπόψη το σωματικό τους βάρος, το οποίο μεταφέρεται κατά τις μετακινήσεις στον αγώνα. Αντιθέτως, όταν οι τιμές εκφράζονται σε λίτρα το λεπτό, δε λαμβάνεται υπόψη το σωματικό τους βάρος. Οι σχετικές τιμές προσδιορίζουν την ποσότητα των χιλιοστών του λίτρου οξυγόνου που καταναλώνει ο παίκτης το λεπτό στη μέγιστη δοκιμασία, για κάθε κιλό σωματικής μάζας, ενώ οι απόλυτες τιμές προσδιορίζουν την ποσότητα των λίτρων οξυγόνου που καταναλώνει ο παίκτης το λεπτό στη μέγιστη δοκιμασία. Αν ο παίκτης έχει παραπάνω κιλά σωματικού βάρους, οι απόλυτες τιμές που καταγράφονται κατά τη μέτρηση, υπερεκτιμούν την αερόβια του αντοχή. Αν δύο παίκτες έχουν, για παράδειγμα, 4 λίτρα VO_{2max} το λεπτό και ο ένας ζυγίζει 70 και ο άλλος 80 κιλά, καλύτερη αερόβια αντοχή έχει ο πρώτος παίκτης, επειδή έχει μικρότερο σωματικό βάρος (μεταφέρει λιγότερο βάρος). Αν οι τιμές της VO_{2max} εκφράζονταν σε σχετικές τιμές, τότε η VO_{2max} του πρώτου παίκτη θα ήταν $57.1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ($4/70 \times 100 = 57.1$) και του δεύτερου παίκτη θα ήταν $50.0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ($4/80 \times 100 = 50.0$). Από τις σχετικές τιμές ο προπονητής μπορεί να εκτιμήσει την αερόβια αντοχή των παικτών του, σχεδιάζοντας την προπονητική τους επιβάρυνση. Στο ποδόσφαιρο, το μπάσκετ, το βόλεϊ και το χάντμπολ το αερόβιο σύστημα είναι η κύρια πηγή εφοδιασμού ενέργειας στη διάρκεια του αγώνα. Οι τιμές VO_{2max} που αναφέρονται στη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία είναι υψηλότερες στους ποδοσφαιριστές ($55\text{--}67 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) και χαμηλότερες στους μπασκετμπολίστες ($52\text{--}57 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Μεταξύ των βολεϊμπολιστών και των χάντμπολιστών οι τιμές κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα ($54\text{--}65 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), με τους παίκτες του χάντμπολ να υπερέχουν ελαφρώς (Βαμβακούδης και συν. 2003). Οι τιμές αυτές δείχνουν γενικά τη συμβολή του αερόβιου μεταβολισμού στις απαιτήσεις κάθε αθλήματος και ενισχύουν την άποψη, ότι υπάρχει μεγάλη συνεισφορά της αερόβιας ισχύος στον αγώνα. Οι τιμές που αναφέρονται για τις παίκτριες των αθλοπαιδιών, τείνουν να είναι κατά 10% περίπου χαμηλότερες, σε σχέση με τους παίκτες κάθε αθλήματος.

Οι τιμές VO_{2max} που αναφέρονται στη βιβλιογραφία σε κάθε άθλημα, αντιπροσωπεύουν την ικανότητα των παικτών του αθλήματος γενικά και έχουν σχέση με το μέσο όρο. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, όμως ποικίλει, ανάλογα με τη θέση που παίζει ο παίκτης, όταν μάλιστα αυτές είναι διαφοροποιημένες στο παιχνίδι. Στο ποδόσφαιρο, για παράδειγμα, οι κεντρικοί αμυντικοί έχουν πολύ χαμηλότερες τιμές, συγκριτικά με τους άλλους παίκτες. Οι παίκτες που παίζουν στο κέντρο του γηπέδου και αποτελούν το συνδετικό κρίκο μεταξύ της άμυνας και της επίθεσης, έχουν τις υψηλότερες τιμές, ενώ οι πλάγιοι αμυντικοί και οι επιθετικοί έχουν ενδιάμεσες τιμές (Reilly 1994). Στο μπάσκετ, επίσης, υψηλότερες τιμές έχουν οι οργανωτές του παιχνιδιού, οι οποίοι στον αγώνα καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις και τις χαμηλότερες έχουν οι ψηλοί κεντρικοί παίκτες. Οι άλλοι περιφερειακοί παίκτες έχουν ενδιάμεσες τιμές (MacLaren 1990).

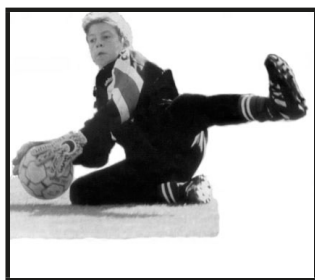
Στις αθλοπαιδιές το παιχνίδι διεξάγεται σήμερα με υψηλό ρυθμό και οι αγωνιστικές προσπάθειες εναλλάσσονται με ποικίλο ρυθμό εκτέλεσης. Με δεδομένο τον υψηλό ρυθμό διεξαγωγής του παιχνιδιού, είναι σημαντικό για τους παίκτες να είναι ικανοί να αντεπεξέρχονται στις υψηλές εντάσεις, ανταποκρινόμενοι στις υψηλές απαιτήσεις του αθλήματός τους, διατηρώντας παράλληλα το επίπεδο των τεχνικοτακτικών τους δεξιοτήτων. Για να μπορούν οι παίκτες να ανταποκρίνονται στους υψηλούς ρυθμούς του παιχνιδιού είναι αναγκαία η επίτευξη ενός ανώτατου επιπέδου πρόσληψης οξυγόνου (%VO₂max). Όσο πιο υψηλά είναι τα ποσοστά της πρόσληψης οξυγόνου, τόσο αργότερα θα ενεργοποιούνται οι αναερόβιες διαδικασίες και θα γίνεται μεγαλύτερη οικονομία στην κατανάλωση του γλυκογόνου των γρήγορων μυϊκών ινών. Αντίθετα, όσο χαμηλότερα είναι τα ποσοστά πρόσληψης, τόσο νωρίτερα θα ενεργοποιούνται οι αναερόβιες ενεργειακές πηγές, με άμεση συνέπεια το μειωμένο ρυθμό παιχνιδιού, λόγω της εξάντλησης των αναερόβιων ενεργειακών πηγών.

Για να μπορούν οι παίκτες να αντεπεξέρχονται στις υψηλές εντάσεις του αγώνα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, πρέπει να βελτιώσουν όχι μόνο την αερόβια, αλλά και την αναερόβια τους ικανότητα, ανεβάζοντας παράλληλα το αναερόβιό τους κατώφλι.

Αναερόβια ικανότητα

Αναερόβια είναι η ικανότητα του ατόμου να αποδίδει κινητικό έργο μεγάλης ισχύος σε βραχύβιες και πολύ έντονες μυϊκές προσπάθειες. Αυτές επιτελούνται με την ενεργοποίηση των γρήγορων κινητικών μονάδων, χωρίς τη χρήση οξυγόνου και υποστηρίζονται από τις αναερόβιες ενεργειακές πηγές.

Η αναερόβια ικανότητα στηρίζεται σε δυο επιμέρους μηχανισμούς παραγωγής ενέργειας, που είναι ο **αγαλακτικός** και ο **γαλακτικός**. Ο αγαλακτικός μηχανισμός επικρατεί ενεργειακά σε εκρηκτικές προσπάθειες μικρής διάρκειας, που απαιτούν μεγάλη ισχύ, όπως είναι το σπριντ μέχρι 6 δευτερόλεπτα, το σουτ, το τάκλινγκ, η κεφαλιά και οποιαδήποτε άλλη εκρηκτική ενέργεια που εκτελείται στην προπόνηση ή το παιχνίδι. Στο μηχανισμό αυτό δεν παράγεται γαλακτικό οξύ στους μυς, ως τελικό προϊόν των αναερόβιων διαδικασιών, γι αυτό και ο μηχανισμός ονομάζεται αγαλακτικός (εικόνες 3.2, 3.8).



***Εικόνα 3.8.** Για κάθε κινητική προσπάθεια που εκτελείται με εκρηκτικό τρόπο συμμετέχει ο αναερόβιος αγαλακτικός μηχανισμός. Ονομάζεται αγαλακτικός, γιατί δεν παράγεται γαλακτικό οξύ στους μυς στις κινητικές αυτές προσπάθειες. Αν η ίδια κινητική ενέργεια εκτελείται γρήγορα και όχι εκρηκτικά, η παραγωγή ενέργειας στους μυς αποδίδεται από τον αναερόβιο γαλακτικό μηχανισμό. Αν, όμως, εκτελείται με αργό ρυθμό, η ενέργεια αποδίδεται από τον αερόβιο μηχανισμό.*

Ο γαλακτικός μηχανισμός επικρατεί σε προσπάθειες μικρότερης ισχύος, συγκριτικά με τις εκρηκτικές προσπάθειες του αγαλακτικού μηχανισμού (π.χ. διευρυμένη επίθεση

έντονου ρυθμού). Στο μηχανισμό αυτό παράγεται γαλακτικό οξύ στους μυς, ως τελικό προϊόν της γλυκόλυσης, γι αυτό και ο μηχανισμός ονομάζεται γαλακτικός (εικόνα 3.2). Ο μηχανισμός που θα επικρατήσει στη διάρκεια μιας προσπάθειας, προσδιορίζεται πρωτίστως από την ένταση της προσπάθειας και δευτερευόντως από τη διάρκειά της, αν και είναι δύσκολο να γίνει απόλυτος διαχωρισμός των ενεργειακών μηχανισμών, γιατί λειτουργούν ενιαία.

