



Ελληνική Εταιρεία Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης

Hellenic Society of Biochemistry
and Physiology of Exercise

Επιθεώρηση Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης
4: 14-21, 2017

Reviews in Biochemistry and
Physiology of Exercise
4: 14-21, 2017

www.eevfa.gr/web/emag ISSN 2407-960X

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΥΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΙΣΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΣΤΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΓΛΥΚΟΖΗΣ ΚΑΙ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ ΥΓΙΩΝ ΑΝΔΡΩΝ

Αλεξάνδρα Κατσούλα,¹ Γεώργιος Μαστοράκος,² Ευαγγελία Κουσκούνη,² Αιμιλία Μάντζου,²
Ιωάννης Φατούρος,³ Σπύρος Τσιριγκάκης,³ Βενετία Ιωαννίδη,⁴ Αλεξάνδρα Δημητρακάκη,⁵
Γεωργία Δασκαλάκη,¹ Γρηγόρης Μπογδάνης⁴

¹Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης,
²Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ³Σχολή Επιστήμης Φυσικής
Αγωγής & Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ⁴Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής &
Αθλητισμού, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ⁵ΓΝΑ «Ο Ευαγγελισμός»

Περίληψη

Σκοπός της έρευνας ήταν να μελετηθούν οι μεταβολές της γλυκόζης και ινσουλίνης στον ορό μετά από δύο διαφορετικά πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης (HIT). Συμμετείχαν 11 υγιείς μέτρια γυμνασμένοι άρρενες, οι οποίοι εκτέλεσαν δύο διαφορετικά πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης σε κυκλοεργόμετρο (HIT30 και HIT60) συνολικής διάρκειας 20 λεπτών, σε τυχαία και ισοσταθμισμένη σειρά. Το HIT30 αποτελούταν από 16 προσπάθειες διάρκειας 30 s, στο 100 % της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}), που ακολουθούνταν από 45 s στο 15 % VO_{2max} , ενώ το HIT 60 περιλάμβανε 8 προσπάθειες των 60 s στο 100 % VO_{2max} , που ακολουθούνταν από 90 s στο 15 % VO_{2max} . Το συνολικό παραγόμενο έργο στα δύο πρωτόκολλα ήταν ίδιο. Η συγκέντρωση γλυκόζης και ινσουλίνης μετρήθηκε σε δείγματα φλεβικού αίματος πριν, αμέσως μετά και μία ώρα μετά την άσκηση. Η αντίσταση στην ινσουλίνη εκτιμήθηκε βάσει του μοντέλου ομοιόστασης HOMA-IR. Η στατιστική ανάλυση (ANOVA διπλής κατεύθυνσης) έδειξε αλληλεπίδραση του πρωτοκόλλου με τον χρόνο δειγματοληψίας για τη συγκέντρωση της γλυκόζης ($p = 0.019$). Οι συγκρίσεις post-hoc (Tukey) έδειξαν ότι στο HIT30 δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση γλυκόζης (πριν: $92,9 \pm 5,8$, μετά: $102,3 \pm 13,5$, 1 ώρα: $89,2 \pm 4,6$ mg/dl, όλα μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση). Αντίθετα, στο HIT60, η συγκέντρωση της γλυκόζης αυξήθηκε αμέσως μετά την άσκηση και επανήλθε στα επίπεδα ηρεμίας 1 ώρα μετά [πριν: $92,6 \pm 8,4$, μετά: $118,1 \pm 26,1$ ($p = 0,001$), 1 ώρα: $88,9 \pm 9,8$ mg/dl]. Για τη συγκέντρωση ινσουλίνης και το HOMA-IR, η ANOVA έδειξε ότι δεν υπήρχε κύρια επίδραση της συνθήκης άσκησης ($p = 0.36$ και 0.07 αντίστοιχα) ούτε αλληλεπίδραση συνθήκης με το χρόνο ($p = 0.49$ και 0.20 αντίστοιχα). Βρέθηκε όμως στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και για τις δύο αυτές παραμέτρους ($p < 0.001$), με τις τιμές να κορυφώνονται αμέσως μετά την άσκηση και να επιστρέφουν στα επίπεδα ηρεμίας μία ώρα μετά. Συμπερασματικά, τα δύο πρωτόκολλα HIT προκάλεσαν παρόμοιες παροδικές μεταβολές στην ινσουλίνη και στην αντίσταση στην ινσουλίνη. Όμως τα επίπεδα της γλυκόζης αυξήθηκαν μόνο μετά τη συνθήκη HIT60 και έτσι η HIT30 πιθανόν να είναι προτιμότερη μορφή διαλειμματικής άσκησης για διαβητικούς ασθενείς, αφού διαταράσσει λιγότερο τον μεταβολισμό της γλυκόζης σε σύγκριση με την HIT60.

