



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΙΚΟΥ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΝΗΣΤΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Ερμής Παπαθανασόπουλος-Ζαχάκης

Επιβλέπων Καθηγητής: Ηλίας Ζαχαρόγιαννης

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020

© Copyright

Ερμής Παπαθανασόπουλος-Ζαχάκης
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΝΗΣΤΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΑΘΛΗΤΩΝ

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της νηστείας στην απόδοση των αθλητών. Η νηστεία αφορά την πλήρη ή μερική αποχή από το φαγητό ή και από το νερό και αποτελεί μέρος αρκετών πολιτισμών. Στην παρούσα εργασία μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης μελετήθηκε η επίδραση της νηστείας και οι μεταβολικές αποκρίσεις της διατροφής και της νηστείας. Επίσης, παρουσιάζονται θέματα που σχετίζονται με την επίδραση της νηστείας στην απόδοση άσκησης υψηλής έντασης, κατά την προπόνηση καθώς και η επίδραση των υδατανθράκων στην απόδοση στην αντοχή. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έγινε φανερό ότι βραχυπρόθεσμα τα αποτελέσματα της νηστείας στην απόδοση των αθλητών δεν είναι ξεκάθαρα καθώς υπάρχουν αρκετά μειονεκτήματα που σχετίζονται με το έλλειμμα ενέργειας. Επίσης, σε εργαστηριακό περιβάλλον φαίνεται ότι υπάρχει μικρή έως καθόλου επίδραση. Ακόμη ένα εύρημα της παρούσας μελέτης αφορά στο ότι μπορεί να υπάρξουν αρνητικές συνέπειες για παρατεταμένες ασκήσεις που απαιτούν συνδυασμό σωματικών και πνευματικών προκλήσεων.

Λέξεις Κλειδιά: νηστεία, αθλητές, αθλητική απόδοση, αθλητική επίδοση, επίδραση νηστείας στην απόδοση.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	
.....		5
2.Επίδραση νηστείας στο σώμα.....		5
2.1 Μεταβολικές αποκρίσεις διατροφής.....		8
2.2	Μεταβολικές	αποκρίσεις
νηστείας.....		9.
2.2.1.Οξείες		επιπτώσεις
νηστείας.....		12
2.3. Επίδραση Νηστείας στην Απόδοση: Άσκηση υψηλής έντασης.....		13
2.4 Επιπτώσεις Νηστείας στην Απόδοση πριν από την άσκηση: Άσκηση Αντοχής...15		
2.5. Επιδράσεις Υδατανθράκων κατά τη Διάρκεια της Άσκησης.....		15
3. Επίλογος.....		17
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....		18

1. Εισαγωγή

Η νηστεία ή εκούσια αποχή από το φαγητό και το ποτό είναι αναπόσπαστο μέρος όλων των μεγάλων πολιτισμών του κόσμου, αν και τα πρότυπα νηστείας και τα ποσοστά προσκόλλησης ποικίλλουν ευρέως. Η νηστεία χρησιμοποιείται επίσης από πολλά άτομα με την πεποίθηση ότι θα προκύψουν οφέλη για την υγεία. Η νηστεία μπορεί να είναι ολική ή μερική και μπορεί να είναι παρατεταμένη ή διακοπτόμενη: μπορεί να εφαρμόζεται ετησίως σε καθορισμένες ημερομηνίες, σε συγκεκριμένες ημέρες της εβδομάδας, σε καθορισμένες ώρες του έτους με συγκεκριμένη διάρκεια ή κατά την κρίση του ατόμου. Η νηστεία για περιόδους λίγων ωρών είναι φυσιολογική, ωστόσο υπάρχουν και πιο ακραία ήδη νηστείας (Maughan et al., 2010).