Πριν λίγες δεκαετίες επικρατούσε η αντίληψη ότι σε μέγιστες εκρηκτικές προσπάθειες, που διαρκούν μέχρι 10 δευτερόλεπτα (π.χ. σπριντ), όλη η ενέργεια προέρχεται από τη διάσπαση της φωσφοκρεατίνης, η παραγωγή γαλακτικού είναι ελάχιστη και ότι δεν υπάρχει συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού. Πρόσφατες, όμως, έρευνες δείχνουν ότι ακόμη και στα 6 πρώτα δευτερόλεπτα του σπριντ, υπάρχει παραγωγή γαλακτικού στους μυς, που το επίπεδο συσσώρευσης είναι υψηλό σε σχέση με αυτό της ηρεμίας (Gaitanos et al. 1993). Όταν η διάρκεια του σπριντ αυξάνεται σε 10 δευτερόλεπτα, η φωσφοκρεατίνη συμμετέχει στην παραγωγή ενέργειας, μόνο κατά 30%. Η αναερόβια γλυκόλυση με την παραγωγή γαλακτικού οξέος συμμετέχει κατά 50% και κατά 14% η ενέργεια προέρχεται από τον αερόβιο μεταβολισμό. Όταν το σπριντ συνεχίζεται μέχρι 30 δευτερόλεπτα (εκδηλώνεται ως ταχύτητα), το 1/3 της ενέργειας αποδίδεται από τον αερόβιο μεταβολισμό. Η συμμετοχή του μηχανισμού αυτού είναι μεγαλύτερη (65%), όταν η προσπάθεια επαναλαμβάνεται μετά από διάλειμμα 4 λεπτών (Bogdanis et al. 1996a). Τα ευρήματα αυτά δείχνουν τη σημασία της αερόβιας ικανότητας στα αθλήματα εναλλασσόμενου ρυθμού, όπως είναι οι αθλοπαιδιές και υποδεικνύουν τον τρόπο, με τον οποίο πρέπει να υλοποιούνται οι προπονητικοί στόχοι στην προετοιμασία και την αγωνιστική περίοδο.

Οι έρευνες έχουν δείξει, ακόμη, ότι ο ρυθμός ανασύνθεσης της φωσφοκρεατίνης στη διάρκεια της χαμηλότερης έντασης ή της ηρεμίας (διάλειμμα), είναι ανάλογος της αερόβιας ικανότητας του παίκτη και του τύπου του διαλείμματος που παρεμβάλλεται. Ο ρυθμός ανασύνθεσής της είναι γρηγορότερος, όσο ψηλότερη είναι η αερόβια ικανότητα του παίκτη και το διάλειμμα γίνεται με ενεργητικό τρόπο (Bogdanis et al. 1996β) ή εναλλάσσεται με χαμηλότερο ρυθμό. Παλαιότερα επικρατούσε η αντίληψη ότι η ανασύνθεσή της ήταν πλήρης μετά από 3 λεπτά. Σήμερα υποστηρίζεται, ότι αυτή καθυστερεί και σε ορισμένα άτομα μπορεί να ξεπεράσει ακόμη και τα 6 λεπτά.

Τα ευρήματα αυτά εξηγούν εν μέρει τη δυνατότητα των παικτών να εκτελούν εκρηκτικές προσπάθειες και στο τέλος του αγώνα. Επίσης, εξηγούν και τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου που έχουν αναπτυγμένη οι παίκτες του βόλεϊ σε ικανοποιητικό βαθμό, αν και στις εκρηκτικές αγωνιστικές προσπάθειες του αγώνα κυριαρχεί κυρίως ο αναερόβιος αερακτικός μηχανισμός παραγωγής ενέργειας.

Όταν γίνεται αναφορά στην αναερόβια ικανότητα του παίκτη, περιλαμβάνεται συχνά και η αναερόβια ισχύς. Η αναερόβια ικανότητα αντιπροσωπεύει τη συνολική ποσότητα της ενέργειας που μπορούν να παράγουν με τον αναερόβιο μεταβολισμό τα μυϊκά κύτταρα ταχείας συστολής του παίκτη, ενώ η αναερόβια ισχύς υποδηλώνει την ταχύτητα με

την οποία παράγεται και παρέχεται η ενέργεια αυτή στα μυϊκά κύτταρα. Η αναερόβια ισχύς υποδηλώνει τη δυνατότητα των μυών να εφαρμόζουν υψηλή κινητική ισχύ σε σύντομο χρόνο και η αναερόβια ικανότητα φανερώνει τη χρονική διάρκεια που μπορεί να διατηρείται αυτή (αναερόβια αντοχή). Η αγαλακτική ισχύς είναι σχεδόν διπλάσια από τη γαλακτική, ενώ η αγαλακτική ικανότητα είναι χαμηλότερη από τη γαλακτική. Αυτό υποδηλώνει ότι οι προσπάθειες που υποστηρίζονται από τον αναερόβιο αγαλακτικό μεταβολισμό μπορούν να εκτελούνται με εκρηκτικό ρυθμό, αλλά ο ρυθμός αυτός μπορεί να διατηρείται για πολύ λίγο χρόνο. Αντίθετα, αυτές που υποστηρίζονται από το γαλακτικό μεταβολισμό μπορούν να εκτελούνται με γρήγορο ρυθμό και όχι εκρηκτικό, αλλά ο ρυθμός αυτός μπορεί να διατηρείται για μεγαλύτερη διάρκεια.

Η αναερόβια ικανότητα και η αναερόβια ισχύς, δηλαδή, υποδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να εκτελούνται οι αναερόβιες προσπάθειες των παικτών κατά την προπόνηση, για την υλοποίηση των προπονητικών στόχων. Όταν οι προσπάθειες εκτελούνται με εκρηκτικό ρυθμό, η έντασή τους πρέπει να είναι μέγιστη και η διάρκειά τους πρέπει να είναι μικρή, που δεν πρέπει να ξεπερνά τα 6 δευτερόλεπτα (π.χ. προπόνηση σπριντ και εκρηκτικών προσπαθειών). Όταν, όμως, εκτελούνται με γρήγορο ρυθμό, η ένταση πρέπει να είναι λίγο πιο κάτω από τη μέγιστη ή σχεδόν μέγιστη και η διάρκειά τους να κυμαίνεται μέχρι 30 το πολύ δευτερόλεπτα (αναερόβια αντοχή) (προπόνηση, δηλαδή, ταχύτητας και αντοχή στην ταχύτητα).

Γαλακτικό οξύ

Τα αυξημένα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα, φανερώνουν γενικά τη μεγάλη συνεισφορά των αναερόβιων διαδικασιών στην παραγωγή μυϊκού έργου (Pendergast 1988). Όπως αναφέρθηκε, στα μυϊκά κύτταρα ταχείας συστολής η παραγωγή ενέργειας κατά τις αναερόβιες γαλακτικές προσπάθειες προέρχεται από τη διάσπαση του γλυκογόνου με την παραγωγή γαλακτικού οξέος, ως τελικό προϊόν της διάσπασης (αναερόβια γλυκόλυση, εικόνα 3.2). Το γαλακτικό οξύ κατά την παραγωγή του στο μυϊκό κύτταρο καταμερίζεται (διαιρείται) αμέσως σε γαλακτικό και σε ιόντα υδρογόνου (H^+). Το γαλακτικό που παράγεται κατά τον καταμερισμό δεν είναι καματογόνο ουσία, όπως θεωρούνταν παλαιότερα, αλλά είναι εργογόνο μεταβολίτης, ο οποίος καταναλώνεται ως καύσιμη ύλη στον ίδιο το μυϊκό ιστό που παράγεται, στους άλλους που δεν ασκούνται, στον καρδιακό μυ, στο συκώτι και σε άλλους ιστούς. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, δηλαδή, ένα μεγάλο μέρος του γαλακτικού καταναλώνεται ως καύσιμη ύλη άμεσα και ένα μικρό ποσοστό μετατρέπεται σε γλυκογόνο κατά τη φάση της αποκατάστασης (Brooks et al. 2002). Ο μυϊκός κάματος που προκαλείται κατά την αυξημένη παραγωγή γαλακτικού οξέος, δεν οφείλεται στο γαλακτικό, αλλά στην αυξημένη οξέωση του κυττάρου, λόγω της συσσώρευσης ιόντων υδρογόνου, η οποία διαταράσσει την οξεοβασική του ισορροπία.

Ο τρόπος - όχι κι ο μοναδικός- με τον οποίο εκτιμάται η χρησιμοποίηση του γλυκογόνου αναερόβια στις προσπάθειες υψηλών εντάσεων, έχει σχέση με τη μέτρηση των

συγκεντρώσεων γαλακτικού στο αίμα, επειδή αυτό είναι το τελικό προϊόν της αναερόβιας γλυκόλυσης. Όσο ψηλότερες είναι οι τιμές συγκέντρωσης, τόσο περισσότερο γλυκογόνο καταναλώνεται κατά την αναερόβια μυϊκή προσπάθεια.