Διεύθυνση αλληλογραφίας

Αλεξάνδρα Κατσούλα

Καλλέργη 288, Πειραιάς, 18546, Τηλ: 0030 698344541, 0032 483603616

e-mail: alexandrakatsoula@gmail.com

1. Εισαγωγή

Η σωματική άσκηση έχει προταθεί από σημαντικούς οργανισμούς, όπως το Αμερικάνικο Κολέγιο Αθλητιατρικής και την Αμερικάνικη Διαβητολογική Εταιρεία, ως μια μη φαρμακολογική θεραπεία για την πρόληψη του διαβήτη τύπου 2 (5), δεδομένου ότι προκαλεί μια σημαντική βελτίωση του μεταβολισμού της γλυκόζης (13). Παρόλο που η πιο αποτελεσματική μέθοδος άσκησης για τη θεραπεία του σακχαρώδους διαβήτη δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως, υπάρχουν ενδείξεις ότι η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης (high-intensity interval training ή HIT) πιθανόν να είναι πιο αποτελεσματική για τον έλεγχο του σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2 (2, 18).

Δεδομένα από μελέτες σε υγιείς δοκιμαζόμενους δείχνουν ότι η HIT συνολικής διάρκειας 14-25 λεπτών με καθαρό χρόνο άσκησης 2-10 λεπτών επιφέρει σημαντική μιτοχονδιακή βιογένεση, καθώς και αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}), των οξειδωτικών ενζύμων και των μεταφορέων της γλυκόζης στους μύες (GLUT4), σε παρόμοιο ή υψηλότερο επίπεδο σε σύγκριση με τη συνεχόμενη υπομέγιστη άσκηση με πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη (3, 4). Ωστόσο, όταν η έντονη διαλειμματική προπόνηση επαναλαμβάνεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από 10 συνεδρίες, πιθανόν να εξαντλεί όσους δεν συμμετέχουν συστηματικά σε άσκηση και τους ασθενείς. Υπάρχουν ενδείξεις ότι όσο συντομότερη είναι η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης, τόσο καλύτερα ανεκτή είναι αυτή από τους δοκιμαζόμενους (12). Μελέτες που χρησιμοποιούν χαμηλότερης έντασης διαλειμματική προπόνηση, όπως 10 σετ×60 s στο 90–100 % της VO_{2max} , κατέγραψαν επίσης αυξημένη βιογένεση μιτοχονδρίων και βελτίωση της ρύθμισης της γλυκόζης κατά την ηρεμία και τη μεταγευματική φάση (7, 8, 14-16). Παρόλα αυτά, υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα σχετικά με την επίδραση της διαλειμματικής άσκησης μικρότερης διάρκειας στον γλυκαιμικό έλεγχο. Νέες πρόσφατες έρευνες εξέτασαν την επίδραση της HIT στον γλυκαιμικό έλεγχο σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σύντομη και υψηλής έντασης σωματική δραστηριότητα είναι εξίσου αποτελεσματική με την παρατεταμένη άσκηση αντοχής. Στον Καναδά, σε μελέτη του Πανεπιστημίου McMaster, συμμετείχαν 7 ενήλικες με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2, οι οποίοι εκτέλεσαν 10 σετ σε κυκλοεργόμετρο διάρκειας 60 s το καθένα με ένταση που αντιστοιχούσε στο 90% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και με περιόδους ανάπαυσης ενός λεπτού. Οι ερευνητές συνέκριναν τα 24ωρα επίπεδα της γλυκόζης των δοκιμαζόμενων με τα επίπεδά της μια άλλη ημέρα χωρίς παρέμβαση. Διαπιστώθηκε σημαντική μείωση στα συνολικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα και στα μεταγευματικά επίπεδά της (6).

