

Επίδραση της Κολυμβητικής Προπόνησης στην απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος

Τσαλής, Γεώργιος, Καλλιτσάρης Αναστάσιος, Τσαλουχίδου Σοφία, Μούγιος Βασίλειος.

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, ΤΕΦΑΑ Θεσσαλονίκης.

Περίληψη

Παρότι υψηλές μετασκησιακές τιμές γαλακτικού οξέος έχουν συνδεθεί θετικά με την απόδοση σε αγωνίσματα που διαρκούν 1-2 min, είναι επιθυμητή η γρήγορη απομάκρυνσή του μετά την άσκηση για την επιστροφή των μυών σε πλήρη ικανότητα συστολής. Υπάρχει έλλειψη ερευνητικών στοιχείων σχετικά με την επίδραση της προπόνησης στην απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος από το αίμα μετά από τέτοιες προσπάθειες. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της επίδρασης της προπόνησης στην απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος μετά από μέγιστη προσπάθεια και της σχέσης της απομάκρυνσης με την επίδοση στα 100 m κολύμβησης. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 21 ενεργοί κολυμβητές ταχύτητας, οι οποίοι πραγματοποίησαν δύο δοκιμασίες κολύμβησης 100 m σε μέγιστη ένταση, στο αγώνισμά τους, με διαφορά έξι εβδομάδων η μια από την άλλη. Στο διάστημα αυτό ακολούθησαν αγωνιστική προετοιμασία για το Διασυλλογικό Κύπελλο Ελλάδας. Το γαλακτικό οξύ μετρήθηκε σε τριχοειδικό αίμα πριν από κάθε δοκιμασία και από το 5ο ως το 21ο λεπτό μετά από αυτήν, ανά 4 min. Οι καμπύλες του γαλακτικού οξέος μετά τις δυο δοκιμασίες δεν διέφεραν σημαντικά, αλλά παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική μείωση στην τιμή του γαλακτικού οξέος στο 21ο λεπτό μετά τη δεύτερη δοκιμασία σε σύγκριση με την πρώτη. Επίσης αυξήθηκε σημαντικά το ποσοστό απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από την κορύφωσή του ως το 21ο λεπτό. Η επίδοση των κολυμβητών ήταν σημαντικά καλύτερη κατά τη δεύτερη δοκιμασία, αλλά η βελτίωσή της δε σχετίστηκε με την αύξηση του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η κολυμβητική προπόνηση βελτιώνει την απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος από το αίμα μετά από μέγιστη άσκηση, αν και η βελτίωση αυτή δε σχετίζεται με την απόδοση.

Λέξεις κλειδιά: γαλακτικό οξύ, επίδοση, προπόνηση, κολύμβηση.

Εισαγωγή

Παρότι υψηλές μετασκησιακές τιμές γαλακτικού οξέος στο αίμα έχουν συνδεθεί θετικά με την απόδοση σε αγώνισμα που διαρκούν 1-2 min (Billat, 1996), η παραμονή του γαλακτικού οξέος στον οργανισμό είναι ανεπιθύμητη, γιατί συνδέεται με την εμφάνιση καμάρου. Αντίθετα, είναι επιθυμητή η γρήγορη απομάκρυνσή του, ώστε οι μύες να επιστρέψουν σε πλήρη ικανότητα συστολής το συτομότερο δυνατό.

Τα ερευνητικά στοιχεία σχετικά με την επίδραση της προπόνησης στην απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος είναι πολύ λιγότερα από τα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης στην παραγωγή του. Έρευνες έχουν βρει ότι η αερόβια προπόνηση αυξάνει την ταχύτητα απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από το αίμα μετά από παρατεταμένα, μέτρια ή έντονη προσπάθεια (Bergman et al., 1999_ Fukuba et al. 1999_ MacRae et al., 1992_ Messonnier et al., 2001_ Phillips et al., 1995). Η αύξηση αυτή έχει συσχετισθεί θετικά με την απόδοση σε άσκηση υψηλής έντασης (Messonnier et al., 1997, 2002).

Όλες οι παραπάνω εργασίες αναφέρονται σε αερόβιες ασκήσεις. Δημιουργείται εύλογα το ερώτημα, αν η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος μετά από αναερόβιες ασκήσεις επηρεάζεται από την προπόνηση και αν σχετίζεται με την απόδοση. Σκοπός επομένως της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει αν μια κολυμβητική προπόνηση έξι εβδομάδων μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά της απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από το αίμα μετά από μια μέγιστη προσπάθεια 100 m κολύμβησης και αν η μεταβολή αυτή σχετίζεται με την απόδοση.