Το γαλακτικό που παράγεται στα μυϊκά κύτταρα κατά την εκτέλεση των προσπαθειών, διαχέεται (απομακρύνεται) στο αίμα, όπου η συγκέντρωσή του κορυφώνεται λίγα λεπτά μετά το τέλος των προσπαθειών (π.χ. 5-10 λεπτά). Ο ρυθμός παραγωγής γαλακτικού στους μυς, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ορισμένοι από αυτούς είναι τα χαρακτηριστικά της άσκησης που σχετίζονται με την ένταση, τη διάρκεια και τη συχνότητα εκτέλεσής της, το προπονητικό επίπεδο, τη μυϊκή μάζα που δραστηριοποιείται, την προθέρμανση που προηγείται και τις συνθήκες του περιβάλλοντος που γίνεται η άσκηση. Όταν η μυϊκή προσπάθεια είναι μέτριας έντασης, κάτω, δηλαδή, του 50% της μέγιστης ικανότητας, η παραγωγή είναι μικρή. Όσο εντείνεται η προσπάθεια, τόσο αυξάνεται η παραγωγή του γαλακτικού στους μυς. Η συγκέντρωση είναι μεγάλη και επέρχεται ραγδαία, όταν οι εντάσεις αντιστοιχούν στο 65 ως το 80% της $VO_2\max$ (Gollnick et al. 1986). Τα επίπεδα συγκέντρωσης είναι χαμηλότερα στους παίκτες με υψηλότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης, απ' ό,τι είναι στους παίκτες με χαμηλότερο επίπεδο, όταν οι προσπάθειες εκτελούνται με την ίδια ένταση.

Η έντονη άσκηση, ωστόσο, πρέπει να έχει και μια ορισμένη διάρκεια για την παραγωγή γαλακτικού. Αυτή δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 6 δευτερολέπτων και να μην ξεπερνά τα 60 δευτερόλεπτα. Όταν η έντονη άσκηση δεν ξεπερνά τα 6 δευτερόλεπτα, η παραγωγή γαλακτικού είναι μικρή. Όταν πάλι η άσκηση είναι πολύ έντονη (εξαντλητική), αλλά δεν ξεπερνά τα 30 δευτερόλεπτα, η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα δεν είναι η μέγιστη ($>20\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$). Μέγιστες είναι οι συγκεντρώσεις της, όταν η διάρκειά της ξεπερνά το μισό λεπτό. Τέτοιας διάρκειας προσπάθειες, όμως, δεν ενδείκνυνται κατά την προπόνηση στους παίκτες των αθλοπαιδιών.

Η παραγωγή γαλακτικού είναι χαμηλότερη στην περίπτωση που δραστηριοποιείται μεγαλύτερη μυϊκή μάζα και ψηλότερη είναι, όταν ενεργοποιείται μικρότερη. Είναι, δηλαδή, μεγαλύτερη η παραγωγή, όταν η άσκηση γίνεται με τα χέρια, παρά με τα πόδια. Η παραγωγή γαλακτικού είναι μικρότερη, επίσης, στην περίπτωση που η άσκηση γίνεται σε θερμό περιβάλλον, απ' ό,τι σε ψυχρό (Doubt 1991), όταν στις δύο αυτές συνθήκες η διάρκεια και η έντασή της είναι ίδια. Η παραγωγή γαλακτικού είναι μικρότερη και στην περίπτωση που η άσκηση γίνεται στο επίπεδο της θάλασσας, απ' ότι στο υψόμετρο.

Η προοδευτική προθέρμανση που περιλαμβάνει και υψηλή ένταση μικρής διάρκειας (π.χ. σπριντ ή εκρηκτικές προσπάθειες) συμβάλει στη χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού στους μυς. Όταν η προθέρμανση δεν περιλαμβάνει υψηλές εντάσεις μικρής διάρκειας, η συσσώρευση γαλακτικού στους μυς είναι ραγδαία και υψηλότερη, εφόσον η κύρια άσκηση εκτελείται σε συνθήκες υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας (Keul et al. 1972). Μεγάλη και ραγδαία συσσώρευση γαλακτικού παρατηρείται σε ορισμένους παίκτες στα πρώτα λεπτά του αγώνα. Οι παίκτες αυτοί αισθάνονται έντονη κόπωση και ανίκανοι να συνεχίσουν τον αγώνα, νιώθοντας την ανάγκη να πάρουν βαθιές «ανάσες»,

γιατί έχουν δυσκολία στην αναπνευστική τους λειτουργία (οι παίκτες νιώθουν το λεγόμενο μπουκώμα). Η κατάσταση αυτή εμφανίζεται στην περίπτωση που ο παίκτης αναγκάζεται να τρέξει έντονα και παρατεταμένα στην αρχή του αγώνα και οφείλεται στον τρόπο προθέρμανσης, στον οποίο δεν εκτελέστηκαν υψηλές εντάσεις μικρής διάρκειας.

Αναερόβιο κατώφλι

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στη διάρκεια της άσκησης χαμηλής έντασης παράγεται γαλακτικό στους ασκούμενους μυς, το οποίο διαχέεται (απομακρύνεται) στο αίμα και από κει ως εργογόνος μεταβολίτης χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη από τους μυς και τα άλλα όργανα. Η παραγωγή είναι μικρή και τα ιόντα υδρογόνου δε διαταράσσουν την οξεοβασική ισορροπία του μυϊκού κυττάρου. Καθώς αυξάνεται η ένταση της άσκησης, η παραγωγή γαλακτικού γίνεται μεγαλύτερη και το επίπεδο συγκέντρωσής του έχει άμεση σχέση πρωτίστως με την ένταση και δευτερευόντως με τη διάρκειά της. Όταν ο ρυθμός παραγωγής του στους ασκούμενους μυς είναι μεγαλύτερος από αυτόν της διάχυσής του στα διάφορα όργανα και τους ιστούς, τότε το γαλακτικό στο αίμα συσσωρεύεται αιφνίδια (ραγδαία συσσώρευση). Το κρίσιμο σημείο, στο οποίο επέρχεται η ραγδαία αυτή αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα, αναφέρεται ως αναερόβιο κατώφλι. Το αναερόβιο κατώφλι, δηλαδή, είναι το σημείο καμπής των συγκεντρώσεων του γαλακτικού στο αίμα και έχει άμεση σχέση με την ένταση που διεξάγεται η άσκηση. Ορισμένοι συγγραφείς διακρίνουν δύο σημεία καμπής των συγκεντρώσεων του γαλακτικού στο αίμα. Το πρώτο σημείο αντιστοιχεί σε συγκέντρωση $2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ και καλείται αερόβιο κατώφλι (Skinner et al. 1980) ή γαλακτικό κατώφλι (Weltman 1995). Το δεύτερο σημείο καμπής αντιστοιχεί σε συγκέντρωση $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ και θεωρείται ως το πραγματικό αναερόβιο κατώφλι.

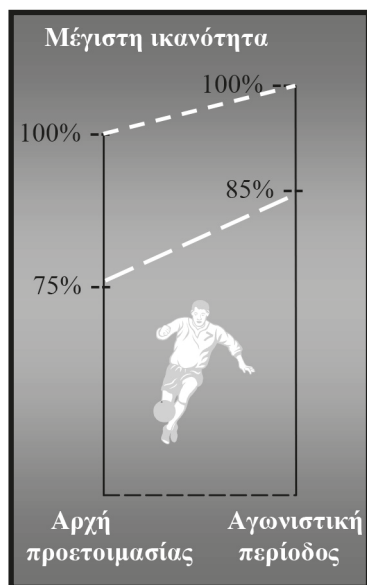
Το αναερόβιο κατώφλι υπήρξε σημείο τριβής και έντονων αμφισβητήσεων μεταξύ των ειδικών της επιστημονικής κοινότητας. Η διαφωνία δεν έχει σχέση με την εμφάνιση του φαινομένου, αλλά αφορά τους μηχανισμούς που το προκαλούν. Στην αρχή θεωρούνταν ότι το αναερόβιο κατώφλι εκφράζει μια καμπή του ενεργειακού μεταβολισμού, η οποία σηματοδοτούσε τη συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού στην παραγωγή της ενέργειας, λόγω της οξέωσης των μυϊκών κυττάρων. Κατά την εκτέλεση, δηλαδή, των προσπαθειών με χαμηλή ένταση η ενέργεια αποδίδεται από τον αερόβιο μεταβολισμό. Καθώς κλιμακώνεται η ένταση των προσπαθειών, οι ενεργειακές απαιτήσεις δεν μπορούν να ικανοποιηθούν πλέον μόνο από τον αερόβιο μεταβολισμό, γι αυτό ενεργοποιούνται οι διαδικασίες του αναερόβιου μεταβολισμού. Η ενεργοποίηση αυτή έχει ως συνέπεια την παραγωγή γαλακτικού οξέος, επειδή το τελικό προϊόν της αναερόβιας γλυκόλυσης είναι το γαλακτικό οξύ. Η εκδοχή της ανεπάρκειας οξυγόνου και της οξέωσης κατά τις έντονες προσπάθειες αμφισβητήθηκε για την ερμηνεία του φυσιολογικού φαινομένου του αναερόβιου κατωφλιού και θεωρήθηκαν άλλοι μηχανισμοί ότι το προκαλούν. Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι το φαινόμενο οφείλεται στη μεγάλη συσσώρευση γαλακτικού στο αίμα, επειδή ο ρυθμός παραγωγής του στους μυς και της διάχυσής του στο αίμα είναι

μεγαλύτερος από αυτόν της απομάκρυνσής του από το αίμα. Άλλοι υποστηρίζουν ότι αυτό έχει σχέση με την επιστράτευση των μυϊκών ινών ταχείας συστολής, ενώ ορισμένοι υποστηρίζουν ότι αυτό σχετίζεται με την επιτάχυνση της γλυκόλυσης. Το αναερόβιο κατώφλι, αν και επικράτησε ως όρος στην προπονητική πράξη, ωστόσο, θεωρήθηκε ως αδόκιμος όρος και προτείνεται να αναφέρεται ως έναρξη συσσώρευσης γαλακτικού στο αίμα (OBLA, Onset of Blood Lactate Accumulation, όμπλα). Ο όρος αυτός θεωρείται από ορισμένους συγγραφείς ως ο πλέον δόκιμος, γιατί αντιπροσωπεύει τη ραγδαία συσσώρευσή του στο αίμα.