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να αξιολογηθούν οι μεταβολές στη συγκέντρωση της γλυκόζης και στην αντίσταση στην ινσουλίνη κατά τη διάρκεια δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων HIT σε υγιή πληθυσμό, ώστε να συλλεχθούν δεδομένα που θα τεκμηριώσουν την πιθανή χρησιμότητα διαλειμματικών πρωτοκόλλων με αυτά τα χαρακτηριστικά για τη βελτίωση των παραγόντων κινδύνου σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2.

2. Μέθοδος

2.1 Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 11 υγιείς σωματικά δραστήριοι άρρενες (μέτρια φυσική δραστηριότητα 2-3 φορές την εβδομάδα) με χαρακτηριστικά (όλα μέση τιμή ± τυπική απόκλιση): ηλικία (έτη) 28 ± 4 , ύψος (m) $1,77 \pm 0,07$, βάρος (kg) 70.5 ± 13.7 , BMI (kg/m^2) $25,6 \pm 3,7$. Όλες οι διαδικασίες εγκρίθηκαν από την Επιτροπή Δεοντολογίας του νοσοκομείου. Επίσης όλοι οι εθελοντές παρέιχαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους. Οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, δεν έπασχαν από κάποια οξεία ή χρόνια ασθένεια, δεν λάμβαναν καμία φαρμακευτική αγωγή τους τελευταίους τρεις μήνες και είχε προηγηθεί καρδιολογικός έλεγχος για τη συμμετοχή τους στην έρευνα (triplex).

2.2 Κύρια πειραματικά πρωτόκολλα

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν δύο διαφορετικά πρωτόκολλα HIT σε τυχαία και εξισορροπημένη σειρά (HIT30, HIT60), ίδιου εξωτερικού παραγόμενου έργου και ίδιας συνολικής διάρκειας (20 λεπτά). Η ένταση της κάθε δοκιμασίας καθορίστηκε με βάση την προκαταρκτική δοκιμασία μέτρησης της VO_2max σε κυκλοεργόμετρο ErgoBikePremium 8i. Το HIT30 περιλάμβανε 16 σπριντ των 30 s με 45 s αποκατάσταση. Η ένταση της άσκησης ορίστηκε στο 100% της μέγιστης ισχύος που επιτεύχθηκε δοκιμασία VO_2max ($Wmax$), ενώ κατά την αποκατάσταση εκτελέστηκε ήπια άσκηση με ένταση 15% της $Wmax$, με αναλογία άσκησης-διαλείμματος 1:1,5. Το HIT60 περιλάμβανε 8 σπριντ των 60 s με 90 s αποκατάσταση. Η ένταση της άσκησης ορίστηκε στο 100% της $Wmax$, ενώ κατά την αποκατάσταση εκτελέστηκε ήπια άσκηση με την ίδια ένταση και αναλογία άσκησης:διαλείμματος.

2.3 Βιοχημικές και Ορμονικές Εξετάσεις

Δείγματα φλεβικού αίματος συλλέχθηκαν από κάθε δοκιμαζόμενο πριν την έναρξη της άσκησης, στο τέλος της και μία ώρα μετά την άσκηση για την παρασκευή ορού. Ο προσδιορισμός της γλυκόζης έγινε με ενζυμική χρωματομετρική μέθοδο με τη χρήση kitGlucoseGOP-POD (Spinreact, Ισπανία). Τα επίπεδα της ινσουλίνης μετρήθηκαν σε αναλυτή Immulite 2000 (SiemensHealthcareDiagnosticsProducts, UK) με ανοσομετρική χημειοφωταύγεια και η αντίσταση στην ινσουλίνη σε ολόκληρο το σώμα εκτιμήθηκε βάσει του ομοιοστατικού μοντέλου αξιολόγησης της αντίστασης στην ινσουλίνη HOMA-IR. Η ευαισθησία στην ινσουλίνη μετράται με τον υπολογισμό της σχέσης μεταξύ της ινσουλίνης πλάσματος και μιας ινσουλινοεξαρτώμενης μεταβολικής μεταβλητής, της γλυκόζης πλάσματος.