Μεθοδολογία

Δείγμα

Στη μελέτη έλαβαν μέρος 21 άρρενες κολυμβητές ταχύτητας, ηλικίας $19,8 \pm 2,1$ ετών (εύρος 17 – 26). Η σωματική τους μάζα ήταν $74,7 \pm 6,8$ kg και το ανάστημά τους $1,83 \pm 0,10$ m. Οι συμμετέχοντες ήταν ενεργοί αθλητές προπονητικής ηλικίας $8,8 \pm 2,6$ ετών με ανελλιπή συμμετοχή στην καθημερινή προπόνηση. Οι κολυμβητές και οι γονείς όσων κολυμβητών δεν είχαν συμπληρώσει το 18ο έτος της ηλικίας τους ενημερώθηκαν για το σχεδιασμό και τους πιθανούς κινδύνους της έρευνας και συγκατατέθηκαν να συμμετάσχουν. Η μελέτη σχεδιάστηκε και διεξήχθη σύμφωνα με τον Κώδικα Δεοντολογίας Ερευνών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Πειραματικό πρωτόκολλο

Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν σε απογευματινή ώρα δύο κολυμβητικές δοκιμασίες 100 m μέγιστης έντασης στο ατομικό τους αγώνισμα, με διαφορά έξι εβδομάδων η μια από την άλλη. Κατά τις ημέρες των δοκιμασιών δεν έκαναν πρωινή προπόνηση, ενώ τις δυο προηγούμενες ημέρες ακολούθησαν προπόνηση αποκατάστασης. Οι κολυμβητές πραγματοποίησαν την ίδια προθέρμανση και στις δυο δοκιμασίες. Είκοσι λεπτά αργότερα έδωσαν δείγμα αίματος από τη ρά-

γα του δακτύλου σε καθιστή θέση για τον προσδιορισμό της τιμής ηρεμίας του γαλακτικού οξέος. Το αίμα αναμείχθηκε αμέσως με διάλυμα υπερχλωρικού οξέος και καταψύχθηκε μέχρι να αναλυθεί. Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες κολύπησαν τα 100 m με μέγιστη ένταση και έδωσαν δείγματα αίματος με τον ίδιο τρόπο στο 5ο, 9ο, 13ο, 17ο και 21ο λεπτό μετά τον τερματισμό. Στο διάστημα αυτό παρέμειναν ήρεμοι.

Όλα τα δείγματα αίματος αναλύθηκαν την ίδια ημέρα. Αρχικά φυγοκεντρήθηκαν στα 1500 g για 5 min και στη συνέχεια μετρήθηκε το γαλακτικό οξύ στο υπερκείμενο υγρό φασματοφωτομετρικά με ένα σύνολο αντιδραστηρίων της εταιρείας Sigma Diagnostics (St. Louis, USA). Το ποσοστό απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος υπολογίστηκε ως η διαφορά της μέγιστης τιμής κάθε κολυμβητή από την τιμή στο 21ο λεπτό, προς τη μέγιστη τιμή επί 100.

