

**ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΥΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΕΡΟΒΙΑΣ
ΑΣΚΗΣΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

Κοκκίνου Ε.¹, Σμήλιος Η.¹, Μύρκος Α.¹, Τζουμάνης Α.¹, Ζαφειρίδης Α.², Δούδα Ε.¹, Τοκμακίδης Σ.¹

¹Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Τ.Ε.Φ.Α.Α., 69100 Κομοτηνή

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Τ.Ε.Φ.Α.Α, 62122 Σέρρες

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν οι προσαρμογές που προκαλεί ένα βραχυπρόθεσμο πρόγραμμα αερόβιας διαλειμματικής άσκησης στο χρόνο αντοχής και στην οξυγόνωση του μυός κατά την εκτέλεση άσκησης υψηλής έντασης. Οκτώ αθλούμενοι (5 γυναίκες και 3 άντρες, ηλικίας $23,1 \pm 5,5$ χρόνων) εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα προπόνησης διάρκειας τριών εβδομάδων, που περιλάμβανε συνολικά επτά προπονήσεις, και εκτελέστηκε με τη χρήση της διαλειμματικής μεθόδου. Η ένταση της άσκησης ήταν στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας (MAT), η διάρκεια των επαναλήψεων ήταν ίση με το 1/4 του χρόνου αντοχής στο 90% της MAT και η διάρκεια του διαλείμματος ήταν ίση με τα 2/3 της διάρκειας των επαναλήψεων. Η κάθε προπόνηση εκτελέστηκε έως την επίτευξη δείκτη υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης 17. Πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος οι ασκούμενοι εκτέλεσαν μια δοκιμασία που περιλάμβανε συνεχόμενο τρέξιμο στο 90% της MAT έως την εξάντληση, κατά τη διάρκεια της οποίας μετρήθηκε η μεταβολή της δεοξυαιμοσφαιρίνης (HHb), της οξυαιμοσφαιρίνης (O_2Hb) και της συνολικής αιμοσφαιρίνης (tHb) σε επίπεδο μυός με τη χρήση της τεχνικής της εγγύς υπέρθρυθρης φασματοσκοπίας. Η MAT προσδιορίστηκε με την εκτέλεση δοκιμασίας προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση στην αρχή και στο τέλος του παρεμβατικού προγράμματος. Κατά συνέπεια η σύγκριση έγινε με τη χρήση της ίδιας σχετικής έντασης. Η στατιστική ανάλυση με τη χρήση του t-test για ζευγαρωτές παρατηρήσεις έδειξε αύξηση της MAT ($p < 0,05$) μετά από το παρεμβατικό πρωτόκολλο και μείωση ($p < 0,05$) του χρόνου αντοχής στο 90% της MAT. Η τμηματική ανάλυση της μεταβολής της HHb κατά τη διάρκεια τρεξίματος στο 90% της MAT έδειξε ότι στη μέτρηση μετά από την προπόνηση, η χρονική διάρκεια ταχείας αύξησης της HHb μειώθηκε ($p < 0,05$) χωρίς να μεταβληθεί ($p < 0,05$) η συνολική αύξηση της κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της O_2Hb και της tHb. Συμπερασματικά, ένα βραχυπρόθεσμο διαλειμματικό πρόγραμμα επιφέρει αύξηση της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας αλλά μείωση του χρόνου αντοχής στην ίδια σχετική ταχύτητα. Η αύξηση της απόλυτης ταχύτητας τρεξίματος αυξάνει και τις ανάγκες του μυός για οξυγόνο, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση της ίδιας ποσότητας οξυγόνου σε μικρότερη χρονική περίοδο, ενώ η αιμάτωση και η διαθεσιμότητα οξυγόνου παραμένουν σταθερές. Αυτό πιθανά οδηγεί στη μείωση του χρόνου αντοχής σε αερόβια άσκηση υψηλής έντασης.