Ενώ η πλειονότητα των ερευνητών θεωρεί τα $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ως το κρίσιμο σημείο που εμφανίζεται το αναερόβιο κατώφλι, ορισμένοι συγγραφείς αμφισβητούν την τιμή αυτή ως κρίσιμο σημείο και προτείνουν τον προσδιορισμό του εξατομικευμένα. Για τον προσδιορισμό του ατομικού αναερόβιου κατωφλίου, προτείνουν την εξέταση των συγκεντρώσεων του γαλακτικού που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη ένταση ή την εξέταση ολόκληρης της καμπύλης των συγκεντρώσεων του γαλακτικού κατά την άσκηση της κλιμακούμενης έντασης. Κατά τους συγγραφείς αυτούς η ένταση, στην οποία αρχίζει η ραγδαία συσσώρευση του γαλακτικού αντιπροσωπεύει το ατομικό αναερόβιο κατώφλι του αθλητή. Στο κρίσιμο αυτό σημείο οι συγκεντρώσεις μπορεί να είναι κάτω ή πάνω από τα $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ή και 4 ακριβώς $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

Το αναερόβιο κατώφλι θεωρείται ότι είναι ο καλύτερος δείκτης για την εκτίμηση της αερόβιας αντοχής των παικτών είτε αποκαλείται από τους ειδικούς αναερόβιο κατώφλι είτε αναφέρεται ως OBLA. Αυτό αποτυπώνει την προπονητική κατάσταση του παίκτη και η ένταση, στην οποία εμφανίζεται, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό της προπόνησης. Όσο πιο αργά εμφανίζεται κατά την εκτέλεση των προσπαθειών, τόσο πιο ικανός καθίσταται ο παίκτης για μυϊκό έργο υψηλότερου ρυθμού (εικόνα 3.9). Το αναερόβιο κατώφλι θεωρείται πιο ακριβής δείκτης αερόβιων προσαρμογών από τη VO_2max . Ενώ η VO_2max έχει μικρά περιθώρια βελτίωσης, ύστερα από μακροχρόνια αερόβια προπόνηση, το αναερόβιο κατώφλι μπορεί να βελτιωθεί σε υψηλό βαθμό με αντίστοιχη αερόβια προπονητική διαδικασία. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, γιατί η VO_2max αντικατοπτρίζει προσαρμογές της καρδιάς και των πνευμόνων, ενώ το αναερόβιο κατώφλι αντιπροσωπεύει τις προσαρμογές των μυών και την ικανότητα να αξιοποιεί υψηλότερο ποσοστό της VO_2max κατά τις αγωνιστικές προσπάθειες (Κλεισούρας 2004). Το αναερόβιο κατώφλι εμφανίζεται νωρίς και σε προσπάθειες που αντιστοιχούν στο 50-55% της VO_2max (καρδιακή συχνότητα 150-155 κτ/λεπτό περίπου), πριν την έναρξη της προετοιμασίας στους παίκτες των αθλοπαιδιών στη χώρα μας (αδημοσίευτα δεδομένα εργαστηρίου εργοφυσιολογίας Τ.Ε.Φ.Α.Α., ΑΠΘ). Οι τιμές αυτές είναι λίγο υψηλότερες από απροπόνητα άτομα. Στην αγωνιστική περίοδο, με την πρόοδο της προπονητικής διαδικασίας η ένταση αυτή υπολογίζεται ότι αντιστοιχεί στο 65 με 80% της VO_2max . Σε διεθνείς Φιλανδούς ποδοσφαιριστές στην αγωνιστική περίοδο, οι Rahkila και Luhtanen (1991) βρήκαν ότι το σημείο απόκλισης του γαλακτικού εμφανιζόταν σε εντάσεις που αντιστοιχούσαν στο 83.9% της VO_2max . Στους αθλητές αντοχής υψηλού επιπέδου οι

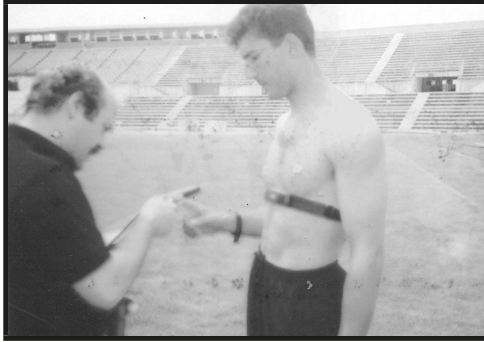
τιμές που αναφέρονται για το αναερόβιο κατώφλι, κυμαίνονται στο 85-90% περίπου της $\text{VO}_{2\text{max}}$.



Εικόνα 3.9. Μετατόπιση αναερόβιου κατώφλιου (Α.Κ.) προς τα επάνω. Στην αρχή της προετοιμασίας το Α.Κ. εμφανίζεται νωρίς και αργότερα εμφανίζεται στην αγωνιστική περίοδο. Η άνοδος του Α.Κ. οφείλεται στις αερόβιες προσαρμογές που γίνονται στην προετοιμασία. Όσο μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στην ικανότητα αυτή, τόσο βελτιώνεται η ικανότητα του παίκτη για προσπάθειες υψηλού ρυθμού και οικονομίας του γλυκογόνου των ινών ταχείας συστολής. Στο παράδειγμα της εικόνας το Α.Κ. εμφανίζεται στους 150κτ/min στην αρχή της προετοιμασίας (75% της μέγιστης ικανότητας) και στους 170 κτ/min στην αγωνιστική περίοδο (85% της μέγιστης ικανότητας) ($150\text{κτ/min} \times 200\text{K.Σ. max: } 100 = 75\%$) και ($170\text{ κτ/min} \times 200\text{ K.Σ. max: } 100 = 85\%$). Η διαφορά των 20 κτύπων το λεπτό είναι σημαντική για τους παίκτες, αφού στις κινητικές προσπάθειες μέχρι τους 170 κτ/min η ενέργεια αποδίδεται από τον αερόβιο μεταβολισμό. Αν δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην αερόβια ικανότητα και το Α.Κ. εμφανίζεται στους 180 κτ/min, ο παίκτης θα παίζει με υψηλότερο ρυθμό, μέσω των αερόβιων διαδικασιών.

Ο προσδιορισμός του αναερόβιου κατώφλιου γίνεται εργαστηριακά στον κυλιόμενο τάπητα ή στο κυκλοεργόμετρο, με τη λήψη αρτηριακού αίματος από τα τριχοειδή αγγεία του λοβού του αυτιού ή το ακροδάχτυλο του χεριού. Για τον καθορισμό του γίνονται επαναλαμβανόμενες αιμοληψίες και καταγραφή της κλιμακούμενης έντασης της προσπάθειας. Το αναερόβιο κατώφλι μπορεί να συσχετιστεί και με διάφορες άλλες παραμέτρους της σωματικής απόδοσης, όπως είναι η δρομική προσπάθεια σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, τα χιλιόμετρα ανά ώρα, η καρδιακή συχνότητα ανά λεπτό και η ποσοστιαία αναλογία της $\text{VO}_{2\text{max}}$ (% $\text{VO}_{2\text{max}}$). Αν, για παράδειγμα, η $\text{VO}_{2\text{max}}$ ενός παίκτη είναι $55\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ και το αναερόβιο κατώφλι εμφανίζεται στα $35.7\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, αυτό σημαίνει ότι ο παίκτης αξιοποιεί το 65% της $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($35.7 \times 100: 55 = 65\%$). Η τιμή αυτή γίνεται πιο κατανοητή στον προπονητή, αν γνωρίζει και την καρδιακή συχνότητα, στην οποία εμφανίζεται το αναερόβιο κατώφλι του παίκτη, όσο κι αν η καρδιακή συχνότητα δε θεωρείται αξιόπιστος δείκτης από ορισμένους συγγραφείς. Στο παραπάνω παράδειγμα, αν η ένταση που εμφανίζεται το αναερόβιο κατώφλι αντιστοιχεί σε καρδιακή συχνότητα 165 κτύπων το λεπτό, αυτό σημαίνει πως για προσπάθειες που εκτελούνται με καρδιακή συχνότητα κάτω από αυτούς τους κτύπους, κυριαρχεί η αερόβια ικανότητα του παίκτη. Όταν, όμως οι προσπάθειες που εκτελούνται ξεπερνούν τους συγκεκριμένους κτύπους, τότε κυριαρχεί η αναερόβια ικανότητά του. Έτσι, κατά το σχεδιασμό της προπόνησης για τη βελτίωση της αερόβιας αντοχής του παίκτη και του αναερόβιου κατώφλιού του, οι εντάσεις των προσπαθειών θα εναλλάσσονται λίγο πιο κάτω και λίγο πιο πάνω από

τους καρδιακούς αυτούς κτύπους. Ο όγκος της προπονητικής επιβάρυνσης θα είναι μεγαλύτερος στις εντάσεις των προσπαθειών που εκτελούνται λίγο πιο κάτω από τους καρδιακούς αυτούς κτύπους και πολύ μικρότερος στις εντάσεις που τους υπερβαίνουν.



