



Καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης: Επίδραση των παραμέτρων της επιβάρυνσης

Σμήλιος Ηλίας¹, Μύρκος Αριστείδης¹, Ηλιόπουλος Στυλιανός¹, Λιούγκος Κωνσταντίνος¹, Κοκκίνου Ελένη Μαρία¹, Ζαφειρίδης Ανδρέας², Σπάσης Απόστολος¹, Δούδα Ελένη¹, Τοκμακίδης Σάββας¹

¹Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σέρρες, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα σύνοψη παρουσιάζεται η ερευνητική δραστηριότητα που επικεντρώνεται στη μελέτη των επιδράσεων στις καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις από μεταβλητές της προπονητικής επιβάρυνσης, όπως η διάρκεια του διαλείμματος και των επαναλήψεων, η κλίση του εδάφους, καθώς και η αλληλεπίδραση της έντασης και διάρκειας των επαναλήψεων κατά την εκτέλεση μιας προπονητικής μονάδας αερόβιας διαλειμματικής άσκησης. Κατά την εκτέλεση διαλειμματικής άσκησης: α) με διάρκεια επαναλήψεων 4 min και ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας (MAT), η διάρκεια του διαλείμματος (2, 3, ή 4 min) δεν επιδρά στον χρόνο άσκησης σε υψηλά ποσοστά της VO_{2max} . Οι μικροί χρόνοι διαλείμματος προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση της καρδιακής συχνότητας και του γαλακτικού, β) επαναλήψεις διάρκειας 1 min με ένταση στο 100% της MAT προκαλούν υψηλότερο χρόνο άσκησης, με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από 80% της VO_{2max} συγκριτικά με επαναλήψεις 2 min. Η διάρκεια των επαναλήψεων και του διαλείμματος δεν φαίνεται να επιδρούν στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από 90% της VO_{2max} και της K_{Smax} . γ) η κλίση του επιπέδου και η διάρκεια των επαναλήψεων (4 ή 8 min) δεν επηρεάζουν τις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις, όταν διατηρείται η ίδια σχετική ένταση, γ) πολύ μεγάλης διάρκειας επαναλήψεις (8 min), σε υπομέγιστη ένταση (80% της MAT), προσφέρουν περισσότερο χρόνο άσκησης με υψηλό ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα, έναντι επαναλήψεων μέσης διάρκειας (4 min), σε υψηλή ένταση (90% της MAT), όταν τα προγράμματα εκτελούνται έως την εξάντληση, δ) συνδυασμοί διάρκειας και έντασης επαναλήψεων, όπως 2 min άσκηση στο 100% MAT με 2 min διάλειμμα, -3 min άσκηση στο 95% MAT με 3 min διάλειμμα και -4 min άσκηση στο 90% MAT με 4 min διάλειμμα, προκαλούν παρόμοια επιβάρυνση του συστήματος μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου, όταν τα προγράμματα εκτελούνται έως την εξάντληση.

Λέξεις κλειδιά: αερόβια άσκηση, καρδιοαναπνευστική λειτουργία, κατανάλωση οξυγόνου, γαλακτικό, καρδιακή συχνότητα.

Διεύθυνση αλληλογραφίας:

Σμήλιος Ηλίας
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Πανεπιστημιούπολη, 69100 Κομοτηνή
ismilios@phyed.duth.gr

E-mail:

Εισαγωγή

Η διαλειμματική και η συνεχόμενη μέθοδος προπόνησης αποτελούν τις δύο βασικές μεθόδους προπόνησης για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας μέσω της βελτίωσης της καρδιαγγειακής, αναπνευστικής και μεταβολικής λειτουργίας. Η διαλειμματική μέθοδος χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της ικανότητας της αντοχής αθλητών υψηλού επιπέδου από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ενώ, περίπου τα τελευταία 15 χρόνια, η χρήση της έχει επεκταθεί στον μαζικό αθλητισμό τόσο για την εκγύμναση υγιών ατόμων όσο και για την εκγύμναση ατόμων με χρόνιες παθήσεις (Bilat, 2001; Wen et al., 2019; Coates et al., 2023).

Όπως κάθε μορφή σωματικής δραστηριότητας, η εκτέλεση διαλειμματικής άσκησης προκαλεί μια άμεση διαταραχή της ομοιοστασίας του οργανισμού, αυξάνοντας τις μεταβολικές διεργασίες για την ενεργειακή υποστήριξη της κίνησης, η οποία με τη σειρά της προκαλεί αύξηση της καρδιαγγειακής και αναπνευστικής λειτουργίας. Στη διαλειμματική άσκηση, τα στοιχεία εκείνα που καθορίζουν τη φυσιολογική απόκριση και καθορίζουν την αποτελεσματικότητά της αποτελούν παράγοντες της εξωτερικής επιβάρυνσης όπως ο αριθμός, η διάρκεια και η ένταση των επαναλήψεων και η διάρκεια, η ένταση και το είδος των διαλειμμάτων. Φαίνεται πως μέσης διάρκειας επαναλήψεις, 1 - 4 min, είναι ιδανικότερες από επαναλήψεις που διαρκούν λιγότερο από 30 δευτερόλεπτα (Seiler et al., 2013; Thevenet et al., 2007). Σχετικά με την ένταση της άσκησης, υποστηρίζεται ότι για τη μεγιστοποίηση του χρόνου άσκησης με υψηλό ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου (>90% της VO_{2max}), η ιδανικότερη ένταση είναι αυτή που αντιστοιχεί στη μέγιστη αερόβια ταχύτητα (Billat et al., 2000; Millet et al., 2003; Thevenet et al., 2007). Επίσης, η διάρκεια των επαναλήψεων των διαλειμμάτων καθορίζει τον χρόνο άσκησης σε υψηλά ποσοστά της VO_{2max} και τη μεταβολική ενεργοποίηση του οργανισμού (Myrkos et al., 2022; Smilios et al., 2018).

Μέρος της ερευνητικής δραστηριότητας του εργαστηριακού τομέα «Κλινική Εργοφυσιολογία και Φυσιολογία της Άσκησης» του Εργαστηρίου Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης έχει επικεντρωθεί στις φυσιολογικές προσαρμογές που επέρχονται με την εκτέλεση μιας προπονητικής μονάδας διαλειμματικής άσκησης. Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε ερευνητική εστίαση στην επίδραση μεταβλητών της προπονητικής επιβάρυνσης, όπως είναι η διάρκεια των διαλειμμάτων και των επαναλήψεων, η κλίση του εδάφους, καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ έντασης και διάρκειας των επαναλήψεων, στις καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις κατά την εκτέλεση μιας προπονητικής μονάδας. Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση αυτών των μελετών και των βασικών ευρημάτων τους.

1^η μελέτη

Smilios I., Myrkos A., Zafeiridis A., Toubekis A., Spassis A., & Tokmakidis S.P. (2018). The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of oxygen consumption, oxygen kinetics and blood lactate. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(8):2183-2189.

Εισαγωγή

Η διάρκεια της αποκατάστασης μεταξύ των επαναλήψεων είναι μια μεταβλητή που μπορεί να επηρεάσει τον χρόνο άσκησης που εκτελείται σε υψηλά ποσοστά της VO_{2max} (πάνω από το 90%

της VO_{2max}), καθώς η αυξημένη διάρκεια αποκατάστασης κατά τη διάρκεια μιας διαλειμματικής προπόνησης μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της VO_2 και της καρδιακής συχνότητας πριν από την έναρξη της επόμενης επανάληψης και να μετριάσει τις μέγιστες τιμές που επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια της φάσης άσκησης μειώνοντας τον συνολικό χρόνο άσκησης που εκτελείται σε υψηλά ποσοστά της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου και καρδιακής συχνότητας. Έως εκείνη τη χρονική στιγμή, η μόνη μελέτη που είχε εξετάσει την επίδραση της διάρκειας του διαλείμματος, κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης ανέφερε ότι, η αύξηση της διάρκειας του διαλείμματος από το 1 στα 2 λεπτά, μεταξύ επαναλήψεων διάρκειας 4 λεπτών, αύξησε την αυτο-επιλεγόμενη ταχύτητα τρεξίματος και τη μέση κατανάλωση οξυγόνου, χωρίς να επιδράσει στις τιμές της καρδιακής συχνότητας και τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα, ενώ η περαιτέρω αύξηση της διάρκειας του διαλείμματος σε 4 λεπτά δεν είχε πρόσθετα αποτελέσματα (Seiler & Hetlelid, 2005). Ωστόσο, στη μελέτη αυτή, δεν εξετάστηκε εάν η διάρκεια του διαλείμματος μπορεί να επηρεάσει τον χρόνο άσκησης που εκτελείται σε υψηλά ποσοστά της VO_{2max} (πάνω από $90\%VO_{2max}$), ένα σημαντικό ερέθισμα για καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές προσαρμογές (Turnes et al., 2016). Επιπλέον, οι ταχύτητες τρεξίματος δεν ήταν παρόμοιες μεταξύ των προγραμμάτων με διαφορετικές διάρκειες αποκατάστασης. Έτσι, δεν ήταν σαφές εάν η διάρκεια του διαλείμματος αυτή καθαυτή ή η υψηλότερη ταχύτητα που επιτεύχθηκε στα προγράμματα με το μεγαλύτερο διάλειμμα επηρέασαν τις καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις.

Ο στόχος, λοιπόν, της μελέτης ήταν να προσδιοριστούν οι επιδράσεις της διάρκειας του διαλείμματος στη συνολική κατανάλωση οξυγόνου και στον συνολικό χρόνο άσκησης που εκτελείται με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερες από το 80, 90 και 95% των μέγιστων τιμών τους, στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης και στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα.