Καταγραφή προπονητικής επιβάρυνσης

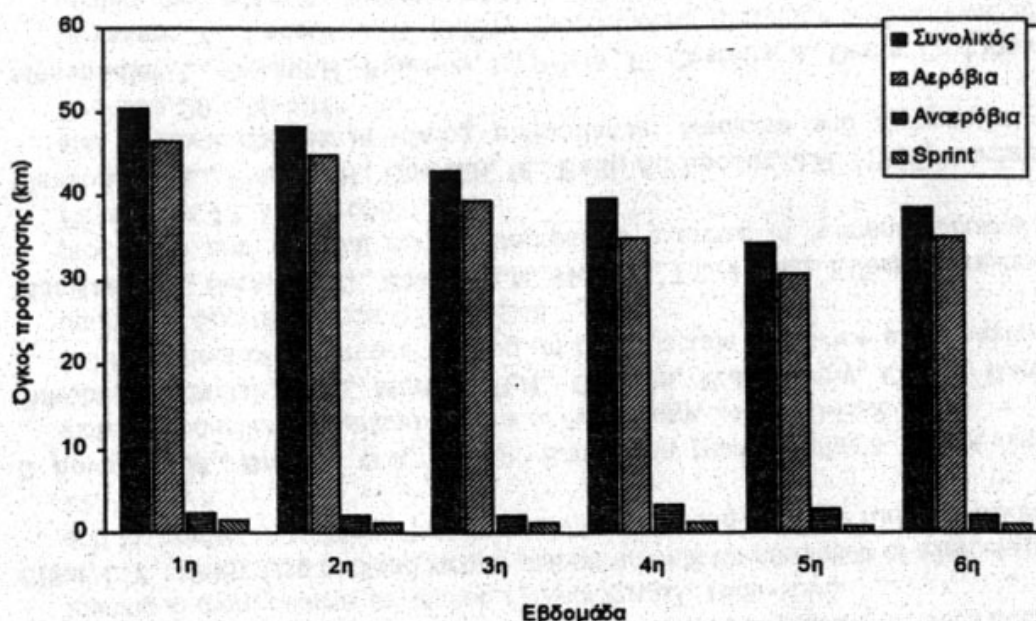
Στους προπονητές των κολυμβητών δόθηκε έντυπο καταγραφής της καθημερινής προπονητικής διαδικασίας για τις έξι εβδομάδες που μεσολάβησαν μεταξύ των δυο δοκιμασιών. Από την καταγραφή αυτή προσδιορίστηκε το είδος της προπόνησης ως εξής: α) αερόβια προπόνηση, σε ταχύτητες που αντιστοιχούσαν σε συγκέντρωση γαλακτικού οξέος κάτω από 4 mmol/L αίματος, όπως είχαν προσδιοριστεί με προηγούμενες μετρήσεις, β) αναερόβια προπόνηση, σε υψηλότερες ταχύτητες, και γ) προπόνηση sprint, δηλαδή κολύμβηση μικρής απόστασης με μέγιστη ταχύτητα.

Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση. Για τη σύγκριση της κολυμβητικής επίδοσης, της μέγιστης συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος και του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος μεταξύ των δυο δοκιμασιών χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία *t* του Student για ζευγαρωτές παρατηρήσεις. Οι τιμές του γαλακτικού οξέος στα διάφορα χρονικά σημεία συγκρίθηκαν με ανάλυση διακύμανσης κατά δυο παράγοντες (δοκιμασία \times χρόνος) με επανειλημμένες μετρήσεις και στους δυο παράγοντες. Ζευγαρωτές συγκρίσεις των δυο δοκιμασιών σε κάθε χρονικό σημείο έγιναν με ανάλυση απλών κύριων επιδράσεων. Η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων εξετάστηκε με ανάλυση συσχέτισης κατά Pearson. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha = 0,05$.

Αποτελέσματα

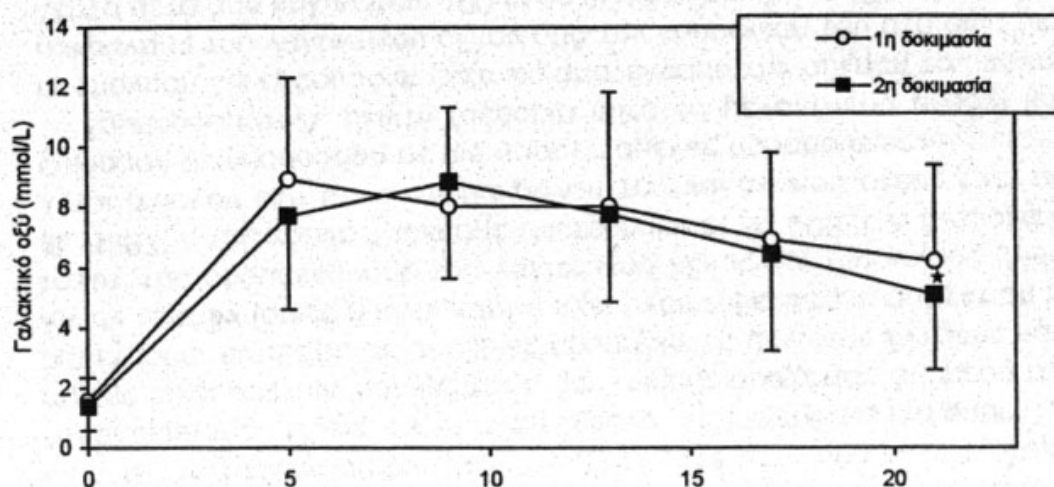
Η προπόνηση των κολυμβητών κατά τις έξι εβδομάδες της μελέτης ήταν κυρίως αερόβια (σχήμα 1). Ο συνολικός όγκος της προπόνησης ανά εβδομάδα και ο όγκος της αερόβιας προπόνησης μειώθηκαν σταδιακά με εξαίρεση την τελευταία εβδομάδα. Αντίθετα, η αναερόβια προπόνηση και η προπόνηση sprint παρουσίασαν μια σταθερότητα. Η αερόβια προπόνηση κατέλαβε το 88-93 % του όγκου προπόνησης, η αναερόβια προπόνηση το 4,3-8,4 % και η προπόνηση sprint το 2,6-3,5 %.