***Εικόνα 3.10.** Το δείγμα αίματος που παίρνεται από το δάκτυλο του χεριού, αναλύεται σε ένα λεπτό από το φορητό αναλυτή και η τιμή αντιπροσωπεύει τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα. Η ένταση που αντιστοιχεί στα επίπεδα συγκέντρωσης, καταγράφεται στο καρδιοσυχνόμετρο. Από την τιμή της συγκέντρωσης του γαλακτικού και την καρδιακή συχνότητα ο προπονητής μπορεί να σχεδιάζει την προπονητική επιβάρυνση για την υλοποίηση των προπονητικών στόχων.*

Η μέτρηση του γαλακτικού μπορεί να πραγματοποιείται με κάποια δυσκολία και στο γήπεδο, όπου απαιτείται ειδικός εξοπλισμός (ειδικός αναλυτής για την ανάλυση του δείγματος αίματος, φορητός καταγραφέας της καρδιακής συχνότητας π.χ. sport-tester) και ανάλογη εμπειρία σε τέτοιου είδους μετρήσεις (εικόνα 3.10). Η ένταση των ασκήσεων με ή χωρίς την μπάλα μπορεί να υπολογίζεται στο γήπεδο με τον καθορισμό των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα και την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας με το καρδιοσυχνόμετρο. Είναι πιο σημαντικό για τον προπονητή η ένταση των ασκήσεων να αξιολογείται με την μπάλα, γιατί η ποικιλία των κινητικών προσπαθειών στο γήπεδο απαιτεί υψηλότερη ένταση. Σε ποδοσφαιριστές που εκτέλεσαν δρομική προσπάθεια με ντρίπλα, οι Reilly και Ball (1984) βρήκαν το αναερόβιο κατώφλι να εμφανίζεται σε ένταση που αντιστοιχούσε με 10.7 χιλιόμετρα την ώρα. Στους ίδιους παίκτες το αναερόβιο κατώφλι εμφανίζονταν αργότερα (11.7 km/h), όταν η δρομική προσπάθεια γινόταν χωρίς ντρίπλα. Έτσι, στις αθλοπαιδιές ο στόχος της προπόνησης μπορεί να υλοποιείται με τις ενδεδειγμένες εντάσεις, οι οποίες έχουν πάντοτε σχέση με τις τιμές συγκεντρώσεων του γαλακτικού, επειδή οι τιμές αυτές αποτελούν δείκτη, ο οποίος υποδεικνύει τον τρόπο που διαθέτει ο παίκτης τους υδατάνθρακες στη διάρκεια της άσκησης. Προσπάθειες για τον υπολογισμό του αναερόβιου κατωφλίου με αναίμακτους τρόπους δεν απέδωσαν και το τεστ Conconi δε γίνεται σήμερα πλήρως αποδεκτό, γι αυτό και δε χρησιμοποιείται από την πλειονότητα των προπονητών.

Κατά τη μέτρηση του γαλακτικού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η προηγηθείσα προπονητική επιβάρυνση και η κάλυψη των διατροφικών αναγκών του παίκτη είτε αυτή γίνεται στο εργαστήριο είτε στο γήπεδο. Αν την προηγούμενη ημέρα η προπόνηση ήταν σκληρή και το ασκησιολόγιο περιλάμβανε υψηλές εντάσεις, οι τιμές γαλακτικού που καταγράφονται μπορεί να μην αποδίδουν την πραγματικότητα, αφού οι αποθήκες του μυϊκού γλυκογόνου δεν προλαβαίνουν να πληρωθούν, όσο και αν καλύφθηκαν οι διατροφικές ανάγκες του παίκτη. Αν πάλι ο παίκτης δεν κάλυψε τις διατροφικές του

ανάγκες με υδατάνθρακες και τα αποθέματα γλυκογόνου παραμένουν χαμηλά, οι τιμές γαλακτικού θα είναι και πάλι χαμηλές. Επειδή οι τιμές του γαλακτικού αντιπροσωπεύουν την προπονητική κατάσταση του παίκτη και την ένταση που διεξάγεται το ασκησιολόγιο, οι χαμηλές τιμές του γαλακτικού -εξαιτίας των παραπάνω λόγων- μπορεί να παραπλανήσουν τον προπονητή και να σχηματίσει λανθασμένη εικόνα για την κατάσταση των παικτών του και τις εντάσεις που θα χρησιμοποιούνται στην προπόνηση. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα των μετρήσεων και να μην οδηγούν σε λανθασμένες ερμηνείες, οι παίκτες πρέπει να καλύπτουν τις διατροφικές τους ανάγκες με υδατάνθρακες και η προπονητική διαδικασία των δύο τελευταίων ημερών να είναι παρόμοιου τύπου, κάθε φορά που γίνονται δοκιμασίες για τον καθορισμό του γαλακτικού στο αίμα.

Αερόβια προπόνηση και προσαρμογές

Το υψηλό επίπεδο αερόβιας αντοχής αποτελεί σημαντικό δείκτη φυσικής ικανότητας για τους παίκτες των αθλοπαιδιών, γιατί τους παρέχει τη δυνατότητα να υποβάλλονται σε λιγότερη συνολική κόπωση στον αγώνα και να αντεπεξέρχονται αποτελεσματικότερα στις αγωνιστικές καταστάσεις του παιχνιδιού. Το υψηλό επίπεδο αντοχής ενισχύει τη λειτουργική ικανότητα των συστημάτων του οργανισμού, συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη εκδήλωση των τεχνικοτακτικών δεξιοτήτων των παικτών στις απρόβλεπτες αγωνιστικές καταστάσεις του παιχνιδιού. Η αερόβια αντοχή, δηλαδή, δεν είναι μόνον ένας κρίσιμος και αποφασιστικός παράγοντας για την εκδήλωση των τεχνικοτακτικών στοιχείων στο παιχνίδι, αλλά είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας για τη γενική ικανότητα του παίκτη να αντεπεξέρχεται στη σκληρή προπονητική διαδικασία. Η ανεπτυγμένη ικανότητα αντοχής αποτελεί ουσιαστικό λειτουργικό στοιχείο για τη γρήγορη αποκατάσταση του οργανισμού, μετά από μια σκληρή προπόνηση ή αγώνα, καθώς και για τη γρήγορη ανάληψή του στη διάρκεια της προπόνησης και του αγώνα. Στη διάρκεια του παιχνιδιού η υψηλή αερόβια ικανότητα του παίκτη θα συμβάλλει στη γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη ανάληψη του οργανισμού στη διάρκεια των προσπαθειών που εκτελούνται με χαμηλότερο ρυθμό είτε στη διάρκεια των πρόσκαιρων διακοπών που γίνονται στον αγώνα.

Η αερόβια αντοχή εξαρτάται από το επίπεδο της VO_2max , από το ποσοστό αξιοποίησής της στην προπόνηση και τον αγώνα ($\%\text{VO}_2\text{max}$) και από την ενεργειακή οικονομία. Όσο πιο υψηλοί είναι αυτοί οι παράγοντες, τόσο περισσότερο αερόβιο έργο παράγεται στην προπόνηση και τον αγώνα και τόσο περισσότερη οικονομία γίνεται στο γλυκογόνο. Στους παίκτες των αθλοπαιδιών η VO_2max κυμαίνεται στα 50-65 περίπου χιλιοστά του λίτρου ανά κίλο σωματικού βάρους το λεπτό ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) και στη βιβλιογραφία χαρακτηρίζεται ως μέτριου και όχι υψηλού επιπέδου (MacLaren 1990, Reilly 1996). Ο χαρακτηρισμός, όμως, αυτός προέρχεται από τη σύγκριση που γίνεται με τους αθλητές αντοχής των ατομικών αγωνισμάτων, οι οποίοι ξεπερνούν τα $70 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Οι τιμές αυτές των παικτών, ωστόσο, που αντιπροσωπεύουν την αερόβια ικανότητά τους, προέρχονται από