Λέξεις κλειδιά: αερόβια αντοχή, μυϊκή οξυγόνωση, διαλειμματική άσκηση

Διεύθυνση αλληλογραφίας

Κοκκίνου Ελένη Μαρία

Διεύθυνση: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Σ.Ε.Φ.Α.Α., 69100 Κομοτηνή

Τηλ.: 6938699330

E-mail: kokkinou.m18@gmail.com

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΥΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εισαγωγή

Η εγγύς υπέρυθη φασματοσκοπία (Near Infrared Spectroscopy, NIRS) αποτελεί μια μη επεμβατική μέθοδο που επιτρέπει τη συνεχόμενη παρακολούθηση και καταγραφή της μεταβολής της τοπικής μυϊκής οξυγόνωσης και αιμάτωσης (Ferrari και συν. 1997). Οι απαιτήσεις των μυών για οξυγόνο κατά τη διάρκεια της άσκησης αυξάνονται και εκφράζονται μέσω της μεταβολής της οξυαιμοσφαιρίνης (O₂Hb) και της δεοξυαιμοσφαιρίνης (HHb), δηλαδή της διαθεσιμότητας και της αποδέσμευσης οξυγόνου, αντίστοιχα, καθώς και της συνολικής αιμοσφαιρίνης (tHb) που αποτελεί δείκτη της αιμάτωσης του μυός, παράμετροι που καταγράφονται με τη μέθοδο NIRS. Σε μελέτη του Bailey και συν. (2009) βρέθηκε αύξηση της κινητικής της HHb και καμία μεταβολή της O₂Hb και της tHb σε μια αερόβια δοκιμασία συνεχόμενης προσπάθειας υψηλής έντασης, μετά από ένα παρεμβατικό πρόγραμμα δύο εβδομάδων που περιλάμβανε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστων σπριντ έως την εξάντληση. Αυτή είναι και η μοναδική μελέτη όπου εξετάστηκαν προσαρμογές στην οξυγόνωση του μυός μετά από ένα παρεμβατικό πρωτόκολλο άσκησης. Το πρωτόκολλο, ωστόσο, που εφαρμόστηκε περιλάμβανε αναερόβιες προσπάθειες και δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που να εξετάστηκαν προσαρμογές στην οξυγόνωση του μυός μετά από ένα βραχυπρόθεσμο πρόγραμμα αερόβιας άσκησης υψηλής έντασης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξεταστούν οι προσαρμογές στην οξυγόνωση του μυός κατά την εκτέλεση συνεχόμενης αερόβιας άσκησης ως την εξάντληση μετά από την εφαρμογή ενός βραχυπρόθεσμου προγράμματος αερόβιας διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης.

Μέθοδος

Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν οκτώ αθλούμενοι, 5 γυναίκες και 3 άντρες [ηλικίας: $23,1 \pm 5,53$ χρόνων, βάρους: $68,6 \pm 13,5$ kg, ύψους: $170,3 \pm 8,1$ cm, VO₂max: $55,9 \pm 5,9$ ml/min/kg και μέγιστη αερόβια ταχύτητα (MAT): $14,2 \pm 1,6$ km/h].

Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα προπόνησης διάρκειας τριών εβδομάδων, που περιλάμβανε συνολικά επτά προπονήσεις οι οποίες εκτελέστηκαν με τη χρήση της διαλειμματικής