Μέθοδος

Το δείγμα αποτέλεσαν έντεκα άντρες (ηλικία: $22,1 \pm 1$ χρόνων, ύψος: $1,78 \pm 0,08$ m, σωματική μάζα: $76,31 \pm 8,44$ kg, VO_{2max} : $51,96 \pm 4$ $ml^{-1} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, HR_{max} : $196,64 \pm 6,31$ b/min, μέγιστη αερόβια ταχύτητα: $16,02 \pm 1,52$ km/h), φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δ.Π.Θ. οι οποίοι γυμνάζονταν συστηματικά με αερόβια άσκηση, χρησιμοποιώντας τη συνεχόμενη μέθοδο, 2-4 φορές την εβδομάδα. Ο κάθε συμμετέχων εκτέλεσε τρεις προπονητικές μονάδες. Σε κάθε προπονητική μονάδα εκτελέστηκαν σε εργοδιάδρομο 4 επαναλήψεις των 4 λεπτών με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας και διάλειμμα την πρώτη φορά 4 λεπτά (4/4), τη δεύτερη 3 λεπτά (4/3) και την τρίτη 2 λεπτά (4/2). Σε όλες τις συνθήκες το διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων ήταν ενεργητικό με ένταση στο 35% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας. Μετρήθηκαν η συνολική κατανάλωση οξυγόνου, ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερες από 80, 90 και 95% και μεταξύ 80 – 90% του μέγιστου, η συγκέντρωση του γαλακτικού στην κυκλοφορία και η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης. Οι τρεις συνθήκες εκτελέστηκαν με τυχαία σειρά και με αντιστάθμιση και απείχαν μεταξύ τους από 4 έως 10 ημέρες.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης της διάρκειας του διαλείμματος στον χρόνο άσκησης, με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερες από 80, 90 και 95% των μέγιστων τιμών, στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα και στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον ίδιο παράγοντα.

Επιμέρους σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εντοπίστηκαν με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

Αποτελέσματα

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών διαλειμματικών προγραμμάτων άσκησης που εκτελέστηκαν με διαφορετική διάρκεια διαλείμματος στη συνολική κατανάλωση οξυγόνου ($p=0,61$), και στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 80% ($p=0,93$), 90% ($p=0,31$) και 95% ($p=0,84$) της VO_{2max} .

Ο χρόνος άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 80% της μέγιστης ήταν μεγαλύτερος ($p=0,04$) όταν το διάλειμμα ήταν 3 λεπτά συγκριτικά με όταν ήταν 4 λεπτά, ενώ επίσης, ο χρόνος άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 90% της μέγιστης ήταν μεγαλύτερος ($p=0,051$), με διάλειμμα 2 λεπτών σε σύγκριση με το διάλειμμα των 4 λεπτών. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στον χρόνο άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 95% της μέγιστης ($p=0,22$).

Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα ήταν υψηλότερη ($p=0,06$) μετά το πρόγραμμα με διάλειμμα 2 λεπτά συγκριτικά με το πρόγραμμα με διάλειμμα 4 λεπτά. Επιπλέον, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης ήταν υψηλότερη ($p=0,01$) με διαλείμματα 2 και 3 λεπτά συγκριτικά με το διάλειμμα 4 λεπτών (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερες από το 80, 90 και 95% των μέγιστων τιμών τους, συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα και υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης με την εκτέλεση τεσσάρων λεπτών με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας με 2, 3 και 4 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων.

	2 min διάλειμμα	3 min διάλειμμα	4 min διάλειμμα
Παράμετροι κατανάλωσης οξυγόνου			
Χρόνος άσκησης > 80% VO_{2max} (sec)	755,45±44,30	751,36±57,54	748,73±58,66
Χρόνος άσκησης > 90% VO_{2max} (sec)	546,36±135,37	520,91±174,44	462,73±198,02
Χρόνος άσκησης > 95% VO_{2max} (sec)	265,00±228,92	275,91±208,78	234,09±231,04
Παράμετροι καρδιακής συχνότητας			
Χρόνος άσκησης > 80% $KΣmax$ (sec)	808,18±76,30*	816,36±85,88*	765,91±60,20
Χρόνος άσκησης > 90% $KΣmax$ (sec)	489,09±200,04*	480,91±221,17	345,91±224,56
Χρόνος άσκησης > 95% $KΣmax$ (sec)	162,27±175,11	135,00±155,37	80,55±116,06
Γαλακτικό			
Πριν την εκτέλεση των προγραμμάτων	2,14±0,54	2,32±0,64	2,44±0,84
Μετά από την εκτέλεση των προγραμμάτων	7,5±2,94*	6,74±1,65	6,03±2,48
Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης στο τέλος των προγραμμάτων άσκησης	15,30±2,11*	15,10±2,42*	14,10±2,08

* $p < 0.05$ from 4:4

Συζήτηση

Τα κυριότερα ευρήματα της μελέτης ήταν ότι κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης με διάρκεια ερεθίσματος 4 λεπτών και ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, οι χρόνοι ενεργητικού διαλείμματος 2, 3, και 4 λεπτών δεν επηρεάζουν τη συνολική κατανάλωση οξυγόνου και τον χρόνο άσκησης σε υψηλά ποσοστά της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Αντίθετα, με μικρούς χρόνους διαλείμματος η καρδιακή συχνότητα διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε υψηλότερα ποσοστά.

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά του Seiller και συν. (2005), καθώς και εκεί οι αθλητές πέτυχαν την μεγαλύτερη μέση ταχύτητα όταν το διάλειμμα ήταν 2 λεπτά σε σύγκριση με 1 λεπτό διάλειμμα, ενώ όταν το διάλειμμα ξεπερνούσε την διάρκεια των 2 λεπτών δεν φαινόταν να υπάρχει διαφορά. Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι για τον μέτρια γυμνασμένο αθλητή τα 2 λεπτά είναι αρκετά για να υπάρξει ικανοποιητική ανάληψη, ώστε να συνεχίσει την επόμενη επανάληψη. Στη μελέτη του Seiler συν. (2005) η ένταση της άσκησης αλλά και του διαλείμματος δεν ήταν προκαθορισμένη από τον ερευνητή. Οι αθλητές επέλεξαν την ένταση και των δύο με στόχο να έχουν τη μεγαλύτερη μέση ταχύτητα στα 4 λεπτά. Επίσης, σε άλλες μελέτες όπου εξετάστηκαν διάρκειες διαλείμματος 30 δευτερολέπτων και 3 λεπτών (Zuniga et al., 2007; Zafeiridis et al., 2010) καλύτερα αποτελέσματα σε χρόνους άσκησης, με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 80% της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου και καρδιακής συχνότητας, επιτεύχθηκαν σε χρόνους διαλείμματος με διάρκεια 3 λεπτών. Η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα ήταν υψηλότερη με το διάλειμμα των 2 λεπτών σε σύγκριση με το διάλειμμα των 4 λεπτών υποδεικνύοντας ότι στο πρώτο ενεργοποιείται περισσότερο ο αναερόβιος μεταβολισμός. Παρόμοια, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης ήταν υψηλότερη με το διάλειμμα των 2 λεπτών, που σε συνδυασμό με τις τιμές του γαλακτικού, πράγματι δείχνουν ότι η μείωση του διαλείμματος προκαλεί μεγαλύτερη κόπωση στους ασκούμενους.

Από τα δεδομένα της παρούσας εργασίας φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια αερόβιας διαλειμματικής άσκησης μακρού χρόνου (4 λεπτά) με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας ένας ασκούμενος, με διάλειμμα 2 λεπτά, προλαβαίνει να έχει επαρκή ανάληψη καθώς, διάλειμμα με διάρκεια περισσότερη από αυτήν, δεν φαίνεται να τον ξεκουράζει περισσότερο αλλά ούτε και να έχει περισσότερα οφέλη προκαλώντας καλύτερες αναπνευστικές ανταποκρίσεις. Για οικονομία χρόνου αλλά και υψηλότερη επιβάρυνση του καρδιαγγειακού συστήματος, ίσως ο μικρός χρόνος διαλείμματος να είναι καλύτερος, τουλάχιστον για πρωτόκολλα με παρόμοιες εντάσεις και χρόνους άσκησης.

2^η μελέτη

Myrkos A., Smilios I., Zafeiridis A., Iliopoulos S., Kokkinou E.M., Douda H., & Tokmakidis S.P. (2022). The effects of work and recovery duration and their ratio on cardiorespiratory and metabolic responses during aerobic interval exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(8): 2169-2175.