τη μέγιστη δοκιμασία που διεξάγεται στον κυλιόμενο τάπητα ή στο κυκλοεργόμετρο. Οι παίκτες των αθλοπαιδιών, όμως, δεν υποβάλλονται εύκολα σε μέγιστη δοκιμασία στα όργανα αυτά, με συνέπεια να υποεκτιμάται η αερόβια ικανότητά τους. Επιπλέον, κατά τη σύγκριση που γίνεται από τους ειδικούς, δε λαμβάνεται υπόψη ότι οι αθλητές αντοχής των ατομικών αγωνισμάτων έχουν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αθλητών για παρατεταμένο αερόβιο έργο (π.χ. μεγάλη κατανομή αργών μυϊκών ινών, κληρονομικές καταβολές για αερόβιο μυϊκό έργο). Οι παίκτες των αθλοπαιδιών, αντιθέτως, έχουν διαφορετικά φυσιολογικά γνωρίσματα ως προς την κατανομή των μυϊκών ινών και των κληρονομικών τους καταβολών, όχι μόνο σε σχέση με τους αθλητές αντοχής, αλλά και μεταξύ τους στην ίδια την ομάδα. Άλλοι παίκτες υπερτερούν στην αερόβια ικανότητα και άλλοι στην αναερόβια. Η θέση, στην οποία παίζει κάθε παίκτης, αντιπροσωπεύει την ικανότητα του παίκτη να αντεπεξέρχεται στις απαιτήσεις της θέσης στο παιχνίδι. Ο εκρηκτικός τύπος ποδοσφαιριστή, για παράδειγμα, δεν είναι ικανός να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στη θέση της μεσαίας γραμμής, γιατί δεν έχει υψηλή ικανότητα αερόβιας αντοχής. Ο παίκτης, επίσης, της μεσαίας γραμμής δεν μπορεί να ανταποκρίνεται στο κέντρο της αμυντικής ζώνης, επειδή δεν έχει υψηλή αναερόβια ισχύ και δεν είναι ικανός για εκρηκτικού τύπου προσπάθειες. Το ίδιο ισχύει και στο μπάσκετ και το χάντμπολ με τους παίκτες που οργανώνουν το παιχνίδι ή για τον πασαδόρο στο βόλεϊ. Οι παίκτες αυτοί υπερτερούν στην αερόβια αντοχή και όχι στην αναερόβια ισχύ.

Οι παίκτες γενικά που υπερτερούν στην αερόβια ικανότητα, μειονεκτούν στις προσπάθειες εκρηκτικού τύπου και στην ταχύτητα. Αντιθέτως, οι παίκτες που υπερτερούν στις εκρηκτικές προσπάθειες και την ταχύτητα, μειονεκτούν σε προσπάθειες αερόβιου έργου. Το γεγονός αυτό αποδίδεται σε κληρονομικούς παράγοντες και έχει σχέση με την ικανότητα του ατόμου να ενεργοποιεί αποτελεσματικότερα τις αργές ή τις γρήγορες κινητικές μονάδες, προκαλώντας μεταβολικές προσαρμογές στις αντίστοιχες μυϊκές ίνες με την προπόνηση. Οι παίκτες, ωστόσο, της μεσαίας γραμμής στο ποδόσφαιρο και οι οργανωτές του παιχνιδιού στα άλλα αθλήματα που μειονεκτούν στην ταχύτητα, μπορούν να αντεπεξέρχονται με επιτυχία στο γρήγορο ρυθμό παιχνιδιού σε όλη τη διάρκειά του. Αρκετά συχνά παρατηρούμε ότι πολλοί παίκτες διαθέτουν υψηλή ικανότητα αντοχής και εξίσου υψηλή ικανότητα στην ταχύτητα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην υψηλή αγωνιστική ευφυΐα που διαθέτουν και στις ανεπτυγμένες νοητικές διεργασίες του κεντρικού νευρικού τους συστήματος. Οι παίκτες αυτοί αντιδρούν γρήγορα στις απρόβλεπτες αγωνιστικές καταστάσεις του παιχνιδιού, επειδή αντιλαμβάνονται και προβλέπουν αποτελεσματικότερα τις κινήσεις των συμπαίκτων και των αντιπάλων με την μπάλα ή χωρίς αυτή. Ο γρήγορος ρυθμός επιτυγχάνεται στο παιχνίδι, επειδή οι παίκτες αυτοί έχουν υψηλή ενεργειακή οικονομία και την ικανότητα να αξιοποιούν υψηλό ποσοστό από τη μέγιστή τους πρόσληψη οξυγόνου ($\%VO_{2max}$). Η ενεργειακή οικονομία και η αξιοποίηση ενός υψηλού ποσοστού της VO_{2max} , δίνει τη δυνατότητα στους παίκτες να έχουν το αναερόβιο τους κατώφλι σε υψηλότερο επίπεδο. Επειδή το αναερόβιο κατώφλι εκφράζει το ανώτατο επίπεδο κατανάλωσης οξυγόνου στη διάρκεια της άσκησης, πρακτικά αυτό σημαίνει πως

οι κινητικές προσπάθειες εκτελούνται με υψηλότερο ποσοστό της VO_2max , με υψηλότερη, δηλαδή, ένταση, μέχρι να συσσωρευτεί το γαλακτικό στα $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Αν το αναερόβιο κατώφλι των παικτών αυτών, για παράδειγμα, εμφανίζεται σε προσπάθειες καρδιακής συχνότητας που αντιστοιχεί στους 170 ή 180 κτ/min, οι προσπάθειες αυτές υποστηρίζονται πρωτίστως από τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας και εκτελούνται με γρήγορο ρυθμό και μεγάλη διάρκεια (εικόνα 3.9). Στο γρήγορο αυτό ρυθμό παιχνιδιού η ενέργεια παρέχεται από τη καύση των λιπών και του γλυκογόνου αερόβια, επιτυγχάνοντας ενεργειακή οικονομία στο αποθηκευμένο γλυκογόνο των γρήγορων κινητικών μονάδων. Η βελτίωση του αναερόβιου κατωφλίου, δηλαδή, αποτυπώνει ουσιαστικά την ικανότητα του παίκτη να ανταποκρίνεται στο γρήγορο ρυθμό παιχνιδιού, μέχρι το τέλος του.

Η αερόβια προπόνηση προκαλεί προσαρμογές στο σύστημα μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου. Οι προσαρμογές είναι υψηλότερες στο σύστημα κατανάλωσης (μύες) και πολύ χαμηλότερες στο σύστημα μεταφοράς (καρδιά, πνεύμονες). Κατά το Wanger (2000), το σύστημα μεταφοράς υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, ενώ οι μύες έχουν τη δυνατότητα να καταναλώνουν πολύ περισσότερο οξυγόνο από αυτό που μεταφέρεται από το σύστημα μεταφοράς. Το επίπεδο των προσαρμογών ανάμεσα στα δυο συστήματα, φαίνεται στα αποτελέσματα δύο μελετών που πραγματοποίησε ο Bangsbo (1994) σε ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου. Στους παίκτες αυτούς ($n=14$), η VO_2max αυξήθηκε ελάχιστα μετά από 5 εβδομάδες αερόβιας προπόνησης, ενώ τοπικά τα οξειδωτικά ένζυμα των μυϊκών ινών και το δίκτυο των τριχοειδών αιμοφόρων αγγείων αυξήθηκαν κατά 10 και 15% αντίστοιχα, ανά μυϊκή ίνα. Ως αποτέλεσμα των τοπικών προσαρμογών που προήλθαν από την προπόνηση, οι συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα κυμαίνονταν σε χαμηλότερα επίπεδα. Σημαντικά είναι, επίσης, τα ευρήματα της δεύτερης μελέτης, για τους παίκτες εκείνους που απέχουν από την προπόνηση και τον αγώνα για διάφορους λόγους. Οι παίκτες της μελέτης απείχαν από την προπόνηση για 3 εβδομάδες. Αμέσως μετά την αποχή μετρήθηκε η VO_2max στον κυλιόμενο τάπητα και η σωματική απόδοση στο γήπεδο, με την εκτέλεση δοκιμασίας πεδίου (τεστ σε συνθήκες γηπέδου). Οι μετρήσεις έδειξαν αναλλοίωτη τη VO_2max και μειωμένη κατά 8% την απόδοση σε συνθήκες γηπέδου. Η μείωση προήλθε από αντίστοιχη μείωση της οξειδωτικής ενζυματικής λειτουργίας των μυών κατά 20 ως 30%. Από τα αποτελέσματα φαίνεται η προσαρμοστική ικανότητα του μυϊκού συστήματος με την αερόβια προπόνηση και η πτώση της απόδοσης από τη γρήγορη αναστροφή των τοπικών προσαρμογών. Ακόμη φαίνεται, πως η αερόβια προπόνηση δε βελτιώνει απλώς την αντοχή των παικτών, αλλά μπορεί να επηρεάζει θετικά και την ικανότητά τους να διατηρούν την απόδοσή τους σε υψηλό επίπεδο.