Η νηστεία μπορεί να περιλαμβάνει πλήρη αποχή από φαγητό και νερό, μόνο από φαγητό ή μόνο από ορισμένα τρόφιμα. Η Ρωμαιοκαθολική εκκλησία απαιτεί, τις ημέρες της υποχρεωτικής νηστείας, οι Καθολικοί να τρώνε μόνο ένα πλήρες γεύμα κατά τη διάρκεια της ημέρας και μέχρι δύο μικρά γεύματα ή σνακ. Η νηστεία σχετίζεται με στερεά τροφή και όχι με ποτό, επομένως μπορεί να καταναλωθεί οποιαδήποτε ποσότητα υγρών. Η ελληνορθόδοξη πίστη τηρεί αρκετές νηστείες κατά τη διάρκεια του έτους, που σημαίνει αποχή από τροφές που προέρχονται από ζώα που περιέχουν αίμα, από γαλακτοκομικά προϊόντα και μερικές φορές από ελαιόλαδο και κρασί. Οι αυστηροί υποστηρικτές όλων των περιόδων νηστείας και των ημερών νηστείας μπορούν να ακολουθούν αυτές τις οδηγίες για περισσότερες από 180 ημέρες κάθε χρόνο. Η ολική νηστεία (χωρίς καθόλου φαγητό) δεσμεύεται για ένα χρονικό διάστημα πριν από τη Θεία Κοινωνία. Οι μουσουλμάνοι νηστεύουν τον μήνα του Ραμαζανίου, ο οποίος διαρκεί 28-30 ημέρες (Maughan et al., 2010).

2. Επίδραση νηστείας στις φυσιολογικές λειτουργίες

Το ανθρώπινο σώμα είναι κατάλληλο για τακτικές σύντομες περιόδους νηστείας και μια ημερήσια/ολονύκτια νηστεία 8-10 ωρών ή και περισσότερο που είναι

φυσιολογική για τους περισσότερους ανθρώπους. Η νηστεία αυτής της διάρκειας προκαλεί μείωση των αποθεμάτων γλυκογόνου του ήπατος καθώς η ηπατική γλυκογονόλυση διεγείρεται για να διατηρηθεί η παροχή γλυκόζης στον εγκέφαλο, αλλά οι τιμές, κανονικά, δεν πέφτουν σε επίπεδα όπου η συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα να μην διατηρείται (Nilsson, 1973). Αν και δεν εμφανίζεται έντονη υπογλυκαιμία σε τόσο σύντομες περιόδους νηστείας, μπορεί να παρατηρηθεί μέτρια μείωση στη συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα και αυτό μπορεί, με τη σειρά του, να επηρεάσει τόσο τη σωματική (Anis et al., 2009) όσο και τη γνωστική (Warren & Frier, 2005) απόδοση. Αυτά τα αποτελέσματα, ωστόσο, αναστρέφονται γρήγορα με την πρόσληψη υδατανθράκων. Με την απουσία άσκησης, η νηστεία αυτής της διάρκειας έχει μικρή ή καθόλου επίδραση στα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου και φαίνεται να έχει μικρή ή καθόλου επίδραση στην απόδοση των περισσότερων τύπων άσκησης (Anis et al., 2009). Ακόμη και όταν επιτρέπεται η πρόσληψη νερού, η νηστεία για περισσότερο από περίπου 12-24 ώρες θα έχει γενικά αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση της άσκησης (Gleeson et al., 1988). Η γνωστική, καθώς και η σωματική απόδοση, είναι πιθανό να επηρεαστούν και τα υποκειμενικά συναισθήματα είναι κρίσιμης σημασίας στην αθλητική απόδοση, αλλά το σημείο στο οποίο τα διάφορα στοιχεία της απόδοσης σε διαφορετικά αθλήματα επηρεάζονται δεν είναι απόλυτα γνωστό. Ο προσωρινός περιορισμός της πρόσβασης στο νερό μπορεί να έχει πιο άμεσες επιπτώσεις στην απόδοση, αλλά και πάλι τα διαθέσιμα στοιχεία δεν επιτρέπουν έναν σαφή ορισμό του σημείου στο οποίο η αφυδάτωση επηρεάζει είτε τη σωματική είτε την πνευματική απόδοση και οι μηχανισμοί δράσης δεν είναι καλά κατανοητοί (Shirreffs, 2010).

Πολλοί από αυτούς που συμμετέχουν σε διάφορες μορφές φυσικής δραστηριότητας θα εφαρμόσουν περιόδους νηστείας σε διαφορετικές περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους. Αυτό θα έχει επιπτώσεις τόσο στην προπόνηση όσο και στον αγώνα, και οι περισσότεροι έμπειροι αθλητές αναπτύσσουν αποτελεσματικές στρατηγικές αντιμετώπισης για να προσαρμόσουν τη νηστεία τους στο πρόγραμμα προπόνησης

και αγώνων. Όταν μια περίοδος νηστείας συμπίπτει με σημαντικές αγωνιστικές υποχρεώσεις, ορισμένοι μπορεί να επιλέξουν να μην νηστεύουν ή να αναβάλουν την περίοδο νηστείας τους. Οι νέοι αθλητές που επιλέγουν να τηρούν μια νηστεία σε στενή σύνδεση με τον αγώνα μπορεί να αντιμετωπίσουν ειδικές προκλήσεις μέχρι να αναπτύξουν κατάλληλες στρατηγικές αντιμετώπισης (Maughan et al., 2010).