Εισαγωγή

Σε προηγούμενη μελέτη όπου έγινε σύγκριση μεταξύ μικρής (<30 δευτερολέπτων) και μέσης (1 έως 3 λεπτά) διάρκειας επαναλήψεων, με εντάσεις έως και 95% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, οι

ασκούμενοι είχαν περισσότερο χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου σε υψηλά ποσοστά της $\dot{V}O_{2max}$ όταν οι επαναλήψεις ήταν μέσης διάρκειας (Zuniga et al., 2007). Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι χρειάζεται περισσότερος χρόνος έντονης άσκησης για να φτάσει το οξυγόνο σε υψηλά επίπεδα. Ήταν άγνωστο αν διαφοροποιείται η επιβάρυνση του καρδιοαναπνευστικού συστήματος σε μέγιστης έντασης άσκηση, όπως στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, όταν γίνεται σύγκριση μεταξύ μέσης διάρκειας επαναλήψεων όπως είναι τα 1 και 2 λεπτά. Επίσης, στη διαλειμματική προπόνηση μία άλλη παράμετρος που ενδέχεται να έχει καθοριστικό ρόλο για την αποτελεσματικότητα της είναι η διάρκεια του διαλείμματος. Σύμφωνα με μελέτη του Seiler και συν. (2005), όταν η ένταση της άσκησης ήταν χαμηλότερη από το 90% της $\dot{V}O_{2max}$, φαίνεται ότι διάρκεια διαλείμματος 2 λεπτών είναι ιδανικότερη σε σύγκριση με μικρότερης διάρκειας διάλειμμα, ενώ ακόμη και μεγαλύτερης διάρκειας διάλειμμα (4 λεπτά) δεν έχει θετικότερη επίδραση. Επιπλέον, μελέτη του Smilios και συν. (2018) έδειξε ότι η μείωση του χρόνου του διαλείμματος οδηγεί σε μεγαλύτερο χρόνο άσκησης με υψηλή καρδιακή συχνότητα, υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού και υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης όταν η ένταση της άσκησης ήταν στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας. Ωστόσο, η αερόβια διαλειμματική άσκηση εκτελείται και σε υψηλότερες εντάσεις και με μικρότερης διάρκειας επαναλήψεις. Δεν είχε εξεταστεί, ωστόσο, αν η διάρκεια του διαλείμματος επηρεάζει τις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις σε μέσης διάρκειας επαναλήψεις (1 και 2 min) που εκτελούνται στο 100% της MAT.

Με βάση τα παραπάνω, ο σκοπός της μελέτης ήταν να εξεταστεί η επίδραση της διάρκειας των επαναλήψεων και του διαλείμματος και της αναλογίας της διάρκειας της επανάληψης προς τη διάρκεια του διαλείμματος στον συνολικό χρόνο άσκησης, στη συνολική κατανάλωση οξυγόνου, στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από 80, 90 και 95% της $\dot{V}O_{2max}$ και της HR_{max} , και στη συγκέντρωση του γαλακτικού κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης σε εργοδιάδρομο με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας.

Μεθοδολογία

Το δείγμα αποτέλεσαν δώδεκα άντρες (ηλικίας: $22,1 \pm 1$ χρόνων, ύψους: $1,75 \pm 0,07$ m, σωματικής μάζας: $70,54 \pm 6,23$ kg, $\dot{V}O_{2max}$: $59,08 \pm 4,86$ ml⁻¹·kg⁻¹·min⁻¹, $KΣ_{max}$: $198,5 \pm 7,73$ b/min), φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δ.Π.Θ. οι οποίοι γυμνάζονταν συστηματικά με αερόβια άσκηση, χρησιμοποιώντας τη συνεχόμενη μέθοδο, 2-4 φορές την εβδομάδα. Ο κάθε δοκιμαζόμενος συμμετείχε σε τέσσερις πειραματικές συνθήκες. Σε αυτές οι ασκούμενοι εκτέλεσαν αερόβια προγράμματα διαλειμματικής άσκησης με διάρκεια επαναλήψεων 60 και 120 sec, στο 100% της MAT, με παθητικό διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων διάρκειας ίσης ή της μισής από τη διάρκεια του ερεθίσματος. Δηλαδή, η πρώτη συνθήκη περιλάμβανε 60 sec άσκησης με 60 sec διάλειμμα (60:60, αναλογία διάρκειας επαναλήψεων προς διάρκεια διαλείμματος 1:1), η δεύτερη 60 sec άσκησης με 30 sec διάλειμμα (60:30, αναλογία διάρκειας επαναλήψεων προς διάρκεια διαλείμματος 2:1), η τρίτη 120 sec άσκησης με 120 sec διάλειμμα (120:120, αναλογία διάρκειας επαναλήψεων προς διάρκεια διαλείμματος 1:1) και η τέταρτη 120 sec άσκησης με 60 sec διάλειμμα (120:60, αναλογία διάρκειας επαναλήψεων προς διάρκεια διαλείμματος 2:1). Με αυτόν τον τρόπο, στα δύο προγράμματα η αναλογία χρόνου άσκησης προς χρόνο διαλείμματος ήταν 1:1 (60:60 και 120:120) και στα άλλα δύο 2:1 (60:30 και 120:60). Τα προγράμματα εκτελέστηκαν έως την εξάντληση των ασκούμενων. Μετρήθηκαν η συνολική κατανάλωση οξυγόνου, ο χρόνος άσκησης με

κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα πάνω από 80, 90 και 95% του μέγιστου, η συγκέντρωση του γαλακτικού, και η συνολική διάρκεια της άσκησης. Οι τέσσερις συνθήκες εκτελέστηκαν με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση και απείχαν μεταξύ τους από 4 έως 6 ημέρες.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης του προγράμματος άσκησης (60:60, 60:30, 120:120 και 120:60) στο συνολικό χρόνο άσκησης, στο χρόνο άσκησης σε ποσοστό υψηλότερο από το 80, 85, 90 και 95 % της VO_{2max} και $KΣ_{max}$, και στη συγκέντρωση του γαλακτικού εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Επιμέρους διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εντοπίστηκαν με το τεστ του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

Αποτελέσματα

Ο συνολικός χρόνος άσκησης, χωρίς τα διαλείμματα, στο πρόγραμμα 60:60 ($30,39 \pm 8,04$ min) ήταν μεγαλύτερος ($p=0,001$) σε σύγκριση το πρόγραμμα 120:120 ($19,95 \pm 5,19$ min), 120:60 ($14,06 \pm 1,99$ min), και 60:30 ($17,75 \pm 5,53$ min). Επίσης, στο πρόγραμμα 120:120 ο συνολικός χρόνος άσκησης ήταν μεγαλύτερος με το 120:60.

Ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 80% της VO_{2max} ήταν μεγαλύτερος ($p=0,02$) στα προγράμματα 60:30 και 60:60 από το πρόγραμμα 120:60. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ($p=0,47$) μεταξύ των προγραμμάτων άσκησης στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 90% της VO_{2max} . Ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 95% της VO_{2max} ήταν μεγαλύτερος ($p=0,05$) στο πρόγραμμα 120:120 από το 60:60.

Ο χρόνος άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 80% της $KΣ_{max}$ ήταν μεγαλύτερος ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 60:60 συγκριτικά με τα προγράμματα 60:30, 120:60 και 120:120. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ($p=0,13$) μεταξύ των προγραμμάτων άσκησης στο χρόνο άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 90% της $KΣ_{max}$. Ο χρόνος άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 95% της $KΣ_{max}$ ήταν μεγαλύτερος ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 120:120 συγκριτικά με τα προγράμματα 60:60, 60:30 και 120:120, καθώς και στο πρόγραμμα 120:60 σε σύγκριση με το πρόγραμμα 60:60. Τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα ήταν χαμηλότερα ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 60:60 σε σύγκριση με τα προγράμματα 60:30, 120:60, 120:120 (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερες από το 80, 90 και 95% των μέγιστων τιμών τους με την εκτέλεση διαλειμματικών προγραμμάτων άσκησης διάρκειας επαναλήψεων 60 sec και διάρκεια διαλείμματος είτε 30 (60:30) είτε 60 (60:60) sec ή διάρκεια επαναλήψεων 120 sec και διάρκεια διαλείμματος είτε 60 (120:60) είτε 120 (120:120) sec έως την εξάντληση.

	60:60	60:30	120:120	120:60
Χρόνος άσκησης (sec)				
> 80% VO_{2max}	$850,00 \pm 295,46^{\#}$	$802,92 \pm 365,04^{\#}$	$763,75 \pm 212,26^{\#}$	$603,33 \pm 88,20$
> 90% VO_{2max}	$324,17 \pm 227,82$	$392,08 \pm 318,74$	$461,25 \pm 315,78$	$405,00 \pm 141,90$
> 95% VO_{2max}	$101,25 \pm 90,61$	$210,83 \pm 281,98$	$300,83 \pm 272,09^*$	$225,83 \pm 160,28$
> 80% $KΣ_{max}$	$1283,50 \pm 284,95$	$933,00 \pm 288,31^{\#}$	$1020,00 \pm 301,64^{\#}$	$726,50 \pm 98,21^*$
> 90% $KΣ_{max}$	$430,50 \pm 310,25$	$521,00 \pm 329,47$	$658,00 \pm 249,46$	$449,50 \pm 134,96$
> 95% $KΣ_{max}$	$38,50 \pm 60,05$	$114,50 \pm 150,17$	$250,50 \pm 199,80^{*\wedge}$	$181,50 \pm 103,28^*$