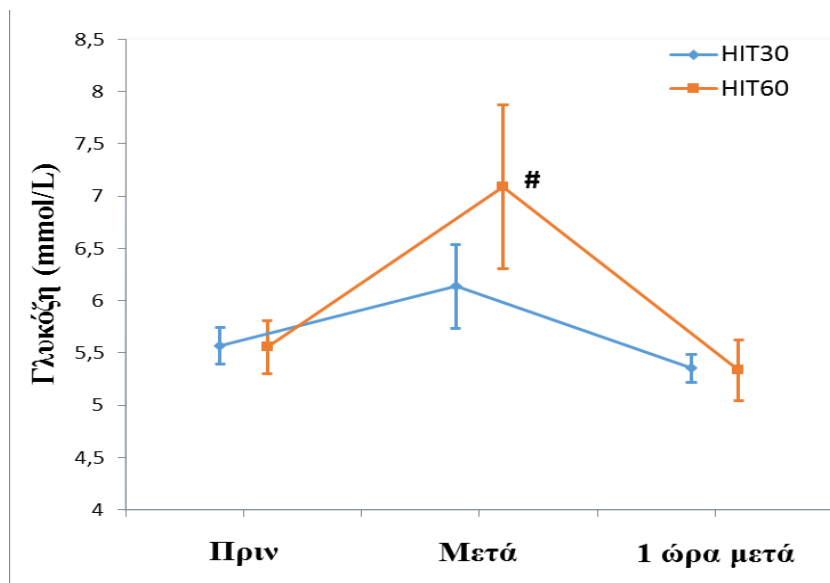
2.4 Στατιστική Ανάλυση

Για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics v.22, με το οποίο συγκρίθηκαν οι εξαρτημένες μεταβλητές μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης. Η σύγκριση μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης έγινε με ανάλυση διακύμανσης δύο κατευθύνσεων (2-way ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες (πρωτόκολλο και χρόνος). Τέλος, για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών, χρησιμοποιήθηκε το Tukey's post-hoc test όταν εμφανίζεται κύρια επίδραση (main effect) ή αλληλεπίδραση (interaction) μεταξύ των παραγόντων. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως $\alpha = 0,05$.