Υπάρχουν αρκετές καταστάσεις που μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολες για τον αθλητή που επιλέγει να τηρήσει μερική ή ολική νηστεία. Αυτά περιλαμβάνουν (Maughan et al., 2010):

- Αγώνες αντοχής σε θερμά και υγρά κλίματα.
- Αγώνες με κατηγορίες βάρους με περιορισμένη ανάκτηση μεταξύ ζύγισης και αγώνα.
- Αγωνιστική δραστηριότητα πολλών επιπέδων, με πολλούς αγώνες σε μία μόνο μέρα.
- Αγωνιστικές προσπάθειες που πραγματοποιούνται αργά την ημέρα.
- Αγώνες που πραγματοποιούνται νωρίς την ημέρα, και η επαναφορά για επόμενη μέγιστη προσπάθεια αργότερα την ίδια ημέρα ή σε διαδοχικές ημέρες είναι σημαντική.

Είναι σαφές ότι ορισμένα αθλήματα θα επηρεαστούν περισσότερο από άλλα και ότι ορισμένα άτομα θα επηρεαστούν περισσότερο από άλλα, αλλά όλα απαιτούν την ανάπτυξη μιας στρατηγικής αντιμετώπισης. Όταν όλοι οι αγωνιζόμενοι τηρούν νηστεία, κανένας δεν βρίσκεται σε συγκεκριμένο μειονέκτημα (αν και οι ατομικές ανταποκρίσεις στη νηστεία θα ποικίλλουν και όσοι είναι πιο ευαίσθητοι στις επιπτώσεις της υπογλυκαιμίας ή της αφυδάτωσης μπορεί να μειονεκτούν). Ελλείψει πρόσληψης τροφής και υγρών, όπως κατά τη διάρκεια της νηστείας του Ραμαζανίου, οι στρατηγικές που μπορούν να υιοθετήσουν οι αθλητές είναι σαφώς περιορισμένες. Πρέπει να γίνει βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων επιλογών και αυτές περιλαμβάνουν (Zouhal et al., 2020):

- Οργανωτικά ζητήματα: χρονοδιάγραμμα εκδηλώσεων, περιβάλλον κ.λπ
- Προθέρμανση προ της εκδήλωσης.
- Στρατηγικές ψύξης πριν ή σε περίπτωση εκδήλωσης.
- Είδη ένδυσης.
- Στρατηγικές επαναφοράς.
- Ζητήματα τρόπου ζωής.

2.1 Μεταβολικές Αποκρίσεις Διατροφής

Η μεταβολική απόκριση στην πρόσληψη τροφής εξαρτάται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Το μέγεθος (περιεκτικότητα σε ενέργεια) και η σύνθεση των μακροθρεπτικών συστατικών (λίπος, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, αλκοόλ) των γευμάτων καθώς και η παρουσία άλλων θρεπτικών και μη θρεπτικών συστατικών έχουν σημαντική επίδραση. Η δομή και η συνοχή της τροφής θα επηρεάσουν επίσης την απορρόφηση. Άλλοι παράγοντες είναι επίσης σημαντικοί, με την έρευνα του Stock (1980) να δείχνει ότι η μεταβολική απόκριση σε ένα τυπικό γεύμα που καταναλώθηκε μετά από ολονύκτια νηστεία ήταν διαφορετική μετά από μια ημέρα νηστείας σε σύγκριση με μια ημέρα υπερφαγίας. Αυτές οι μεταβολικές αποκρίσεις είναι σημαντικές, καθώς θα επηρεάσουν την ανάκτηση των αποθηκών γλυκογόνου του ήπατος και των μυών, καθώς και η επίδραση των πρωτεϊνοσυνθετικών οδών λόγω των επιδράσεων στο υπόστρωμα και στο ορμονικό προφίλ (Stock, 1980).