* $p < 0,05$ από το 60:60, # $p < 0,05$ από το 120:60, ^ $p < 0,05$ από το 60:30

Συζήτηση

Για να είναι αποτελεσματική μία αερόβια προπόνηση, σημαντικοί παράγοντες θεωρούνται ότι είναι η συνολική κατανάλωση οξυγόνου και ο χρόνος άσκησης σε υψηλά ποσοστά της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Thevenet et al., 2008). Οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τα παραπάνω, πιθανά επηρεάζονται από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης και του διαλείμματος, καθώς και από τον αριθμό των επαναλήψεων που θα εκτελεστούν. Η διάρκεια των επαναλήψεων φαίνεται να επηρεάζει αυτούς τους παράγοντες, καθώς στην παρούσα μελέτη οι επαναλήψεις με διάρκεια 1 min υπερτερούσαν των 2 min στη συνολική κατανάλωση οξυγόνου και στον συνολικό χρόνο άσκησης, μόνο όμως με αναλογία χρόνου άσκησης προς χρόνο διαλείμματος 1:1. Αυτό σημαίνει ότι η διάρκεια των επαναλήψεων επιδρά στους παραπάνω παράγοντες, μόνο όταν η διάρκεια του διαλείμματος είναι μεγαλύτερη από 1 min, ενώ αν η διάρκεια είναι μικρότερη του 1 min και κατά συνέπεια η αναλογία είναι 2:1, τότε είτε 1 είτε 2 min είναι η διάρκεια των επαναλήψεων, ο συνολικός χρόνος άσκησης είναι ο ίδιος. Ο μικρότερος συνολικός χρόνος άσκησης με τη μεγαλύτερη διάρκεια επαναλήψεων μπορεί να οφείλεται στη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού, όπως φαίνεται και από τη συγκέντρωση του γαλακτικού, που ήταν υψηλότερη στα πρωτόκολλα 120:120 και 120:60 έναντι του 60:60, με αποτέλεσμα την ταχύτερη κόπωση. Παρόμοια, όταν η διάρκεια των επαναλήψεων ήταν 1 min, η μείωση του διαλείμματος επέφερε μεγαλύτερη αύξηση του γαλακτικού, υποδηλώνοντας και πάλι μεγαλύτερη ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού. Φαίνεται, πως όσο αυξάνεται η διάρκεια των επαναλήψεων, η επίδραση του διαλείμματος στην ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού μειώνεται και μεγαλύτερη επίδραση μπορεί να έχει η διάρκεια των επαναλήψεων, τουλάχιστον όταν οι διαφορές στον χρόνο διαλείμματος δεν είναι πολύ μεγάλες.

Η παρούσα μελέτη δείχνει, επίσης, ότι η εκτέλεση μονόλεπτων επαναλήψεων, με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, κατά την αερόβια διαλειμματική άσκηση επιτρέπουν στους ασκούμενους να παραμείνουν για περισσότερο χρόνο σε ποσοστά $>80\%$ της VO_{2max} συγκριτικά με την εκτέλεση δίλεπτων επαναλήψεων. Κατά συνέπεια, οι ασκούμενοι καταφέρνουν να προπονηθούν για περισσότερο χρόνο σε υπομέγιστα ποσοστά της VO_{2max} . Ωστόσο, όταν εξετάζεται ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 90% της VO_{2max} , τα πρωτόκολλα δε διέφεραν μεταξύ τους, παρόλο που με μονόλεπτης διάρκειας επαναλήψεις (πρωτόκολλο 60:60) υπήρξε περισσότερος συνολικός χρόνος άσκησης. Πιθανά, σε κάθε μονόλεπτη επανάληψη ο χρόνος που απομένει από τη στιγμή που ο ασκούμενος αγγίζει το 90% της VO_{2max} είναι λιγότερος μέχρι να παρεμβληθεί το διάλειμμα, ενώ με δίλεπτης διάρκειας επαναλήψεις ο ασκούμενος έχει περισσότερο διαθέσιμο χρόνο σε κάθε επανάληψη να φτάσει στο 90% της VO_{2max} και να συνεχίσει να ασκείται με αυτό ή με υψηλότερο ποσοστό. Τα παραπάνω ισχύουν μόνο όταν η αναλογία του χρόνου άσκησης προς τον χρόνο διαλείμματος ήταν 1:1. Όταν η αναλογία ήταν 2:1, τότε δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ μονόλεπτης και δίλεπτης διάρκειας επαναλήψεων στις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις. Αυτό πιθανά συνέβη επειδή, με διάλειμμα μικρότερο του 1 min, η κατανάλωση οξυγόνου δεν προλάβει να μειωθεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Κατά συνέπεια, ο ασκούμενος ξεκινά την κάθε επανάληψη με μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου συγκριτικά με τις επαναλήψεις, που ενδιάμεσα υπάρχει διάλειμμα μεγαλύτερο του 1 min, έχοντας με αυτό τον τρόπο περισσότερο διαθέσιμο χρόνο να ασκηθεί σε πολύ υψηλά ποσοστά της VO_{2max} .

Συνοψίζοντας, όταν η αναλογία χρόνου άσκησης προς χρόνο διαλείμματος είναι 1:1, η διάρκεια επαναλήψεων 2 min υπερτερεί αυτής του 1 min, ενώ όταν η αναλογία είναι 2:1, η διάρκεια των επαναλήψεων δεν είναι καθοριστικός παράγοντας για τον χρόνο άσκησης με υψηλή κατανάλωση οξυγόνου. Η διάρκεια του διαλείμματος επηρεάζει τον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου σε πολύ υψηλά ποσοστά της $\dot{V}O_{2max}$, μόνο όταν χρησιμοποιούνται επαναλήψεις διάρκειας 1 min και όχι 2 min, με τον μικρότερο χρόνο να είναι ευνοϊκότερος για την επίτευξη υψηλής πρόσληψης οξυγόνου.

3^η μελέτη

Ηλιόπουλος Στυλιανός. Καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης με διαφορετική διάρκεια ερεθίσματος σε οριζόντιο επίπεδο και ανωφέρεια. Μεταπτυχιακή διατριβή, Τ.Ε.Φ.Α.Α. - Δ.Π.Θ., Φεβρουάριος 2017, Κομοτηνή.

Εισαγωγή

Μια παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει τις φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης είναι η διάρκεια των επαναλήψεων. Προηγούμενες μελέτες είχαν δείξει ότι σε προγράμματα άσκησης με εντάσεις κοντά στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας που είχαν διάρκεια >30 sec, οι ασκούμενοι κατάφεραν να καλύψουν μεγαλύτερη απόσταση και ο χρόνος άσκησης σε υψηλά ποσοστά της $\dot{V}O_{2max}$ (>90%) ήταν μεγαλύτερος συγκριτικά με μικρότερης διάρκειας ερεθίσματα (Millet et al., 2003; Rozenek et al., 2007; Wakefield et al., 2009; Zafeiridis et al., 2010). Σε ό,τι αφορά μέσου χρόνου διάρκειας ερεθίσματα (1,5 – 2,5 λεπτά), οι Millet και συν. (2003) δεν βρήκαν διαφορές στον χρόνο άσκησης σε υψηλά ποσοστά της $\dot{V}O_{2max}$, όταν εκτελέστηκαν πρωτόκολλα διάρκειας 1 και του μισού χρόνου αντοχής στην ταχύτητα της $\dot{V}O_{2max}$ (μέση τιμή, 2 λεπτά). Ωστόσο, η αναλογία του χρόνου άσκησης και διαλείμματος ήταν διαφορετικός μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων και αυτό μπορεί να επηρέασε τα αποτελέσματα. Δεν μπορούν, λοιπόν, να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση της διάρκειας των επαναλήψεων στις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης μέσης διάρκειας ούτε επίσης και για μεγαλύτερης διάρκειας ερεθίσματα π.χ. 8 λεπτά διότι δεν υπάρχουν έρευνες οι οποίες να έχουν χρησιμοποιήσει στον σχεδιασμό τους τέτοιας διάρκειας ερεθίσματα.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι έρευνες που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν όλες πραγματοποιηθεί σε οριζόντιο επίπεδο και καμία σε κεκλιμένο επίπεδο (π.χ. ανωφέρεια). Δεν υπάρχει κάποια έρευνα που να έχει εξετάσει τις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις του οργανισμού κατά την εκτέλεση, αερόβιας διαλειμματικής άσκησης σε ανωφέρεια. Η σημασία μιας τέτοιας έρευνας θα ήταν σημαντική, καθώς η προπόνηση σε ανηφόρα χρησιμοποιείται από το σύνολο σχεδόν των δρομέων κάθε επιπέδου, πιστεύοντας ότι βοηθά αποτελεσματικά στη βελτίωση της απόδοσης. Θα ήταν χρήσιμο να γνωρίζουμε αν υπάρχει διαφοροποίηση στις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις του οργανισμού κατά την άσκηση σε ανωφέρεια σε σύγκριση με το οριζόντιο επίπεδο, όταν η σχετική ένταση είναι η ίδια, έτσι ώστε με τεκμηριωμένα στοιχεία να βελτιωθεί ο σχεδιασμός αυτού του είδους προπόνησης.

Με βάση τα παραπάνω, ο σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της διάρκειας των επαναλήψεων (4 έναντι 8 min) και της κλίσης της επιφάνειας τρεξίματος [(κλίση 8% έναντι οριζόντιου επιπέδου (κλίση 1%)] στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή

συχνότητα υψηλότερη από 80 και 90% της VO_{2max} και της $KΣ_{max}$, και στη συγκέντρωση του γαλακτικού κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης.