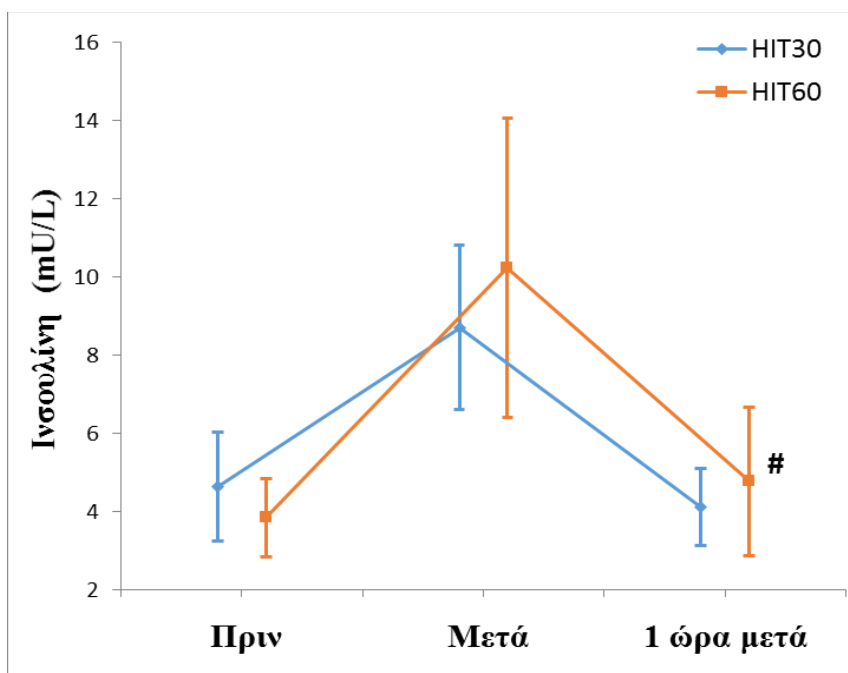
3. Αποτελέσματα

HANOVA έδειξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση (πρωτόκολλο×χρόνος) για τη συγκέντρωση γλυκόζης στον ορό ($p = 0.019$). Το post-hoc test έδειξε ότι δεν υπήρξε καμία στατιστικά σημαντική μεταβολή στη γλυκόζη στο πρωτόκολλο HIT30 (πριν: $92,9 \pm 5,8$, μετά: $102,3 \pm 13,5$, 1 ώρα μετά: $89,2 \pm 4,6$ mg/dl (Σχήμα 1). Αντίθετα, στο πρωτόκολλο HIT60, η συγκέντρωση της γλυκόζης αυξήθηκε αμέσως μετά την άσκηση ($p = 0,001$) και επέστρεψε στο επίπεδο ηρεμίας 1 ώρα μετά (πριν: $92,6 \pm 8,4$, μετά: $118,1 \pm 26,1$, 1 ώρα: $88,9 \pm 9,8$ mg / dl). Η αύξηση της γλυκόζης αμέσως μετά την άσκηση στο HIT60 ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με το HIT30 ($p = 0,001$, Σχήμα 1).

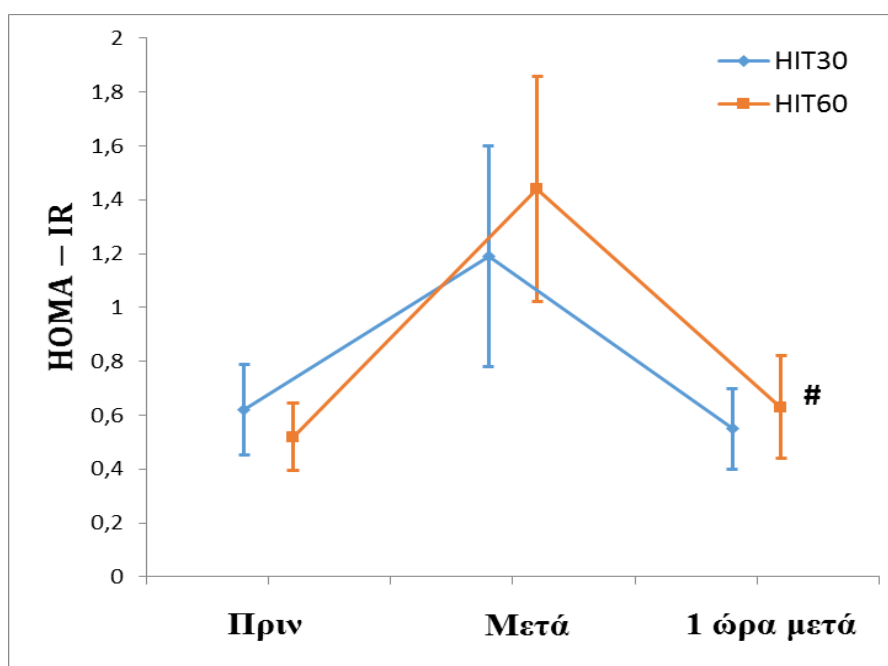
Αναφορικά με τη συγκέντρωση ινσουλίνης, δεν υπήρξε κύρια επίδραση του πρωτοκόλλου άσκησης, ούτε αλληλεπίδραση συνθήκης με τον χρόνο ($p = 0,36$ και $0,49$, αντίστοιχα). Ομοίως με τον δείκτη HOMA-IR ($p = 0,07$ και $0,20$, αντίστοιχα). Βρέθηκε όμως στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας στη συγκέντρωση ινσουλίνης και στον δείκτη HOMA-IR ($p < 0,001$), με τις τιμές να κορυφώνονται αμέσως μετά την άσκηση και να επιστρέφουν στα επίπεδα ηρεμίας μία ώρα μετά (Σχήματα 2 και 3).