Η απόκριση στη διατροφή ξεκινά με τις κεφαλικές αποκρίσεις που ξεκινούν από την όραση και τη μυρωδιά της τροφής και επηρεάζονται περαιτέρω από τη γεύση, την υφή και άλλες οργανοληπτικές ιδιότητες της τροφής. Οι κεφαλικά διεγερμένες δραστηριότητες εκτιμάται ότι συμβάλλουν σε μεγάλο μέρος -ίσως το 50% - των εκκριτικών αποκρίσεων στην κατάποση τροφής καθώς και σε ένα μέρος της κινητικής απόκρισης. Πρόσφατα υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον για την επίδραση της παρουσίας θρεπτικών ουσιών -ιδίως υδατανθράκων- στο στόμα στην ικανότητα ολοκλήρωσης μιας άσκησης. Οι Carter et al. (2004) έδειξαν ότι το ξέπλυμα του

στόματος με ένα ρόφημα υδατανθράκων κατά διαστήματα κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδηλασίας (διάρκειας περίπου 60 λεπτών) επέφερε σημαντικά καλύτερη απόδοση συγκριτικά με ένα εικονικό φάρμακο (placebo) σε νερό.

Η κατάποση τροφής προκαλεί ταυτόχρονη ενεργοποίηση του γαστρεντερικού συστήματος, της γαστρικής και παγκρεατικής έκκρισης και απελευθέρωση μιας σειράς γαστρεντερικών ορμονών που έχουν τόσο τοπική όσο και συστηματική δράση. Αυτές οι ορμόνες περιλαμβάνουν τη χολοκυστοκινίνη, τη γκρελίνη, το παγκρεατικό πολυπεπτίδιο και τις ινκρετίνες. Καθώς οι συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα και αμινοξέων αυξάνονται μετά την κατάποση ενός μεικτού γεύματος, η έκκριση ινσουλίνης διεγείρεται για να προωθήσει την αποθήκευση των προσλαμβανόμενων θρεπτικών συστατικών και να καταστείλει την κινητοποίηση των ενδογενών υδατανθράκων και τις αποθήκες λιπιδίων (Murphy & Bloom, 2004).

Η περίοδος μετά την πέψη και την απορρόφηση των προσλαμβανόμενων θρεπτικών συστατικών χαρακτηρίζεται από αποθήκευση υδατανθράκων στο συκώτι και τους μύς, με τους ρυθμούς σύνθεσης του μυϊκού γλυκογόνου να καθορίζονται από το απόθεμα γλυκογόνου κατά την κατάποση, την ποσότητα υδατανθράκων που καταναλώνεται, τον γλυκαιμικό δείκτη του γεύματος και την παρουσία άλλων θρεπτικών συστατικών (Burke et al., 2006). Πρόσφατα υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον για τις επιπτώσεις της πρόσληψης πρωτεΐνης στους ρυθμούς πρωτεϊνοσύνθεσης και διάσπασης. Στη μετά-απορροφητική κατάσταση, ο ρυθμός διάσπασης της πρωτεΐνης θα υπερβεί τον συνθετικό ρυθμό, οδηγώντας σε καθαρή απώλεια μυϊκού ιστού. Ακόμη και σύντομες περίοδοι νηστείας θα οδηγήσουν σε κάποια απώλεια μυϊκού ιστού. Η διατροφή με υδατάνθρακες θα έχει ως αποτέλεσμα ένα καθαρό θετικό ισοζύγιο πρωτεϊνών ως αποτέλεσμα των επιδράσεων της ινσουλίνης, η οποία θα αναστέλλει τη διάσπαση και θα διεγείρει τη σύνθεση. Η διατροφή πρωτεΐνης θα έχει επίσης ως αποτέλεσμα αύξηση των επιπέδων ινσουλίνης στην κυκλοφορία, επιπλέον της αύξησης της διαθεσιμότητας απαραίτητων αμινοξέων για ενσωμάτωση πρωτεΐνης (Krempf et al., 1993).