Μεθοδολογία

Το δείγμα αποτέλεσαν 11 άρρενες (ηλικία: 25 ± 6 χρόνων, ύψος: $181 \pm 9,2$ cm, βάρος: $78,5 \pm 8,5$ kg, VO_{2max} : $49,02 \pm 3$ ml⁻¹·kg⁻¹·min⁻¹) οι οποίοι γυμνάζονταν συστηματικά με αερόβια άσκηση (τρέξιμο), 2-4 φορές την εβδομάδα χρησιμοποιώντας τη συνεχόμενη μέθοδο προπόνησης. Ο κάθε δοκιμαζόμενος συμμετείχε σε τέσσερις πειραματικές συνεδρίες. Σε δύο από αυτές εκτέλεσαν αερόβια προγράμματα διαλειμματικής άσκησης σε οριζόντιο επίπεδο (1% κλίση) και στις άλλες δύο σε ανωφέρεια (8% κλίση). Επίσης, στις δύο συνεδρίες, μια για κάθε κλίση, η διάρκεια των επαναλήψεων ήταν 8 λεπτά και στις άλλες δύο 4 λεπτά. Όταν η διάρκεια των επαναλήψεων ήταν 8 λεπτά, η ένταση του ερεθίσματος ήταν στο 80% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας και όταν η διάρκεια των επαναλήψεων ήταν 4 λεπτά η ένταση του ερεθίσματος ήταν στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας. Στις συνθήκες ανωφέρειας η ένταση αντιστοιχούσε στο 80 και 90% της MAT που επιτεύχθηκε σε δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης έως την εξάντληση με 8% κλίση, ενώ στις συνθήκες οριζόντιο επίπεδο σε αντίστοιχα ποσοστά της MAT που επιτεύχθηκε σε δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης έως την εξάντληση με 1% κλίση. Το διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων ήταν ενεργητικό, στο 35% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας της αντίστοιχης κλίσης. Τα προγράμματα εκτελέστηκαν έως την εξάντληση των ασκουμένων. Μετρήθηκαν η συνολική κατανάλωση οξυγόνου, ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερες από 80 και 90% του μέγιστου και η συγκέντρωση του γαλακτικού στην κυκλοφορία. Οι τέσσερις συνθήκες εκτελέστηκαν με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση και απέιχαν μεταξύ τους από 4 έως 6 ημέρες.

Για τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης της διάρκειας της άσκησης (4 έναντι 8 λεπτά) και της κλίσης του διαδρόμου (1% έναντι 8%), καθώς και της κύριας επίδρασης της διάρκειας της άσκησης και της κλίσης του διαδρόμου στο συνολικό χρόνο άσκησης, στη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης και στον χρόνο άσκησης σε ποσοστό υψηλότερο από το 80, 90 και 95 % της VO_{2max} και $KΣ_{max}$ εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες. Επιμέρους διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εντοπίστηκαν με το τεστ του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

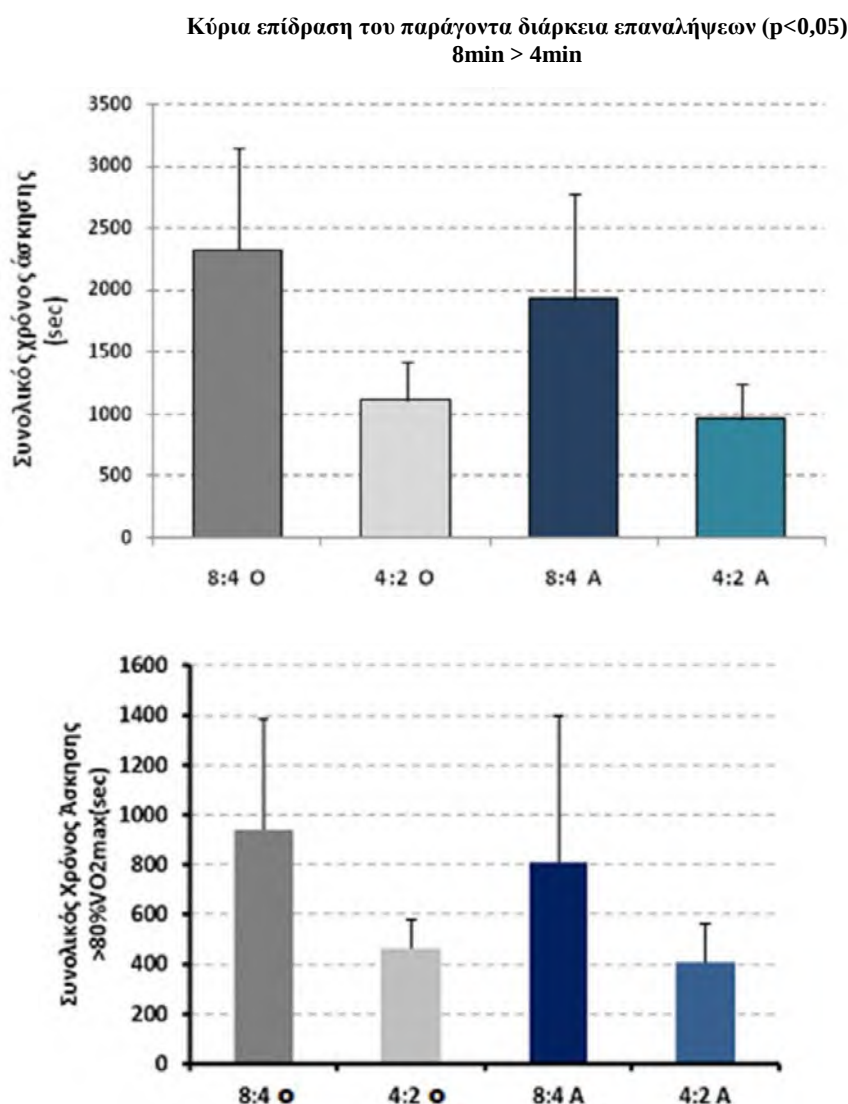
Αποτελέσματα

Στα προγράμματα με διάρκεια επαναλήψεων 8 λεπτά ο συνολικός χρόνος άσκησης ήταν μεγαλύτερος έναντι των πρωτοκόλλων με 4 λεπτά διάρκεια επαναλήψεων ($p=0,001$). Επίσης, ο συνολικός χρόνος άσκησης ήταν μεγαλύτερος ($p=0,07$) στα προγράμματα σε οριζόντιο επίπεδο έναντι σε κεκλιμένο επίπεδο (Σχήμα 1).

Ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 80 και το 90% των αντίστοιχων μέγιστων τιμών ήταν μεγαλύτερος στα προγράμματα με 8 λεπτά διάρκεια επαναλήψεων έναντι των προγραμμάτων με 4 λεπτά διάρκεια επαναλήψεων ($p=0,001 - 0,002$), ανεξαρτήτως κλίσης, ενώ δεν υπήρξε επίδραση του παράγοντα κλίση ($p=0,10 - 0,7$).

Η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν υψηλότερη ($p=0,04$) στα προγράμματα με 4 λεπτά διάρκεια επαναλήψεων που εκτελέστηκαν στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας έναντι των

προγραμμάτων με 8 λεπτά διάρκεια επαναλήψεων που εκτελέστηκαν στο 80% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας ($8,96 \pm 1,89$ mmol/L έναντι $7,46 \pm 2,16$ mmol/L).



Σχήμα 1. Συνολικός χρόνος άσκησης και χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 80% της VO_{2max} με την εκτέλεση προγράμματος αερόβιας διαλειμματικής άσκησης με διάρκεια επαναλήψεων 8 min και διαλείμματος 4 min (8:4) και με διάρκεια επαναλήψεων 4 min και διαλείμματος 2 min (4:2), σε ανωφέρεια (A) και οριζόντιο επίπεδο (O), έως την εξάντληση.

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν ότι η κλίση του διαδρόμου δεν επηρεάζει τις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις κατά την εκτέλεση διαλειμματικής άσκησης σε ό,τι αφορά τον χρόνο άσκησης με υψηλό ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου και υψηλή καρδιακή συχνότητα. Φαίνεται πως όταν εκτελείται διαλειμματική άσκηση, είτε σε οριζόντιο επίπεδο είτε σε ανωφέρεια, το σύστημα μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου επιβαρύνεται στον ίδιο βαθμό. Θα ήταν αναμενόμενο κατά την άσκηση σε ανωφέρεια η κατανάλωση οξυγόνου και η καρδιακή συχνότητα να είναι υψηλότερες. Έρευνα του Padulo και συν. (2013) έδειξε υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου με 7% κλίση έναντι

κλίσεων 0 και 2% με την ένταση της άσκησης στο 70% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας. Βέβαια, στην έρευνα του Padulo και οι συν. (2013) η διάρκεια της άσκησης σε κάθε κλίση ήταν 5 λεπτά και δεν εφαρμόστηκε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα άσκησης, όπως στην παρούσα μελέτη. Επιπλέον, η ένταση της άσκησης ήταν στο 70% της MAT ενώ στην παρούσα μελέτη ήταν στο 80 και 90% της MAT. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παρούσα μελέτη μετρήθηκε η MAT και σε οριζόντιο επίπεδο και με κλίση και η ταχύτητα τρεξίματος προσαρμόστηκε με βάση τη μέγιστη ικανότητα σε κάθε κλίση. Αυτός, πιθανά, είναι και ο βασικός λόγος για τον οποίο δεν υπήρξαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο κλίσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη, η κλίση κατά την άσκηση δεν επηρέασε τη συγκέντρωση γαλακτικού στη κυκλοφορία του αίματος, ενώ θα ήταν αναμενόμενο τα προγράμματα που πραγματοποιήθηκαν στην ανηφόρα να επέφεραν υψηλότερη συγκέντρωση του γαλακτικού έναντι των πρωτοκόλλων σε ίσιο επίπεδο, ανεξαρτήτως της διάρκειας του ερεθίσματος. Είναι πιθανόν η μεγαλύτερη ταχύτητα τρεξίματος κατά την άσκηση στο ίσιο επίπεδο να αντισταθμίζει την εφαρμογή υψηλότερων δυνάμεων που απαιτεί το τρέξιμο σε ανωφέρεια με αποτέλεσμα η ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού να είναι παρόμοια. Φαίνεται λοιπόν πως όταν η ένταση της άσκησης ορίζεται ως ποσοστό της μέγιστης ταχύτητας που μπορεί να επιτευχθεί σε κάθε κλίση, οι καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές ανταποκρίσεις κατά την εκτέλεση αερόβιας άσκησης είναι παρόμοιες ανεξάρτητα της κλίσης του εδάφους.