Η επίτευξη αερόβιων προσαρμογών με την προπόνηση, η μείωσή τους με την αποχή και η επανάκτησή τους με την προπόνηση, απασχόλησε από παλιά τους ερευνητές. Γενικά, ο χρόνος που απαιτείται για την ανάκτηση μιας προσαρμογής είναι μεγαλύτερος από αυτόν που απαιτείται για τη μείωσή της. Σε αθλητές ημιαντοχής που ήταν ξαπλωμένοι στο κρεβάτι για 20 ημέρες, η VO_2max μειώθηκε κατά 27%. Οι αθλητές αυτοί χρειάστηκε να προπονηθούν για πολύ μεγαλύτερο χρόνο, μέχρι να επανέλθει αυτή στα προηγούμενα

αρχικά επίπεδα (Saltin et al. 1968). Οι μειώσεις με την αποχή και η επανάκτηση με την προπόνηση σχετίζεται με το προπονητικό επίπεδο του αθλητή. Όσο ψηλότερο είναι αυτό, τόσο μεγαλύτερες είναι οι μειώσεις και τόσο περισσότερος χρόνος απαιτείται για την επανάκτηση. Μεγαλύτερες μειώσεις με την αποχή και πολύ περισσότερος χρόνος αερόβιας προπόνησης απαιτείται, για την αναστροφή των μεταβολικών προσαρμογών που επιτελούνται στα μυϊκά κύτταρα. Ο χρόνος επανάκτησης των προσαρμογών είναι τετραπλάσιος σχεδόν από το χρόνο αναστροφής τους. Αποχή από την προπόνηση για μια εβδομάδα, μειώνει κατά 50% τις προσαρμογές που επιτελούνται στα μιτοχόνδρια των μυϊκών κυττάρων. Για την επανάκτηση των προσαρμογών απαιτείται αερόβια προπόνηση 4 εβδομάδων (Booth 1977). Οι επιπτώσεις στην αγωνιστική απόδοση από την αποχή λίγων εβδομάδων, λόγω τραυματισμού ή άλλης αιτίας είναι προφανής για τους παίκτες των αθλοπαιδιών που επανεντάσσονται στις προπονήσεις της ομάδας. Πριν την επανένταξή τους είναι αναγκαίο να προβαίνουν σε εξατομικευμένη προπόνηση αερόβιας αντοχής, ώστε να αντεπεξέρχονται στις αγωνιστικές συνθήκες της ομάδας.

Μυϊκές προσαρμογές	
Κατανάλωση οξυγόνου	↑
Μέγεθος και αριθμός μιτοχονδρίων	↑
Μυοσφαιρίνη ως μεταφορέας και αποθήκη οξυγόνου	↑
Πυκνότητα δικτύου τριχοειδών αγγείων στις μυϊκές ίνες	↑
Κατανάλωση λιπών και υδατανθράκων στις αργές μυϊκές ίνες	↑
Αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου, ATP, CP	↑
Συσσωρευση γαλακτικού στο αίμα στην υπομέγιστη προσπάθεια	↓
Αναερόβιο κατώφλι	↑

Πίνακας 3.1. Η βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των παικτών είναι αποτέλεσμα της αυξημένης παραγωγής ενέργειας με αερόβιες διαδικασίες. Αυτές γίνονται στα μιτοχόνδρια των μυϊκών ινών. Με την αερόβια προπόνηση αυξάνεται ο αριθμός και το μέγεθος των μιτοχονδρίων, η πυκνότητα του δικτύου των τριχοειδών αγγείων και η μυοσφαιρίνη του αίματος που μεταφέρει οξυγόνο στους μυς. Με την αύξηση των καρδιακών κτύπων στέλνεται περισσότερο αίμα και οξυγόνο στους μυς για την καύση των λιπών. Η αυξημένη παραγωγή ενέργειας με αερόβιες διαδικασίες ανεβάζει το αναερόβιο κατώφλι, μειώνοντας παράλληλα τη συσσωρευση γαλακτικού στο αίμα. Για την πρόκληση προσαρμογών, η προπόνηση πρέπει να στηρίζεται στις αρχές της προπονητικής επιβάρυνσης.

Με την αερόβια προπόνηση προκαλούνται προσαρμογές και στα δυο συστήματα και οι μεγαλύτερες επιτελούνται στους μυς. Στο κεντρικό σύστημα ή σύστημα μεταφοράς οι προσαρμογές αφορούν τον όγκο αίματος που διοχετεύει η καρδιά σε κάθε κτύπο της και τη λειτουργία των πνευμόνων. Στο περιφερικό σύστημα ή σύστημα κατανάλωσης αυτές προκαλούνται στο δίκτυο των τριχοειδών αγγείων των μυϊκών ινών, στο μέγεθος των μιτοχονδρίων και την πυκνότητά τους, καθώς και στη δραστηριότητα των ενζύμων τους (πίνακας 3.1). Με τη συστηματική προπόνηση επηρεάζεται σταδιακά η δομή και λειτουργία των μυϊκών κυττάρων, ώστε να ανταποκρίνονται στις ενεργειακές απαιτήσεις των κινητικών προσπαθειών. Οι επιβαρύνσεις των προσπαθειών αποτελούν ουσιαστικά

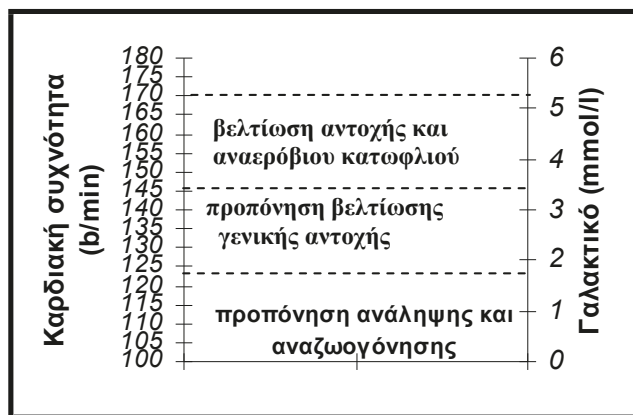
το μέσο για την ενεργοποίηση των ενεργειακών συστημάτων, προκαλώντας συνακόλουθα αντίστοιχες τοπικές προσαρμογές, προκειμένου να είναι αποτελεσματικότερη η αξιοποίηση της ενέργειας που προσφέρεται στους ασκούμενους μυς.

Η βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των παικτών επιτυγχάνεται σταδιακά με αλληλουχία μεταβολικών και λειτουργικών μεταβολών στους μυς, η οποία γίνεται αντιληπτή με την αντίστοιχη βελτίωση (άνοδο) του αναερόβιου κατώφλιου και της απόδοσης. Ο προπονητής δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζει τον τρόπο, με τον οποίο επιτελούνται οι προσαρμογές κεντρικά και περιφερικά. Πρέπει, όμως, να γνωρίζει τις αρχές προπόνησης, σύμφωνα με τις οποίες προκαλούνται αυτές οι προσαρμογές. Για τη βελτίωση της αερόβιας αντοχής των παικτών απαιτείται μεγάλος όγκος προπονητικής επιβάρυνσης. Ο όγκος αυτός υλοποιείται με χαμηλή και μεσαία ένταση. Πρακτικά αυτό σημαίνει, πως για τη βελτίωση της αερόβιας αντοχής των παικτών και συνακόλουθα του αναερόβιου κατώφλιου, ο ρυθμός εκτέλεσης των προσπαθειών πρέπει να κυμαίνονται ανάμεσα στο αερόβιο και αναερόβιο κατώφλι (μεταξύ 2 και 4 mmol·l⁻¹ συγκεντρώσεων γαλακτικού). Ο ρυθμός αυτός εκτέλεσης είναι χαμηλός ως μέτριος. Ο ρυθμός αυτός, ωστόσο, είναι σχετικά γενικός για τον προπονητή και δε γίνεται άμεσα αντιληπτός. Περισσότερο κατανοητή γίνεται η ένταση των προσπαθειών στον προπονητή και τον παίκτη, όταν αυτές εκτελούνται σύμφωνα με την καρδιακή συχνότητα. Έτσι, όταν στην αρχή της προετοιμασίας η ένταση των προσπαθειών κυμαίνεται ανάμεσα στους 120 και 150 κτ/min περίπου, η προπόνηση κυμαίνεται ανάμεσα στο αερόβιο και αναερόβιο κατώφλι.

Η αλληλουχία των μεταβολικών μεταβολών στους ασκούμενους μυς είναι αποτέλεσμα της συστηματικής προπονητικής επιβάρυνσης. Αυτό συμβαίνει, γιατί ο μεγάλος όγκος επιβάρυνσης και ο χαμηλός και μέτριος ρυθμός εκτέλεσης ενεργοποιεί το καρδιαγγειακό σύστημα. Με την αυξημένη καρδιακή συχνότητα στέλνεται σε κάθε λεπτό περισσότερος όγκος αίματος στους ασκούμενους μυς. Η αναπνευστική λειτουργία αυξάνεται και αυτή, αποδίδοντας περισσότερο οξυγόνο στο καρδιαγγειακό σύστημα. Ο αυξημένος όγκος αίματος μεταφέρει περισσότερο οξυγόνο στους ασκούμενους μυς (αργές κινητικές μονάδες), οι οποίοι καθίστανται σταδιακά ικανοί να δεσμεύουν και καταναλώνουν περισσότερο οξυγόνο για τις καύσεις των λιπών. Για να μπορούν οι μύες να δεσμεύουν περισσότερο οξυγόνο, αποθηκεύονται σε αυτούς υψηλά επίπεδα μυοσφαιρίνης. Για τη δέσμευση περισσότερου οξυγόνου και παροχής ενέργειας, το δίκτυο των τριχοειδών αγγείων των μυϊκών κυττάρων αυξάνεται σταδιακά. Για την κατανάλωση περισσότερου οξυγόνου στους μυς, αυξάνεται η πυκνότητα και ο όγκος των μιτοχονδρίων και τα ένζυμά τους γίνονται λειτουργικότερα και πολύ δραστικά. Στο παραπάνω παράδειγμα, φαίνεται σε γενικές γραμμές η αλληλουχία των μεταβολών που προκαλούνται με την αερόβια προπόνηση. Εφόσον δημιουργούνται οι προϋποθέσεις αυτές (προσαρμογές) κεντρικά και περιφερικά, βελτιώνεται η αερόβια ικανότητα του παίκτη και συνακόλουθα το αναερόβιο κατώφλι. Όσο μεγαλύτερες είναι οι προσαρμογές αυτές, τόσο αποτελεσματικότερα ανταποκρίνονται οι παίκτες στους στόχους της προπόνησης αντοχής.