2.2 Μεταβολικές Αποκρίσεις Νηστείας

Το πρώτο στάδιο της νηστείας είναι η μετα-απορροφητική περίοδος, η οποία ξεκινά όταν όλα τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνονται στο τελευταίο γεύμα έχουν απορροφηθεί από το λεπτό έντερο. Ο χρόνος θα εξαρτηθεί από το μέγεθος και τη σύνθεση του γεύματος, αλλά αυτό μπορεί να είναι από 3-4 ώρες ή έως και 7-8 ώρες. Τα πρώτα στάδια της νηστείας διαρκούν περίπου 24 ώρες μετά το τελευταίο γεύμα καθώς το σώμα προσαρμόζεται στην απουσία των θρεπτικών συστατικών που κανονικά θα προσλάμβανε κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Η γλυκόζη του αίματος διατηρείται καλά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, καθώς η αποθήκη γλυκογόνου του ήπατος υδρολύεται προοδευτικά και απελευθερώνεται ως γλυκόζη στην κυκλοφορία του αίματος. Στη μετα-απορροφητική κατάσταση, η περιεκτικότητα σε ηπατικό γλυκογόνο μετά από μια περίοδο κατά βούληση νηστείας είναι εξαιρετικά μεταβλητή, που ανέρχεται σε περίπου 14–80 g/kg, με μέση τιμή περίπου 44 g/kg (Nilsson, 1973). Υποθέτοντας ηπατική μάζα 1,2–1,5 kg, αυτό δίνει κατά μέσο όρο ένα απόθεμα γλυκογόνου περίπου 60 g. Στα πρώτα στάδια της νηστείας, το ήπαρ απελευθερώνει το απόθεμα γλυκογόνου του με ρυθμό περίπου 4 g γλυκόζης την ώρα (Nilsson & Hultman, 1973).

Ο μεταβολικός ρυθμός δεν επηρεάζεται ουσιαστικά από τη νηστεία, επομένως υπάρχει συνεχής ανάγκη για οξειδωτικό μεταβολισμό για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι ο ρυθμός χρήσης υδατανθράκων μειώνεται σε κατάσταση νηστείας και ότι η ζήτηση ενέργειας καλύπτεται από έναν αυξημένο ρυθμό οξείδωσης λίπους (Cahill Jr, 1996). Το αποτέλεσμα αυτού είναι να εξοικονομηθούν τα περιορισμένα αποθέματα υδατανθράκων του σώματος για εκείνους τους ιστούς που κάνουν υποχρεωτικά χρήση υδατανθράκων, συμπεριλαμβανομένων ιδίως του κεντρικού νευρικού συστήματος και των ερυθροκυττάρων. Μία από τις πρωταρχικές αντιδράσεις στη νηστεία είναι η κινητοποίηση μέρους των ουσιαστικών αποθεμάτων τριγλυκεριδίων που περιέχονται στον λιπώδη ιστό, οδηγώντας σε αύξηση της κυκλοφορούσας

συγκέντρωσης ελεύθερων λιπαρών οξέων στο πλάσμα και επομένως σε αυξημένη διαθεσιμότητα αυτής της πηγής καυσίμου στους μύες (Cahill Jr, 1996). Υπάρχει επίσης αύξηση στην απελευθέρωση γλυκερίνης από τα λιπώδη κύτταρα, και αυτό είναι πολύτιμος πρόδρομος για τη γλυκονεογένεση στο ήπαρ, συμβάλλοντας στη δεξαμενή των διαθέσιμων υδατανθράκων. Η ολοκληρωμένη μεταβολική απόκριση που περιλαμβάνει κινητοποίηση αποθεμάτων λίπους και ηπατική γλυκονεογένεση ρυθμίζεται από αλλαγές στο ορμονικό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της συγκέντρωσης ινσουλίνης στο πλάσμα και των αυξημένων συγκεντρώσεων γλυκαγόνης, κατεχολαμινών, αυξητικής ορμόνης, θυρεοειδοτρόπου ορμόνης και κορτικοστεροειδών. Οι ενδοκυτταρικοί μηχανισμοί με τους οποίους η αυξημένη διαθεσιμότητα λιπαρών οξέων μπορεί να καταστείλει την οξείδωση των υδατανθράκων στους ανθρώπινους σκελετικούς μύες έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών, αλλά παραμένουν ασαφείς (Hilsted et al., 1977).

Είναι μάλλον σαφές ότι η αύξηση της διαθεσιμότητας υποστρώματος υδατανθράκων θα αυξήσει τον ρυθμό οξείδωσης των υδατανθράκων και θα μειώσει τον ρυθμό οξείδωσης των λιπιδίων σε ηρεμία και κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η κατάποση υδατανθράκων πριν από την άσκηση θα διεγείρει την απελευθέρωση ινσουλίνης, αναστέλλοντας την κινητοποίηση λιπαρών οξέων από τον λιπώδη ιστό και συνεπώς μειώνει την οξείδωση των λιπαρών οξέων που προέρχονται από το πλάσμα (Horowitz et al., 1999). Οι Coyle et al. (1997) έδειξαν ότι η οξείδωση του ενδομυϊκού λιπιδίου καταστέλλεται επίσης όταν καταναλώνονται υδατάνθρακες πριν από την άσκηση, με περίπου ίσες μειώσεις στην οξείδωση αυτών των δύο πηγών του υποστρώματος. Για να προσδιορίσουν πόσο καιρό ένα γεύμα θα επηρεάσει τη μεταβολική απόκριση στην άσκηση, οι Montain et al. (1991) χορήγησαν υδατάνθρακες (2 g/kg σωματικής μάζας) σε εννέα άτομα που είχαν προπονηθεί με πρόγραμμα για τη βελτίωση της αντοχής και σε εννέα απροπόνητα άτομα, που στη συνέχεια έκαναν ποδήλατο για 30 λεπτά στο 70% της Vo_{2max} μετά από ένα διάστημα 2, 4, 6, 8 και 12 ωρών. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η ομοιόσταση της