Το γεγονός ότι ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου άνω του 80% και 90% της VO_{2max} είναι μεγαλύτερος σε πρωτόκολλα με επαναλήψεις διάρκειας 8 λεπτών και ένταση στο 80% της MAT, σε σύγκριση με επαναλήψεις 4 λεπτών στο 90% της MAT, υποδεικνύει ότι η μακροχρόνια εφαρμογή επαναλήψεων αυτής της διάρκειας και έντασης μπορεί να οδηγήσει σε ευνοϊκές προσαρμογές της αερόβιας ικανότητας. Βέβαια, η ολοκλήρωση αυτού του προγράμματος απαιτεί πολύ μεγάλο χρόνο άσκησης, ο οποίος στην παρούσα μελέτη κυμάνθηκε 60 – 135 λεπτά συμπεριλαμβανομένων και των διαλειμμάτων. Αν ο στόχος της προπόνησης είναι η βελτίωση της αερόβιας ικανότητας μέσα από την επίτευξη ενός υψηλού όγκου προπόνησης, τότε προγράμματα με 8 λεπτά άσκηση στο 80% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας με 4 λεπτά διάλειμμα αποτελεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα άσκησης.

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμπεραίνεται πως όταν η ένταση της άσκησης ορίζεται με βάση τη μέγιστη ένταση που επιτυγχάνεται σε κάθε κλίση εδάφους η καρδιοαναπνευστική επιβάρυνση είναι παρόμοια κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης ανεξάρτητα της κλίσης του εδάφους. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα στους προπονητές να δίνουν μια ποικιλία ερεθισμάτων στους αθλητές τους μέσω της χρήσης διαφορετικών κλίσεων σε διάφορα φυσικά περιβάλλοντα επιτυγχάνοντας παρόμοιες φυσιολογικές προσαρμογές.

4^η μελέτη

Λιούγκος Κωνσταντίνος. Αλληλεπίδραση της έντασης και της διάρκειας των επαναλήψεων σε καρδιοαναπνευστικές και μεταβολικές ανταποκρίσεις εφήβων και ενήλικων ποδοσφαιριστών κατά την εκτέλεση διαλειμματικών πρωτοκόλλων αερόβιας άσκησης. Μεταπτυχιακή διατριβή. Τ.Ε.Φ.Α.Α. - Δ.Π.Θ., Μάιος 2024, Κομοτηνή.

Εισαγωγή

Για τον σχεδιασμό της διαλειμματικής προπόνησης θα πρέπει απαραίτητα να καθοριστούν τα στοιχεία της επιβάρυνσης, όπως η ένταση και η διάρκεια των επαναλήψεων, η ένταση, η διάρκεια και το είδος του διαλείμματος καθώς και ο συνολικός χρόνος άσκησης (αριθμός επαναλήψεων $\times$ χρόνος επανάληψης) (Seiler, 2005). Η μεταβολή ενός από τους παραπάνω παράγοντες, ενώ οι άλλοι παραμένουν σταθεροί, μπορεί να μεταβάλει τη φυσιολογική επιβάρυνση του οργανισμού. Για παράδειγμα, σε ό,τι αφορά την ένταση, εντάσεις στο 100-105% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας (MAT) επιτρέπουν την επίτευξη μεγαλύτερου χρόνου άσκησης σε υψηλά ποσοστά της VO_{2max} έναντι μεγαλύτερων εντάσεων όταν εκτελούνται μικρής διάρκειας επαναλήψεις (≤ 30 sec) (Thevenet et al., 2007; Wakefield et al., 2009). Ωστόσο, εντάσεις στο 90 και στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας επιφέρουν παρόμοιες φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την εκτέλεση μικρής (30 sec) και μεγάλης (3 min) διάρκειας επαναλήψεων (Zuniga et al., 2009). Σε ό,τι αφορά τη διάρκεια των επαναλήψεων, μελέτες έχουν δείξει πως όταν η διάρκεια αυξάνεται στα 30–60 sec επιτυγχάνεται περισσότερος χρόνος άσκησης πάνω από το 90% της VO_{2max} συγκριτικά με διάρκειες 15-25 sec όταν η ένταση κυμαίνεται στο 100-115% της MAT (Rozenek et al., 2007; Wakefield et al., 2009). Ωστόσο, διάρκεια επαναλήψεων 2 min είναι προτιμότερη από ότι διάρκεια 1 min και αυτή από ό,τι 30 sec, όταν η ένταση ορίζεται στο 100% της MAT (Millet et al., 2003; Myrkos et al., 2022; O'Brien et al., 2008). Ωστόσο, γνωρίζοντας την αντίστροφη σχέση της έντασης με τη διάρκεια, θα άξιζε η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των δύο αυτών παραμέτρων στις φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού. Αν δηλαδή, η αύξηση της διάρκειας των επαναλήψεων κατά τη χρήση μιας σχετικά χαμηλότερης έντασης θα αντιστάθμιζε τη χρήση μιας υψηλότερης έντασης, όπου όμως θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν μικρότερης διάρκειας επαναλήψεις. Επισημαίνεται, ότι τα παραπάνω δεδομένα αφορούν κυρίως ενήλικες ασκούμενους και θα άξιζε να διερευνηθεί αν υπάρχουν διαφορές στις φυσιολογικές αποκρίσεις ενήλικων και εφήβων ασκούμενων, καθώς η διαλειμματική προπόνηση μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρύ φάσμα ηλικιακών κατηγοριών ιδιαίτερα στον αγωνιστικό αθλητισμό.

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της αλληλεπίδρασης της διάρκειας (1, 2, 3 και 4 λεπτά) και της έντασης της άσκησης (105, 100, 95 και 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας) διατηρώντας σταθερή την αντιστρόφως ανάλογη σχέση διάρκειας και έντασης στον συνολικό χρόνο άσκησης, στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και καρδιακής συχνότητας μεγαλύτερη από 80 και 90 της VO_{2max} και της $K\Sigma_{max}$, και στην συγκέντρωση του γαλακτικού κατά την εκτέλεση επαναλήψεων ως την εξάντληση, σε εφήβους και ενήλικες ποδοσφαιριστές στον εργοδιάδρομο.

Μέθοδος

Το δείγμα αποτέλεσαν συνολικά 22 καλά προπονημένοι ποδοσφαιριστές ($n=22$) εκ των οποίων οι 10 ήταν έφηβοι ($n=10$) (ηλικίας $15,4 \pm 0,8$ έτη, στάδια εφηβικής ανάπτυξης κατά Tanner 4-5, VO_{2max} $60,6 \pm 3,9$ ml $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹ και MAT $16,1 \pm 0,9$ km/h) και 12 ενήλικες ($n=12$) (ηλικίας $21,0 \pm 1,9$ έτη, VO_{2max} $57,6 \pm 5,0$ ml $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹ και MAT $17,2 \pm 0,9$ km/h). Τόσο οι έφηβοι όσο και οι άνδρες ήταν κλινικά υγιείς και αγωνιζόντουσαν στα πρωταθλήματα υποδομών K17 Super League με την ομάδα του Πανθρακικού και Γ' εθνικής (Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης), αντίστοιχα. Όλοι οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν περισσότερους από 25 αγώνες ανά έτος, προπονούσαν από 4-5 φορές την εβδομάδα και είχαν εμπειρία στη διαλειμματική προπόνηση.

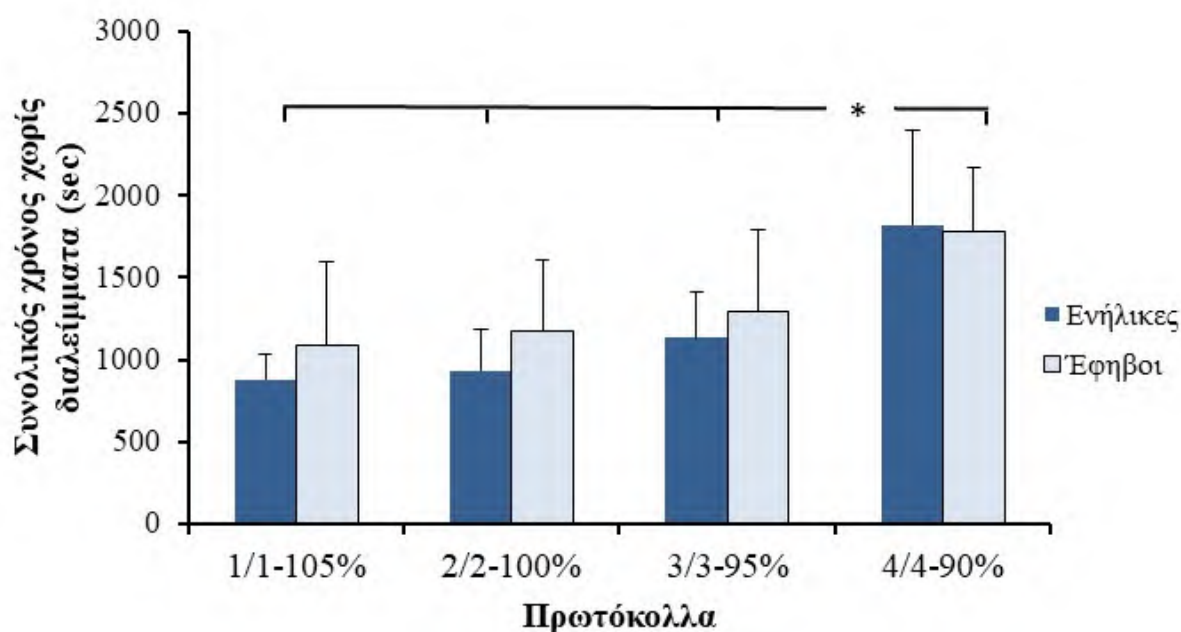
Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τέσσερις προπονήσεις διαλειμματικής άσκησης, με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση. Οι τέσσερις διαλειμματικές προπονήσεις διαμορφώθηκαν ως εξής α) 1 λεπτό