Σχήμα 1. Συγκέντρωση γλυκόζης στον ορό πριν, αμέσως μετά και 1 ώρα μετά από διαλειμματική άσκηση διάρκειας 30 s (HIT 30) ή 60 s (HIT 60). # $p = 0,001$ σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας και της 1 ώρας μετά, καθώς και σε σύγκριση με το HIT 30 σε αυτό το χρονικό σημείο.



Σχήμα 2. Συγκέντρωση ινσουλίνης στον ορό πριν, αμέσως μετά και 1 ώρα μετά από διαλειμματική άσκηση διάρκειας 30 s (HIT 30) ή 60 s (HIT 60). # $p = 0,001$ των τιμών αμέσως μετά την άσκηση σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας και της 1 ώρας μετά.



Σχήμα 3. Δείκτης αντίστασης στην ινσουλίνη (HOMA-IR) πριν, αμέσως μετά και 1 ώρα μετά από διαλειμματική άσκηση διάρκειας 30 s (HIT30) ή 60 s (HIT 60). #p = 0,001 των τιμών αμέσως μετά την άσκηση σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας και της 1 ώρας μετά.

4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Κύριο εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι τα δύο πρωτόκολλα HIT προκάλεσαν παρόμοιες παροδικές μεταβολές στην ινσουλίνη και στην αντίσταση στην ινσουλίνη. Το πρωτόκολλο με τις λιγότερες και μεγαλύτερης διάρκειας έντονες προσπάθειες (8 × 60 s) προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση στα επίπεδα γλυκόζης σε σχέση με το πρωτόκολλο με τις περισσότερες και μικρότερης διάρκειας προσπάθειες (16 × 30 s). Τα επίπεδα της γλυκόζης αυξήθηκαν μόνο μετά τη συνθήκη HIT60 και έτσι η HIT30 διατάραξε λιγότερο τον μεταβολισμό της γλυκόζης. Η αύξηση της γλυκόζης στη συνθήκη HIT60 σε σύγκριση με τη HIT30 πιθανόν να οφείλεται είτε σε μειωμένο ρυθμό πρόσληψης γλυκόζης από τους μύες, λόγω της μεγαλύτερης αύξησης ενδιάμεσων μεταβολιτών της γλυκόλυσης, είτε σε αυξημένο ρυθμό εξόδου από το ήπαρ, είτε σε συνδυασμό των δύο (17).

Όπως αναφέρουν και άλλοι συγγραφείς (16), η HIT μπορεί να βελτιώσει σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα τον μεταβολισμό της γλυκόζης, να μειώσει τη γλυκόζη ηρεμίας και να βελτιώσει τη μεταβολική υγεία με σχετικά μικρή δέσμευση χρόνου. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε μόλις 6 συνεδρίες HIT, αυξάνεται ο όγκος των μιτοχονδρίων, προσαρμογή η οποία έχει κλινική σημασία για τους ασθενείς με προβλήματα στον μεταβολισμό της γλυκόζης, δεδομένου ότι ο μειωμένος όγκος μιτοχονδρίων έχει εμπλακεί στην αντίσταση στην ινσουλίνη (15, 16). Σύμφωνα με μελέτη των Whyte και συν. (10), σημαντική βελτίωση της ινσουλινοευαισθησίας (δείκτης HOMA-IR) κατά ~ 35 %, σε συνδυασμό με αύξηση των GLUT4 κατά ~ 260 %, παρατηρήθηκε μόλις μετά από 6 συνεδρίες διαλειμματικής προπόνησης σε αγύμναστους υπέρβαρους μεσήλικες δοκιμαζόμενους.