γλυκόζης και η οξείδωση των υδατανθράκων δεν διέφεραν σημαντικά στις δοκιμές 8 και 12 ώρες μετά την κατάποση, υποδηλώνοντας ότι η μεταγευματική απόκριση ακόμη και για αυτό το μικρό γεύμα διαρκεί τουλάχιστον 6 ώρες. Αντίθετα, όταν οι υδατάνθρακες παρέχονταν μετά την έναρξη της άσκησης, η λιπόλυση δεν καταστέλλεται (Horowitz et al., 1999).

Μέρος των αναγκών του οργανισμού σε υδατάνθρακες καλύπτεται κατά τη διάρκεια της νηστείας με ηπατική γλυκογονόλυση και εν μέρει με τη γλυκονεογένεση, η οποία εμφανίζεται κυρίως στο ήπαρ αλλά και στα νεφρά. Στα αρχικά στάδια της νηστείας, η απαίτηση για γλυκόζη είναι συνήθως περίπου 105 g/ημέρα για τον μέσο ενήλικο άνδρα, αλλά αυτή μειώνεται μετά από μερικές ημέρες σε περίπου 75 g/ημέρα (Newsholme & Leech, 1988). Αυτό οφείλεται, τουλάχιστον εν μέρει, στην αυξημένη διαθεσιμότητα κετονικών σωμάτων ως καυσίμου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον καρδιακό μυ, τον εγκέφαλο και άλλους ιστούς. Τα κύρια υποστρώματα για τη γλυκονεογένεση είναι το γαλακτικό που απελευθερώνεται από τη γλυκόλυση στα ερυθρά αιμοσφαίρια, οι σκελετοί άνθρακα ορισμένων αμινοξέων και η γλυκερίνη που απελευθερώνεται από τον λιπώδη ιστό όταν τα ποσοστά λιπόλυσης είναι υψηλά. Ο Krebs(1964) υπολόγισε ότι η σύνθεση 1 g γλυκόζης με γλυκονεογένεση χρησιμοποιώντας μόνο αμινοξέα ως πρόδρομες ουσίες θα απαιτούσε τον καταβολισμό 1,75 g πρωτεΐνης (Krebs, 1964). Είναι σαφές ότι μια τέτοια συμβολή στη γλυκονεογένεση δεν μπορεί να διατηρηθεί για πολύ χωρίς απώλεια λειτουργικής ικανότητας. Οι ιστοί του εντέρου μπορεί να είναι σε θέση να παρέχουν κάποια αμινοξέα για τη γλυκονεογένεση κατά τη διάρκεια σύντομων περιόδων νηστείας, αλλά άλλοι ιστοί δεν μπορούν να το κάνουν χωρίς κάποια απώλεια λειτουργίας (Krebs, 1964).

2.2.1 Οξείες Επιπτώσεις Νηστείας

Ενώ η νηστεία συνδέεται με ένα συντονισμένο σύνολο μεταβολικών αλλαγών που έχουν σχεδιαστεί για τη διατήρηση των υδατανθράκων και την αύξηση της