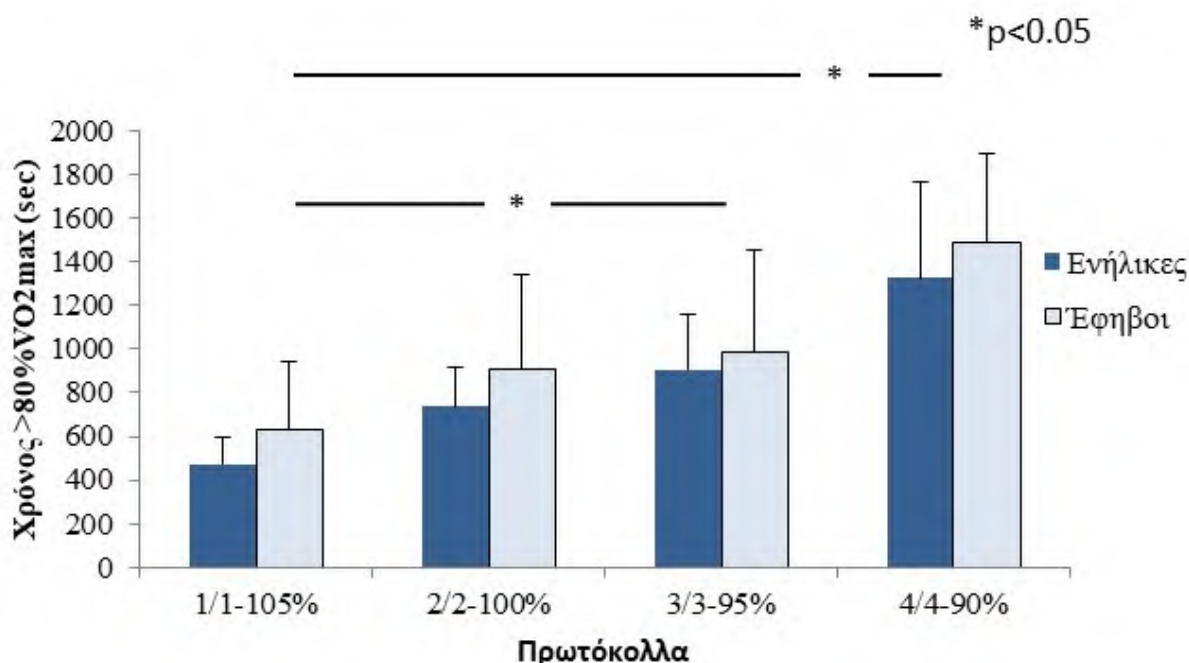
άσκησης στο 105% της MAT με 1 λεπτό διάλειμμα (1:1), β) 2 λεπτά άσκησης στο 100% της MAT με 2 λεπτά διάλειμμα (2:2), γ) 3 λεπτά άσκησης στο 95% της MAT με 3 λεπτά διάλειμμα (3:3) και δ) 4 λεπτά άσκησης στο 90% της MAT με 4 λεπτά διάλειμμα (4:4). Το διάλειμμα ήταν παθητικό σε όλα τα προγράμματα. Μετρήθηκαν ο συνολικός χρόνος άσκησης, ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου και η καρδιακή συχνότητα μεγαλύτερες από 80 και 90 της VO_{2max} και της $KΣ_{max}$, αντίστοιχα και η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Όλες οι δοκιμασίες ήταν ως την εξάντληση σε εργοδιάδρομο, απείχαν μεταξύ τους περισσότερο από 48 ώρες και ολοκληρώθηκαν σε διάστημα ενός μήνα.

Για τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης του προγράμματος άσκησης και της ηλικιακής ομάδας, καθώς και της κύριας επίδρασης του πρωτοκόλλου άσκησης και της ηλικιακής ομάδας στις παραμέτρους που μετρήθηκαν, εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (4 πρωτόκολλα x 2 ηλικιακές ομάδες), με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον ένα παράγοντα (πρωτόκολλο). Επιμέρους σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εντοπίστηκαν με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

Αποτελέσματα

Ο συνολικός χρόνος άσκησης, χωρίς τα διαλείμματα, ήταν υψηλότερος ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 4:4 συγκριτικά με τα προγράμματα 1:1, 2:2 και 3:3. Ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 80 και 90% της μέγιστης ήταν υψηλότερη ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 4:4 έναντι όλων των υπολοίπων, ενώ του προγράμματος 1:1 χαμηλότερος έναντι όλων των υπολοίπων (Σχήμα 2). Ο χρόνος άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 80 της μέγιστης ήταν υψηλότερη ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 4:4 συγκριτικά με εκείνες του 2:2 και 3:3, καθώς επίσης του 1:1 συγκριτικά με το 2:2. Ο χρόνος άσκησης με καρδιακή συχνότητα υψηλότερη από το 90 της μέγιστης ήταν υψηλότερη ($p=0,01$) στο πρόγραμμα 4:4 συγκριτικά με τα υπόλοιπα προγράμματα. Η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν υψηλότερη ($p=0,01$) στα προγράμματα 2:2 και 3:3, συγκριτικά με το 4:4.





Σχήμα 2. Συνολικός χρόνος άσκησης (a) και χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου (b) υψηλότερη από το 80% της VO_{2max} κατά την εκτέλεση διαλειμματικών προγραμμάτων άσκησης (1:1, 2:2, 3:3 και 4:4) σε έφηβους και ενήλικες ποδοσφαιριστές.

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αναδεικνύουν ότι όσον αφορά τα πρωτόκολλα μεσαίας διάρκειας (2:2 στο 100% και 3:3 στο 95% της MAT) και μεγάλης διάρκειας (4:4 στο 90% της MAT) ενεργοποιούν στον ίδιο βαθμό τον αερόβιο μεταβολισμό και υπερτερούν έναντι των πρωτοκόλλων μικρής διάρκειας (1:1 στο 105% της MAT) όπως φαίνεται και από το συνολικό χρόνο άσκησης αλλά και τον χρόνο άσκησης με υψηλή κατανάλωση οξυγόνου ($t90\%VO_{2max}$). Σχετικά με τη συνολική κατανάλωση οξυγόνου το πρωτόκολλο 4:4 στο 90% της MAT παρουσίασε μακράν τις υψηλότερες τιμές συγκριτικά με υπόλοιπα (1:1-105%, 2:2-100%, 3:3-95% της MAT). Αυτό οφείλεται στην μεγάλη διάρκεια της κάθε επανάληψης (4 min), που σε συνδυασμό με τη χαμηλότερη ένταση (90% της MAT) από όλα τα άλλα πρωτόκολλα, αύξησαν κατά πολύ το συνολικό χρόνο άσκησης και κατ' επέκταση τη συνολική κατανάλωση οξυγόνου. Βέβαια, η ολοκλήρωση αυτού του πρωτοκόλλου απαιτεί πολύ μεγάλο χρόνο άσκησης, ο οποίος στην παρούσα μελέτη κυμάνθηκε από 20-30 λεπτά καθαρού χρόνου άσκησης και από 40-56 λεπτά, συμπεριλαμβανομένων και των διαλειμμάτων το οποία ήταν παθητικά. Θα πρέπει λοιπόν πριν την εφαρμογή ενός τέτοιου είδους πρωτοκόλλου άσκησης να γίνει μια σωστή επιλογή και εκτίμηση του χρόνου από τους προπονητές, ανάλογα με τον στόχο της κάθε περιόδου προπόνησης και πως αυτό θα τοποθετηθεί σύμφωνα με την περιοδικότητα. Ειδικά αν ο στόχος της προπόνησης είναι η βελτίωση της αερόβιας ικανότητας μέσα από την επίτευξη ενός υψηλού όγκου προπόνησης, τότε το πρωτόκολλο με 4 λεπτά άσκηση στο 90% της MAT αποτελεί ένα από τα καταλληλότερα πρωτόκολλα άσκησης.

Επίσης, όταν ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 90% της VO_{2max} εκφράστηκε ως ποσοστό του συνολικού χρόνου άσκησης, στο πρόγραμμα με 3 λεπτά διάρκεια

ερεθίσματος και ένταση στο 95% της MAT, οι τιμές ήταν υψηλότερες συγκριτικά με τα πρωτόκολλα 1:1/105%, 2:2/100% και 4:4/90% της MAT. Φαίνεται, λοιπόν, πως τα προγράμματα με υψηλή ένταση και μεσαίας διάρκειας επαναλήψεων είναι ποιοτικότερα, καθώς με λιγότερο συνολικό χρόνο άσκησης επιτρέπουν μια ίσως επαρκή επιβάρυνση του καρδιοαναπνευστικού συστήματος. Έχει προταθεί ότι σε μια προπόνηση ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 90% της VO_{2max} θα πρέπει να είναι 5 – 10 λεπτά (Bucheit, & Laursen, 2013). Αν και δεν έχει τεκμηριωθεί ερευνητικά η αποτελεσματικότητα αυτής της πρότασης, στην παρούσα μελέτη με όλα τα προγράμματα που εφαρμόστηκαν ο χρόνος άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερη από το 90% της VO_{2max} ήταν σε αυτό το χρονικό διάστημα. Αυτό, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού, μπορεί να σημαίνει ότι τέτοιου είδους προγράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους προπονητές όταν απαιτείται μια επαρκή επιβάρυνση του καρδιαγγειακού συστήματος, αλλά σε συντομότερο χρόνο ή και όταν είναι επιθυμητή μια ταυτόχρονη επιβάρυνση του αερόβιου και του αναερόβιου μεταβολισμού.

Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα και οι προπονητικές κατευθύνσεις που προκύπτουν από τα ευρήματα των παραπάνω μελετών, που εξέτασαν την επίδραση των παραμέτρων της επιβάρυνσης σε φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού, συνοψίζονται στα εξής:

- σε αερόβια διαλειμματική άσκηση μακρού χρόνου (διάρκεια επαναλήψεων 4 λεπτά με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας), η διάρκεια του διαλείμματος (2, 3, ή 4 min) δεν επιδρά στον χρόνο άσκησης με υψηλά ποσοστά της VO_{2max} και στη συνολική κατανάλωση οξυγόνου. Ωστόσο, μικροί χρόνοι διαλείμματος προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση της καρδιακής συχνότητας, της συγκέντρωσης του γαλακτικού και της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης.
- κατά την εκτέλεση αερόβιας διαλειμματικής άσκησης με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, η διάρκεια του διαλείμματος έχει σημαντική επίδραση, καθώς με διάρκεια επαναλήψεων είτε 1 min είτε 2 min, όταν η αναλογία χρόνου άσκησης προς χρόνο διαλείμματος είναι 1:1, επιτυγχάνεται μεγαλύτερος συνολικός χρόνος άσκησης και συνολική κατανάλωση οξυγόνου, συγκριτικά με αναλογία 2:1. Με επαναλήψεις διάρκειας 1 min παρουσιάζονται υψηλότερες τιμές στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερα από 80% της VO_{2max} , συγκριτικά με επαναλήψεις διάρκειας 2 min, ανεξάρτητα από την αναλογία χρόνου άσκησης προς χρόνο διαλείμματος, ενώ η διάρκεια των επαναλήψεων και η διάρκεια του διαλείμματος δεν επιδρούν στον χρόνο άσκησης με κατανάλωση οξυγόνου υψηλότερα από το 90% της VO_{2max} και της $KΣ_{max}$.
- η κλίση του επιπέδου δεν επηρεάζει τις καρδιοαναπνευστικές ανταποκρίσεις, ανεξάρτητα της διάρκειας των επαναλήψεων (4 ή 8 min), όταν διατηρείται η ίδια σχετική ένταση, η οποία εκφράζεται με βάση τη μέγιστη ικανότητα σε κάθε κλίση εδάφους. Επίσης, πολύ μεγάλης διάρκειας επαναλήψεις (8 λεπτά) σε συνδυασμό με υπομέγιστη ένταση (80% της MAT) επιβαρύνουν περισσότερο το καρδιοαναπνευστικό σύστημα, καθώς ο χρόνος άσκησης με υψηλό ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου και υψηλή καρδιακή συχνότητα είναι περισσότερος, έναντι μέσης διάρκειας επαναλήψεων (4 λεπτά) σε συνδυασμό με πολύ υψηλή ένταση (90% της MAT). Ωστόσο, όταν ο χρόνος άσκησης με υψηλό ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου και

υψηλή καρδιακή συχνότητα εκφράζεται ως ποσοστό του συνολικού χρόνου άσκησης, τότε είναι μεγαλύτερος με διαλειμματική άσκηση με μέσης διάρκειας επαναλήψεις και μέγιστη ένταση, καθιστώντας αυτά το πρωτόκολλα περισσότερο ποιοτικά, καθώς ταυτόχρονα ενεργοποιούν περισσότερο και τον αναερόβιο μεταβολισμό, όπως υποδηλώνει η υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού.

- κατά τον σχεδιασμό διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης, είναι εξίσου αποτελεσματικοί, είτε για ενήλικες είτε για εφήβους, οι συνδυασμοί διάρκειας και έντασης επαναλήψεων i) 2 min άσκηση με 2 min διάλειμμα με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, ii) 3 min άσκηση με 3 min διάλειμμα με ένταση στο 95% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, και iii) 4 min άσκηση με 4 min διάλειμμα με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας για την επιβάρυνση στα επιθυμητά επίπεδα του συστήματος μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου. Ωστόσο, το 2 min άσκηση με 2 min διάλειμμα με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας και το 3 min άσκηση με 3 min διάλειμμα με ένταση στο 95% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, μπορούν να χαρακτηριστούν ως ποιοτικότερα, διότι η επίτευξη αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μικρότερο συνολικό χρόνο άσκησης, από ό,τι με τα 4 min άσκηση με 4 min διάλειμμα, με ένταση στο 90% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας.

Βιβλιογραφία

- Billat, V.L. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Buchheit, M., & Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Coates, A. M., Joyner, M. J., Little, J. P., Jones, A. M., & Gibala, M. J. (2023). A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health. *Sports Medicine*, 53(Suppl 1), 85-96.
- Millet, G., Candau, R., Fattori, P., Bignet, F. & Varray, A. (2003). VO₂ responses to different intermittent runs at velocity associated with VO₂max. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(3), 410-423.
- Myrkos, A., Smilios, I., Zafeiridis, A., Iliopoulos, S., Kokkinou, E.M., Douda, H., & Tokmakidis S.P. (2022). The effects of work and recovery duration and their ratio on cardiorespiratory and metabolic responses during aerobic interval exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 36(8), 2169-2175.
- O'Brein, B., Wibskov, J., Knez, W., Paton, C., & Harvey, J., (2008). The effects of interval-exercise duration and intensity on oxygen consumption during treadmill running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 287-290.
- Padulo, Douglas P., Raffaele, M., & Ardigo L.P. (2013) A paradigm of uphill running PLoS One. 10:8(7).
- Rozenek, R., Funato, K., Kubo, J., Hoshikawa, M., & Matsuo, A. (2007). Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO₂max. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 188-192.
- Smilios, I., Myrkos, A., Zafeiridis, A., Toubekis, A., Spassis, A., & Tokmakidis, S.P. (2018). The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of

- oxygen consumption, oxygen kinetics and blood lactate. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 32(8), 2183-2189.
- Thevenet, D., Tardieu, M., Zouhal, H., Jacob, C., Abderraouf, B., & Prioux, J. (2007). Influence of exercise intensity on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during an intermittent session in young endurance-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 19-26.
- Turnes, T., de Aguiar, R.A., de Oliveira Cruz, R.S., & Caputo, F. (2016). Interval training in the boundaries of severe domain: Effects on aerobic parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 116, 161–169.
- Seiler, S & Hetlelid, K. (2005). The impact of rest duration on work intensity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1601–1607.
- Wakefield, B. & Glaister, M. (2009). Influence of work-interval intensity and duration on time spent at a high percentage of VO_2max during intermittent supramaximal exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2548-2554.
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO_2max improvements in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(8), 941-947.
- Zafeiridis, A., Sarivasiliou, H., Dipla, K., Vrabas, I.S. (2010). The effects of heavy continuous versus long and short intermittent aerobic exercise protocols on oxygen consumption, heart rate, and lactate responses in adolescents. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 17-26.
- Zuniga, J., Berg, K., Noble, J., Harder, J., Chaffin, M. & Hanumanthu, V. (2011) Physiological Responses During Interval Training with Different Intensities and Duration of Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1279-1284.



Cardiopulmonary responses during the execution of aerobic interval exercise: Effects of training load variables

Smilios Ilias¹, Myrkos Aristeidis¹, Iliopoulos Stylianos¹, Liougos Konstantinos¹, Kokkinou Eleni Maria¹, Zafeiridis Andreas², Spassis Apostolos¹, Douda Helen¹, Tokmakidis P. Savvas¹

¹Democritus University of Thrace, Department of Physical Education & Sport Science

²Aristotle University of Thessaloniki, Serres, Department of Physical Education & Sport Science

ABSTRACT

This summary presents research work that focuses on how variables of training load such as repetition and interval duration, slope of the terrain, and the interaction of intensity and duration of repetitions during the performance of an aerobic interval training unit affect cardiorespiratory responses. When performing interval exercise: a) with a repetition duration of 4 minutes at an intensity 90% of maximum aerobic speed (MAS), the rest interval duration (2, 3, or 4 min) does not affect exercise time at high rates of VO₂max. Short interval durations cause a greater increase in heart rate and lactate. b) with an intensity 100% of MAS, 1 min repetitions cause higher values of exercise time with oxygen consumption higher than 80% of VO₂max compared to 2 min repetitions, regardless of the ratio of exercise to rest interval duration (1:1 or 2:1) while repetition and rest interval duration do not affect the exercise time with oxygen consumption higher than 90% of VO₂max and HRmax. (c) ground gradient does not affect cardiopulmonary responses, regardless of the duration of the repetitions (4 or 8 min), when the same relative intensity is maintained. Very long repetitions (8 min) at submaximal intensity (80% of MAS) offer more exercise time with high oxygen consumption and heart rate versus moderate duration repetitions (4 min) at very high intensity (90% of MAS) when programs are run until exhaustion. d) combinations of duration and intensity of repetitions: i) 2 min exercise at 100% of MAS with 2 min rest, ii) 3 min of exercise at 95% of MAS with 3 min rest, and iii) 4 min of exercise at 90% of MAS with 4 min rest, cause a similar strain on the oxygen transport and consumption system when programs are run until exhaustion.

Key words: aerobic exercise, cardiopulmonary function, oxygen consumption, lactate, heart rate

Corresponding address:

Smilios Ilias
Democritus University of Thrace
Department of Physical Education and Sport Sciences
University Campus, 69100 Komotini
E-mail: ismilios@phyed.duth.gr