Το είδος του δείγματος και η χρήση του HOMA-IR μετά την άσκηση αποτελούν περιορισμούς της παρούσας μελέτης. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν νεαροί υγιείς άνδρες χωρίς να έχουν υπεργλυκαιμία ή ινσουλινοαντίσταση, οπότε τα ευρήματα δεν μπορούν να γενικευτούν σε άλλο πληθυσμό. Επίσης, στο σχήμα 3 παρατηρείται μια ραγδαία αύξηση της τιμής του HOMA-IR

αμέσως μετά την άσκηση. Ωστόσο, η εν λόγω τιμή δεν έχει υπολογισθεί σε ηρεμία, αλλά μετασκησιακά.

Τα διαλειμματικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται ως τώρα είναι πολύ έντονα, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αμφιβολίες αν αυτά θα είναι καλά ανεκτά και θα μπορούν να συνεχιστούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ασθενείς, αλλά και σε υγιείς πληθυσμούς (1, 9, 11). Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας δεν μπορούν να δώσουν ξεκάθαρη απάντηση για το ποιο διαλειμματικό πρωτόκολλο είναι πιο αποτελεσματικό για να επιφέρει μακροχρόνια θετικές προσαρμογές στον μεταβολισμό της γλυκόζης σε υγιείς. Δείχνουν όμως ότι το πρωτόκολλο HIT30 δεν προκαλεί μεταβολές στη συγκέντρωση της γλυκόζης και πιθανόν να είναι καλύτερα ανεκτό από διαβητικούς ασθενείς.

Συμπερασματικά, τα δύο πρωτόκολλα HIT προκάλεσαν παρόμοιες μεταβολές στην ινσουλίνη και στην αντίσταση στην ινσουλίνη, με τη γλυκόζη όμως να αυξάνεται μόνο μετά το HIT60. Αυτό υποδεικνύει ότι το πρωτόκολλο HIT30 πιθανόν να αποτελεί προτιμότερη μορφή διαλειμματικής άσκησης για διαβητικούς ασθενείς, αφού διαταράσσει λιγότερο τον μεταβολισμό της γλυκόζης. Παρόλα αυτά, ο προσδιορισμός του βέλτιστου πρωτοκόλλου άσκησης χρειάζεται περισσότερη τεκμηρίωση.

Οικονομική υποστήριξη

Οι συγγραφείς δεν έλαβαν κάποια οικονομική υποστήριξη για τη συγγραφή της εργασίας.

Σύγκρουση συμφερόντων

Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι δεν υπάρχει καμία σύγκρουση συμφερόντων.

Παραπομπές

1. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sport Sci.* 2011;29(6):547-553.
2. Boulé NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA.* 2001;286(10):1218-1227.
3. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJF, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol.* 2005;98(6):1985-1990.
4. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 2008;586(1):151-160.
5. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and Type 2 Diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. *Diabetes Care.* 2010;33(12):2692-2696.
6. Gibala MJ, Jones AM. Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser.* 2013;76:51-60.
7. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590(5):1077-1084.
8. Gibala MJ, McGee SL, Garnham AP, Howlett KF, Snow RJ, Hargreaves M. Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1 α in human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2009;106(3):929-934.
9. Hardcastle SJ, Ray H, Beale L, Hagger MS. Why sprint interval training is inappropriate for a largely sedentary population. *Frontiers Psychol.* 2014;5:1505.
10. Hood MS, Little JP, Tarnopolsky MA, Myslik F, Gibala MJ. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Scie Sports Exerc.* 2011;43(10):1849-1856.