Η προπόνηση αερόβιας αντοχής στους παίκτες των αθλοπαιδιών έχει πολλαπλούς

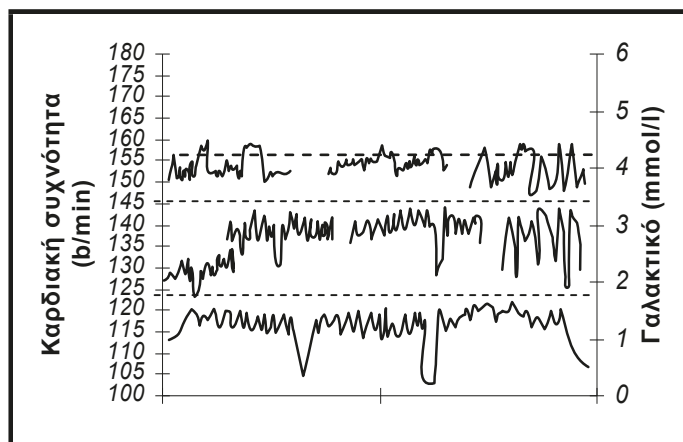
στόχους. Αυτοί αποβλέπουν στη βελτίωση της απόδοσης, καθώς και στην ανάληψη και αναζωογόνηση του οργανισμού. Το υψηλό επίπεδο αερόβιας αντοχής συμβάλει στην ικανότητα του παίκτη να αντεπεξέρχεται στο μεγάλο όγκο της επιβάρυνσης του αγώνα, χωρίς να μειώνεται η απόδοση και η αυτοσυγκέντρωσή του, εξαιτίας της κόπωσης. Η ικανότητα γρήγορης ανάληψης στη διάρκεια των φάσεων του παιχνιδιού, στις οποίες οι προσπάθειες εκτελούνται με χαμηλότερο ρυθμό και η γρηγορότερη ανάληψη στη διάρκεια των διακοπών του, επιτρέπει στον παίκτη να εκτελεί προσπάθειες υψηλού ρυθμού και στις τελευταίες προσπάθειες του αγώνα, χωρίς να φτάνει στα όρια της εξάντλησης. Το υψηλό επίπεδο αερόβιας αντοχής συμβάλει και στη γρηγορότερη αποκατάσταση του παίκτη μετά την προπόνηση και τον αγώνα, όπως και στην περίπτωση που η συχνότητα των προπονήσεων και των αγώνων είναι πυκνή.



Εικόνα 3.11. Κατά την προπόνηση ανάληψης και αναζωογόνησης οι εντάσεις είναι χαμηλές, γιατί στόχος της είναι η αποκατάσταση του οργανισμού και όχι η επίτευξη προσαρμογών. Κατά την προπόνηση για τη βελτίωση της γενικής αντοχής οι εντάσεις είναι λίγο ψηλότερες, για να επιτευχθούν προσαρμογές, πάνω στις οποίες θεμελιώνεται η άνοδος του αναερόβιου κατωφλίου.

Η επιβάρυνση στην προπόνηση αντοχής έχει πάντοτε σχέση με το στόχο που υλοποιείται (εικόνα 3.11). Όταν στόχος της είναι η αποκατάσταση και αναζωογόνηση του οργανισμού μετά τον αγώνα ή μιας σειράς σκληρών προπονήσεων, η προπονητική επιβάρυνση πρέπει να είναι χαμηλής έντασης και μεγάλου όγκου. Αν η επιβάρυνση οριοθετούνταν σε περιοχές, ανάλογα με την παραγωγή γαλακτικού (εικόνα 3.13) ή της καρδιακής συχνότητας, τότε η προπόνηση αντοχής για αποκατάσταση και αναζωογόνηση οριοθετείται κάτω από το αερόβιο κατώφλι (π.χ. μέσος όρος καρδιακής συχνότητας 120 περίπου κτύποι το λεπτό). Αν στόχος της προπόνησης αντοχής είναι η απόκτηση μιας πλατιάς βάσης αντοχής (βασική ή γενική αντοχή), τότε η ένταση κυμαίνεται λίγο ψηλότερα από πριν (π.χ. μέσος όρος καρδιακής συχνότητας 140 περίπου κτύποι το λεπτό) και ο όγκος είναι μεγάλος, όσο περίπου και ο όγκος της προπόνησης για αναζωογόνηση. Σε σχέση με την παραγωγή γαλακτικού, οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται λίγο πιο πάνω από το αερόβιο κατώφλι και πιο κάτω από το αναερόβιο. Αν πάλι στόχος της προπόνησης αντοχής είναι η βελτίωση της αερόβιας αντοχής και η παραπέρα άνοδος του αναερόβιου κατωφλίου, τότε η ένταση κυμαίνεται λίγο πιο ψηλότερα από πριν (π.χ. μέσος όρος καρδιακής συχνότητας 150-155 περίπου κτύποι το λεπτό) και ο όγκος είναι και πάλι μεγάλος, αλλά είναι λίγο μικρότερος από την προπόνηση της βασικής ή γενικής αντοχής. Σε σχέση με την

παραγωγή γαλακτικού, οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται λίγο πιο κάτω και λίγο πιο πάνω από το αναερόβιο κατώφλι. Κατά την υλοποίηση του παραπάνω προπονητικού στόχου, η αναλογία των επιβαρύνσεων είναι μεγαλύτερη στις εντάσεις που βρίσκονται λίγο πιο κάτω από το αναερόβιο κατώφλι και πολύ μικρότερη στις εντάσεις που το υπερβαίνουν. Σε όλες τις περιπτώσεις οι εντάσεις των προσπαθειών εκτελούνται με εναλλασσόμενο ρυθμό, για την ενεργοποίηση ποικίλων κινητικών μονάδων βραδείας συστολής και ο τρόπος εφαρμογής τους στηρίζεται στις προπονητικές αρχές της επιβάρυνσης (εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.12. Μεταξύ των προπονητικών μονάδων και στην προπονητική μονάδα οι εντάσεις των προσπαθειών εκτελούνται με εναλλασσόμενο ρυθμό. Η ένταση των προσπαθειών και η διάρκειά τους στηρίζεται πάντοτε στις αρχές επιβάρυνσης. Στόχος της προπόνησης είναι η ενεργοποίηση ποικίλων κινητικών μονάδων βραδείας συστολής με διαφορετικό κατώφλι ερεθισμού.

Η εναλλαγή των εντάσεων μπορεί να γίνεται στην προπονητική μονάδα και σταδιακά μεταξύ των προπονητικών μονάδων, ανάλογα κάθε φορά με το στόχο της προπόνησης. Ο κανόνας της επιβάρυνσης ως προς την καρδιακή συχνότητα είναι ενδεικτικός και έχει σχέση με το προπονητικό επίπεδο των παικτών (π.χ. κατηγορία) και την ικανότητα του παίκτη για την παραγωγή αερόβιου έργου. Στους παίκτες με υψηλό επίπεδο αερόβιου έργου (π.χ. παίκτες μεσαίας γραμμής στο ποδόσφαιρο και οργανωτές του παιχνιδιού στα άλλα αθλήματα), οι εντάσεις πρέπει να είναι λίγο υψηλότερες. Με την προοδευτική βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των παικτών, οι εντάσεις πρέπει να αυξάνονται αναλογικά και ο όγκος της επιβάρυνσης μπορεί να διατηρείται στα ίδια περίπου επίπεδα ή μπορεί να μειώνεται σταδιακά. Αυτό πρέπει να γίνεται μετά τη δεύτερη περίπου εβδομάδα της προετοιμασίας και στην αγωνιστική περίοδο, όταν στόχος της προπόνησης στην περίοδο αυτή είναι η βελτίωση ή η διατήρηση της αερόβιας αντοχής. Μετά την τρίτη εβδομάδα περίπου και ύστερα, η προπόνηση αποβλέπει στη θεμελίωση του φορμαρίσματος των παικτών και πραγματοποιείται με υψηλότερες εντάσεις, οι οποίες ξεπερνούν το αναερόβιο κατώφλι.

Αναερόβια προπόνηση και προσαρμογές

Στη διάρκεια του παιχνιδιού στις αθλοπαιδιές οι παίκτες πολύ συχνά εκτελούν εκρηκτικές προσπάθειες που απαιτούν γρήγορη ανάπτυξη της δύναμης, όπως είναι οι εκκινήσεις, οι επιταχύνσεις, τα σπριντ, τα σουτ, οι μακρινές μεταβιβάσεις, οι αλλαγές