Σχήμα 1. Χιλιόμετρα που διήνυσε κάθε κολυμβητής συνολικά και ανά είδος προπόνησης καθεμιά από τις έξι εβδομάδες του προπονητικού προγράμματος.

Δεκαεπτά κολυμβητές (81 %) βελτίωσαν την επίδοσή τους κατά τη δεύτερη δοκιμασία. Οι 21 κολυμβητές κάλυψαν την απόσταση των 100 m κατά τη δεύτερη δοκιμασία σε $64,16 \pm 6,10$ sec έναντι $64,98 \pm 6,37$ s κατά την πρώτη ($p = 0,006$), δηλαδή κατά 0,82 sec γρηγορότερα.

Η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα κορυφώθηκε μέσα στο πρώτο δεκάλεπτο μετά το τέλος κάθε δοκιμασίας και στη συνέχεια μειώθηκε με αργότερο ρυθμό (σχήμα 2).



Σχήμα 2. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στο αίμα μετά από μέγιστη δοκιμασία 100 m κολύμβησης πριν και μετά την προπόνηση των έξι εβδομάδων. Ο αστερίσκος δηλώνει τη χρονική στιγμή με σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο δοκιμασιών.

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις (όπως υπολογίστηκαν από τις επιμέρους μέγιστες τιμές των συμμετεχόντων ανεξαρτήτως του χρόνου στον οποίο σημειώθηκαν) ήταν $10,2 \pm 3,8$ mmol/L μετά την πρώτη δοκιμασία και $10,0 \pm 3,1$ mmol/L μετά τη δεύτερη, χωρίς να διαφέρουν σημαντικά. Επίσης δεν διέφεραν σημαντικά οι καμπύλες των δυο δοκιμασιών συνολικά. Ωστόσο, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος 21 min μετά τη δεύτερη δοκιμασία ήταν σημαντικά χαμηλότερη (κατά 1,1 mmol/L) από την αντίστοιχη τιμή της πρώτης δοκιμασίας ($p = 0,036$). Το ποσοστό απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος αυξήθηκε σημαντικά και από 38 ± 20 % στην πρώτη δοκιμασία έφθασε στο 49 ± 20 % στη δεύτερη ($p = 0,008$).

Παρά τη βελτίωση της επίδοσης των κολυμβητών και την αύξηση του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος, δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ αυτών των παραμέτρων. Επίσης δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση των κολυμβητών και τη μέγιστη τιμή του γαλακτικού οξέος ή την τιμή του γαλακτικού οξέος στο 21ο λεπτό.

Συζήτηση

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξεταστεί αν η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος μετά από μέγιστη προσπάθεια διάρκειας περίπου 1 min, επηρεάζεται από προπόνηση έξι εβδομάδων σε κολυμβητές ταχύτητας. Η προπόνηση αυτή είχε πρωταρχικά αερόβια κατεύθυνση (με μέσο όρο 91 % του συνολικού όγκου). Ο στόχος της προπόνησης, δηλαδή η βελτίωση της επίδοσης στα 100 m, επετεύχθη, αφού οι κολυμβητές κάλυψαν την απόσταση αυτήν κατά 0,82 sec γρηγορότερα, διαφορά σημαντική για τα 100 m αγωνιστικής κολύμβησης.

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, αρκετές έρευνες έχουν ασχοληθεί με την επίδραση της προπόνησης στην απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος από το αίμα μετά από άσκηση. Στις σχετικές μελέτες (Bergman et al., 1999· Fukuba et al. 1999· MacRae et al., 1992· Messonnier et al., 2001· Phillips et al., 1995) προγράμματα αερόβιας προπόνησης διάρκειας από 10 ημέρες μέχρι 9 εβδομάδες είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από το αίμα μετά από παρατεταμένη μέτρια ή έντονη προσπάθεια. Ανάλογο αποτέλεσμα έχει αναφερθεί και σε αρουραίους, όπου, ύστερα από προπόνηση αντοχής, ο ρυθμός απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος μετά από παρατεταμένη μέτρια άσκηση αυξήθηκε σημαντικά (Donovan and Brooks, 1983).