11. Kilpatrick MW, Greeley SJ, Collins LH. The Impact of Continuous and Interval Cycle Exercise on Affect and Enjoyment. *Res Q Exerc Sport*. 2015;86(3):244-251.
12. Kilpatrick MW, Martinez N, Little JP, Jung ME, Jones AM, Price NW, et al. Impact of high-intensity interval duration on perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(5):1038-1045.
13. Kirwan JP, Solomon TPJ, Wojta DM, Staten MA, Holloszy JO. Effects of 7 days of exercise training on insulin sensitivity and responsiveness in type 2 diabetes mellitus. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2009;297(1):E151-E156.
14. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol*. 2010;588(6):1011-1022.
15. Little JP, Jung ME, Wright AE, Wright W, Manders RJ. Effects of high-intensity interval exercise versus continuous moderate-intensity exercise on postprandial glycemic control assessed by continuous glucose monitoring in obese adults. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;39(7):835-841.
16. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol*. 2011;111(6):1554-1560.
17. Richter EA, Hargreaves M. Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. *Physiol Rev*. 2013;93(3):993-1017.
18. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care*. 2006;29(11):2518-2527.



Ελληνική Εταιρεία Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης

Hellenic Society of Biochemistry
and Physiology of Exercise

Επιθεώρηση Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης
4: 14-21, 2017

Reviews in Biochemistry and
Physiology of Exercise
4: 14-21, 2017

www.eevfa.gr/web/emag ISSN 2407-960X

EFFECT OF TWO HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING PROTOCOLS ON GLUCOSE AND INSULIN LEVELS IN HEALTHY MEN

Alexandra Katsoula,¹ Georgios Mastorakos,² Evagelia Kouskouni,² Emilia Mantzou,² Ioannis Fatouros,³ Spyros Tsirigkakis,³ Venetia Ioannidi,⁴ Alexandra Dimitrakaki,⁵ Georgia Daskalaki,¹ Gregory C. Bogdanis⁴

¹*School of Physical Education and Sports Science, Democritus University of Thrace,*
²*Medical School, National and Kapodistrian University of Athens,* ³*School of Physical Education and Sports Science, University of Thessaly,* ⁴*School of Physical Education and Sports Science, National and Kapodistrian University of Athens,* ⁵*Evangelismos Hospital*

Abstract

This study investigated the changes in the serum concentration of glucose and insulin after two different high-intensity interval training (HIT) protocols of equal workload and duration. Eleven healthy moderately trained males performed two HIT protocols on a cycle ergometer (HIT30 and HIT60) in a random and counterbalanced order. HIT30 consisted of 16 30 s bouts at 100 % of the maximum oxygen uptake (VO₂max), followed by 45 s at 15 % VO₂max, while HIT60 included eight 60 s bouts at 100 % VO₂max, followed by 90s at 15 % VO₂max. Serum glucose and insulin were measured before exercise, immediately after and one hour post-exercise. Insulin resistance was determined by the homeostatic model method (HOMA-IR). Statistical analysis (2-way ANOVA) revealed an interaction between exercise protocol and time ($p = 0.019$). Tukey's post-hoc test showed that in the HIT30 protocol there was no significant change in blood glucose (before: 92.8 ± 5.8 , post: 102.3 ± 13.4 , 1 hour: 89.2 ± 4.6 mg / dl, mean \pm standard deviation throughout). In HIT60 glucose increased immediately after exercise and returned to resting levels one hour later [before: 92.6 ± 8.4 , immediately after: 118.1 ± 26.1 , ($p = 0.01$), after 1 hour: 88.9 ± 9.8 mg/dl]. ANOVA for insulin and HOMA-IR did not show a main effect of exercise protocol ($p = 0.36$ and 0.07 , respectively), or protocol \times time interaction ($p = 0.49$ and 0.20 , respectively). However, there was a main effect of time on both parameters ($p < 0.001$), with values peaking immediately after exercise and returning to resting levels 1 hour later. In conclusion, both HIT programs caused similar transient changes in insulin and HOMA-IR. Glucose levels were increased only after HIT60 and, therefore, HIT30 may be preferable for HIT in diabetic patients, because it does not cause any disturbances in glucose metabolism.

Address for correspondence

Alexandra Katsoula
Kallergi 288, Piraeus, 18546
Tel. 0030 6983445541, 0032 483603616
e-mail: alexandrakatsoula@gmail.com