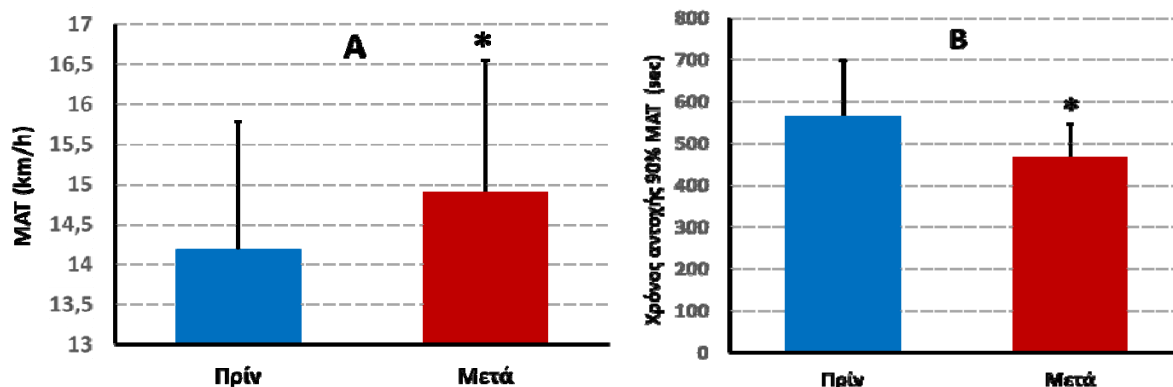
μεθόδου. Η ένταση της άσκησης ήταν στο 90% της MAT, η διάρκεια των επαναλήψεων ήταν ίση με το 1/4 του χρόνου αντοχής στο 90% της MAT και η διάρκεια του διαλείμματος ήταν ίση με τα 2/3 της διάρκειας των επαναλήψεων. Η κάθε προπόνηση εκτελέστηκε έως την επίτευξη δείκτη υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης 17. Πριν και μετά από την εφαρμογή του προγράμματος μετρήθηκαν η MAT και ο χρόνος τρεξίματος έως την εξάντληση με ταχύτητα στο 90% της MAT. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας στο 90% της MAT γινόταν συνεχής καταγραφή της μεταβολής της δεοξυαιμοσφαιρίνης (HHb), της οξυαιμοσφαιρίνης (O₂Hb) και της συνολικής αιμοσφαιρίνης (tHb) στον έξω πλατύ μυ με τη χρήση της τεχνικής NIRS. Οι μεταβολές των παραμέτρων του NIRS αναλύθηκαν με τη μέθοδο της τμηματικής ανάλυσης για να προσδιοριστεί η χρονική διάρκεια της κάθε φάσης μεταβολής καθώς και ο ρυθμός μεταβολής σε κάθε φάση.

Στατιστική ανάλυση

Για τη διερεύνηση των διαφορών στη MAT, στο χρόνο αντοχής στο 90% της MAT, στη χρονική διάρκεια της κάθε φάσης μεταβολής καθώς και στο ρυθμό μεταβολής σε κάθε φάση πριν και μετά την εφαρμογή του παρεμβατικού προγράμματος, χρησιμοποιήθηκε t-test για ζευγαρωτές παρατηρήσεις. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