Σε αντίθεση με τα έστω περιορισμένα ερευνητικά δεδομένα γύρω από την επίδραση της αερόβιας προπόνησης στην απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος μετά από αερόβια άσκηση, τα αντίστοιχα δεδομένα μετά από αναερόβια μέγιστη άσκηση είναι σχεδόν ανύπαρκτα. Η μόνη σχετική έρευνα που μπορέσαμε να εντοπίσουμε ήταν εκείνη των Pelayo και συν. (1996). Οι ερευνητές αυτοί μέτρησαν τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος 3 και 12 min μετά από τέσσερις μέγιστες δοκιμασίες 50 m κολύμβησης με διάλειμμα 10 s μεταξύ τους, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά από δύο προπονητικές περιόδους, μια αερόβια και μια αναερόβια κατεύθυνσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος μετά την αερόβια προπόνηση σε αντίθεση με τη μείωσή του μετά την αναερόβια προπόνηση.

Σε συμφωνία με τα ευρήματα της παραπάνω έρευνας, η εφαρμογή ενός αερόβιου, κατά κύριο λόγο, προπονητικού προγράμματος στην παρούσα έρευνα πέτυχε τη σημαντική αύξηση του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από την κορύφωσή του μέχρι το 21ο λεπτό μετά από μέγιστη δοκιμασία 100 m κολύμβησης. Όμως, αν και ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μια σημαντική βελτίωση της επίδοσης των κολυμβητών, δεν υπήρξε συσχέτιση ανάμεσα στις δυο παραμέτρους. Αντίθετα, σε αερόβιες προσπάθειες μέγιστης έντασης και διάρκειας λίγων λεπτών (όπως η κωπηλασία) έχει αναφερθεί θετική συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος και της ισχύος (Messonnier et al., 1997) ή του χρόνου άσκησης (Messonnier et al., 2002). Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανόν στο ότι η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος έχει μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση σε πιο παρατεταμένες προσπάθειες.

Συμπερασματικά, μεικτή (αερόβια κατά το μεγαλύτερο μέρος) κολυμβητική προπόνηση έξι εβδομάδων είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από την κορύφωσή του στο αίμα μέχρι το 21ο λεπτό μετά από κολύμβηση 100 m με μέγιστη ταχύτητα. Παρότι η προπόνηση είχε ως αποτέλεσμα και τη βελτίωση της επίδοσης, αυτή δεν σχετίστηκε με την αύξηση του ποσοστού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος. Φαίνεται ότι άλλοι μηχανισμοί, όπως πιθανόν η καλύτερη μηχανική απόδοση των κινήσεων προώθησης των κολυμβητών, ευθύνονται για τη βελτίωση της ταχύτητας κολύμβησης στα 100 m με την προπόνηση.

Βιβλιογραφία

- Bergman, B.C., Wolfel, E.E., Butterfield, G.E., Lopaschuk, G.D., Casazza, G.A., Horning, M.A., Brooks G.A.** (1999). Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1684-1696.
- Billat, L.V.** (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Medicine*, 22, 157-175.
- Donovan, C.M., Brooks, G.A.** (1983). Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *American Journal of Physiology*, 244, E83-E92.
- Fukuba, Y., Walsh, M.L., Morton, R.H., Camron, B.J., Kenny, C.T.C., Banister, E.W.** (1999). Effect of endurance training on blood lactate clearance after maximal exercise. *Journal of Sports Science*, 17, 239-248.
- MacRae, H.S., Dennis, S.C., Bosch, A.N., Noakes, T.D.** (1992). Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 72, 1649-1656.
- Messonnier, L., Freund, H., Bourdin, M., Belli, A., Lacour, J.R.** (1997). Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 396-401.
- Messonnier, L., Freund H., Feasson, L., Prieur, F., Castells, J., Denis, C., Linossier, M.-T., Geysant, A., Lacour, J.-R.** (2001). Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 403-412.

- Messonier, L., Freund, H., Denis, C., Dormois, D., Dufour, A.B., Lacour, J.-R.** (2002). Time to exhaustion at VO₂max is related to the lactate exchange and removal abilities. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 433-438.
- Pelayo, P., Mujika, I., Sidney, M., Chatard, J.C.** (1996). Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74, 107-113.
- Phillips, S., Green, H., Tarnopolsky, M., Grant, S.** (1995). Increased clearance of lactate after short-term training in men. *Journal of Applied Physiology*, 79, 1862-1869.