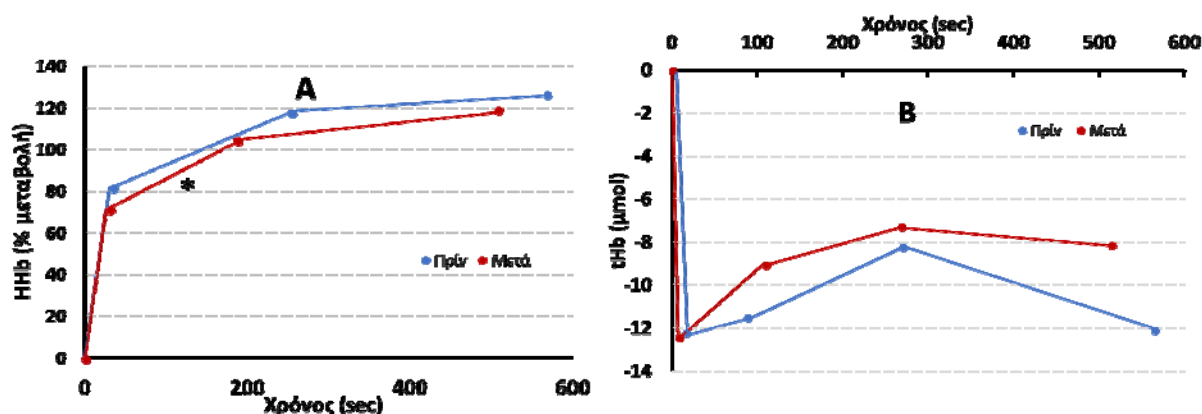
Αποτελέσματα

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε αύξηση κατά $5,16 \pm 3\%$ της MAT ($p < 0,05$) μετά από την εφαρμογή του παρεμβατικού πρωτοκόλλου και μείωση κατά $15,6 \pm 15,7\%$ του χρόνου αντοχής στο 90% της MAT ($p < 0,05$) (Σχήμα 1). Η τμηματική ανάλυση της μεταβολής των παραμέτρων του NIRS έδειξε ότι η χρονική διάρκεια ταχείας αύξησης της HHb μειώθηκε ($p < 0,05$) μετά από την προπόνηση χωρίς να μεταβληθεί ($p > 0,05$) η συνολική αύξησή της κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας (Σχήμα 2). Δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές ($p > 0,05$) στη χρονική διάρκεια των φάσεων μεταβολής αλλά και στο ρυθμό μεταβολής της O₂Hb και της tHb.



Σχήμα 1. Μέγιστη αερόβια ταχύτητα (Α) και χρόνος αντοχής σε τρέξιμο με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας (Β) πριν και μετά από την εφαρμογή του προπονητικού πρωτοκόλλου.

* $p < 0,05$ από 'Πριν'.



Σχήμα 2. Χρονική διάρκεια φάσεων και μεταβολής της HHb (A) και της tHb (B) πριν και μετά από την εφαρμογή του προπονητικού πρωτοκόλλου.

* $p < 0,05$ μικρότερη χρονική διάρκεια της 2^{ης} φάσης από το 'Πριν'.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι με επτά προπονήσεις αερόβιας άσκησης πολύ υψηλής έντασης με τη διαλειμματική μέθοδο προπόνησης, έως την επίτευξη δείκτη υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης 17, επέρχεται αύξηση της MAT αλλά μείωση του χρόνου αντοχής σε μια υπομέγιστη ταχύτητα στο 90% της MAT. Η δοκιμασία εκτελέστηκε με την ίδια σχετική ένταση ως προς τη μέγιστη αερόβια ταχύτητα τόσο πριν όσο και μετά από την εφαρμογή. Η αύξηση, ωστόσο, της απόλυτης ταχύτητας τρεξίματος στη δοκιμασία μετά το παρεμβατικό πρόγραμμα αύξησε πιθανά και τις ανάγκες του μυός για οξυγόνο, με αποτέλεσμα την αποδέσμευση (HHb) της ίδιας ποσότητας οξυγόνου σε μικρότερη χρονική περίοδο, ενώ η αιμάτωση και η διαθεσιμότητα οξυγόνου παρέμειναν σχετικά σταθερές. Αυτό πιθανά οδήγησε στη μείωση του χρόνου αντοχής σε αερόβια άσκηση πολύ υψηλής έντασης. Συμπερασματικά, ένα βραχυπρόθεσμο πρόγραμμα αερόβιας διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης βελτιώνει την MAT αλλά σε υπομέγιστες δοκιμασίες πολύ υψηλής έντασης γίνεται ταχύτερη αποδέσμευση του οξυγόνου σε επίπεδο μυός με συνέπεια η άσκηση να έχει μικρότερη χρονική διάρκεια. Πιθανά να απαιτείται μεγαλύτερη διάρκεια προπόνησης για την επίτευξη τοπικών προσαρμογών που να διατηρούν σταθερή τη μεταβολή της μυϊκής οξυγόνωσης και το χρόνο αντοχής σε ίδια σχετική ταχύτητα.

Βιβλιογραφία

- Bailey, S., Wilkerson, D., DiMenna, F. & Jones, A. (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *J Appl Physiol*, 106: 1875-1887.
- Ferrari, M., Binzoni, T. & Quaresima, V. (1997). *Oxidative metabolism in muscle*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 352, 677-683.