εξάρτησης από το λίπος ως υπόστρωμα για την παροχή ενέργειας, υπάρχει επίσης μείωση στη γνωστική συμπεριφορά (Solianik et al., 2016). Υπάρχουν έντονες μεταβολικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της νηστείας. Τα επίπεδα γλυκόζης είναι αυξημένα κατά τη διάρκεια και περίπου 6 ώρες μετά το φαγητό, αλλά παραμένουν χαμηλά για τις υπόλοιπες 16 ώρες μέχρι το επόμενο γεύμα. Ο ρυθμός χρήσης της γλυκόζης αίματος από τους ιστούς είναι $\sim 2 \text{ mg/kg/min}$ στη μετα-απορροφητική κατάσταση. Μια μέτρια μείωση των επιπέδων γλυκόζης στον ορό μπορεί να συμβεί εντός λίγων ωρών νηστείας, πιθανόν λόγω της εξασθενημένης σύνθεσης και γλυκόλυσης του ηπατικού γλυκογόνου. Τέτοιες τροποποιήσεις συμβαίνουν λόγω μειωμένων συγκεντρώσεων ινσουλίνης και επίσης αυξημένων επιπέδων γλυκαγόνης μαζί με ενισχυμένη συμπαθητική δραστηριότητα (Azizi, 2010). Κατά τη διάρκεια της νηστείας τα συστηματικά επίπεδα των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA) και των κετονών αυξάνονται μαζί με την ενεργοποίηση της γλυκονεογένεσης (από αμινοξέα, γλυκερίνη, και κετονοσώματα) (Maughan et al., 2010).

Η νηστεία εξασθενεί επίσης τα επίπεδα ινσουλίνης στην κυκλοφορία και αυξητικού παράγοντα-1 που μοιάζει με ινσουλίνη και αυξάνει τα επίπεδα γλυκαγόνης στην κυκλοφορία λόγω της ηπατικής γλυκονεογένεσης. Σε συνθήκες νηστείας, τα FFA και οι κετόνες είναι οι κύριες πηγές ενέργειας για τα κύτταρα και αυτή η μετάβαση ονομάζεται διακοπτόμενη μεταβολική εναλλαγή ή μετάβαση γλυκόζης-κετόνης (G-to-K) (Maughan et al., 2010). Η αντίστροφη αλλαγή, δηλαδή κετόνη-γλυκόζη (K-to-G) συμβαίνει μετά την κατανάλωση ενός γεύματος. Αντίθετα, η ασιτία (βραχυπρόθεσμα) αυξάνει τα επίπεδα των ειδών ακυλκαρνιτίνης και του οξειδωμένου αμινοξέος διμερούς κυστίνης και μειώνει την τρυπτοφάνη του πλάσματος, τη φωσφορική χολίνη, τα επίπεδα ιππουρικού οξέος και γλυκεροφωσφοχολίνης. Επιπλέον, αν και ο μεταβολισμός των πρωτεϊνών αποτελεί σχετικά μικρή συμβολή στην παροχή ενέργειας με κανονική σίτιση, η αναλογία του αυξάνεται σημαντικά με τον σοβαρό περιορισμό των θερμίδων. Η μείωση της

γνωστικής λειτουργίας κατά τη διάρκεια της νηστείας μπορεί να οφείλεται σε μειωμένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (Cherif et al., 2016).

2.3 Επίδραση Νηστείας στην Απόδοση: Άσκηση Υψηλής Έντασης

Το επίκεντρο των μελετών που εξέτασαν τις επιπτώσεις της νηστείας στην απόδοση άσκησης επικεντρώθηκαν κυρίως σε ασκήσεις αντοχής, όπου η έλλειψη υδατανθράκων αναμένεται να μειώσει την απόδοση της άσκησης. Στην άσκηση υψηλής έντασης, υπάρχει ελάχιστος χρόνος για την κατάποση τροφής ή υγρών κατά τη διάρκεια της ίδιας της περιόδου άσκησης, επομένως οι συνέπειες της νηστείας περιορίζονται στη συνεκτίμηση της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών—ή της απουσίας αυτών—τις προηγούμενες ώρες και ημέρες πριν την άσκηση. Επίσης, οι παράγοντες που μπορεί να είναι υπεύθυνοι για την κόπωση κατά την παρατεταμένη άσκηση - συμπεριλαμβανομένης της εξάντλησης υδατανθράκων, της υπερθερμίας και της αφυδάτωσης - είναι απίθανο να σχετίζονται με την άσκηση που διαρκεί μόνο μερικά δευτερόλεπτα ή λίγα λεπτά.

ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΝΗΣΤΕΙΑΣ

Οι Gleeson et al. (1988) έδειξαν ότι μια 24ωρη νηστεία είναι επιζήμια στην απόδοση ποδηλασίας σε ένταση 100% $\text{Vo}_{2\text{max}}$: ο μέσος χρόνος αντοχής ήταν χαμηλότερος όταν η άσκηση εκτελούνταν 24 ώρες μετά το τελευταίο γεύμα από ό,τι όταν το ίδιο γεύμα καταναλώθηκε 4 ώρες πριν από την άσκηση (243 ± 17 s). Παρόμοια απώλεια απόδοσης παρατηρήθηκε όταν μια δίαιτα χαμηλών υδατανθράκων αντικαταστάθηκε από την κανονική μικτή δίαιτα: ο χρόνος άσκησης στο 104% μειώθηκε από 4,87 λεπτά σε μικτή δίαιτα σε 3,32 λεπτά σε δίαιτα χαμηλών υδατανθράκων (3%) (Maughan & Poole, 1981). Οι Greenhaff et al. (1987) ανέφεραν ότι ο χρόνος κόπωσης στο 100% μειώθηκε από 5,13 σε 3,68 λεπτά μετά από 3 ημέρες σε δίαιτα χαμηλή σε υδατάνθρακες (10%).

Μπορεί να υπάρχει κάποια επίδραση της μείωσης του αποθέματος μυϊκού γλυκογόνου στους μέγιστους ρυθμούς μυϊκής γλυκογονόλυσης με επακόλουθη απώλεια απόδοσης της άσκησης κατά τη διάρκεια άσκησης υψηλής έντασης, αλλά λίγες ημέρες νηστείας με απουσία άσκησης έχουν μικρή επίδραση στο μυϊκό γλυκογόνο (Hultman, 1967). Φαίνεται πιθανό, ωστόσο, ότι τουλάχιστον μέρος της πρώιμης έναρξης της κόπωσης όταν η άσκηση υψηλής έντασης εκτελείται σε κατάσταση νηστείας μπορεί να αποδοθεί στη μεταβολική οξέωση που συνοδεύει τη νηστεία. Μια παρόμοια απόκριση παρατηρείται όταν καταναλώνεται δίαιτα χαμηλή σε υδατάνθρακες, ίσως λόγω του αυξημένου αριθμού πρωτεϊνών που οδηγεί σε αυξημένο σχηματισμό οξέος (Greenhaff et al., 1988). Πρέπει, ωστόσο, να εμπλέκονται άλλοι μηχανισμοί, καθώς η οξεία αναστροφή μιας μεταβολικής οξέωσης που προκαλείται από τη διατροφή δεν αποκαθιστά την ικανότητα αντοχής κατά τη διάρκεια άσκησης υψηλής έντασης στον άνθρωπο (Ball et al., 1996).

2.4 Επιπτώσεις νηστείας στην απόδοση πριν από την άσκηση: άσκηση αντοχής

Μια εκτενής ανασκόπηση της παλαιότερης βιβλιογραφίας σχετικά με τις επιπτώσεις της νηστείας στην αντοχή δημοσιεύτηκε από τον AragónVargas (1993). Το συμπέρασμα αυτής της ανασκόπησης ήταν ότι μια σύντομη περίοδος (24 ώρες έως 4 ημέρες) νηστείας σε ανθρώπους είχε ως αποτέλεσμα μειωμένη αντοχή στην άσκηση. Παρά τη μάλλον σταθερή επίδραση της νηστείας, ωστόσο, δεν υπήρχαν σαφείς αποδείξεις ως προς τον μηχανισμό που ευθύνεται για την πρώιμη έναρξη της κόπωσης.

Ο Loy et al. (1986) σε ομάδα έμπειρων ποδηλατών που πραγματοποίησαν άσκηση μέχρι εξάντλησης στο 86% $\dot{V}O_{2max}$ σε δύο περιπτώσεις: μία δοκιμή ήταν 3 ώρες μετά το τελευταίο γεύμα και μία ήταν 24 ώρες μετά το ίδιο τελευταίο γεύμα. Ο χρόνος άσκησης ήταν 115 ± 26 λεπτά στη δοκιμή νηστείας μετά από 3 ώρες, αλλά αυτό μειώθηκε σε 42 ± 6 λεπτά στη δοκιμή νηστείας 24 ωρών. Μια ξεχωριστή ομάδα

ατόμων ακολούθησε το ίδιο πρωτόκολλο αλλά ασκήθηκε στο 79% $\dot{V}O_{2max}$, οι οποίοι εξαντλήθηκαν μετά από 191 ± 25 λεπτά στη δοκιμή νηστείας μετά από 3 ώρες, αλλά μόνο μετά από 142 ± 20 λεπτά στη δοκιμή νηστείας 24 ωρών. Οι Maughan και Gleeson (1988) έδειξαν ότι η ισχύς που θα μπορούσε να διατηρηθεί για $119,5 \pm 5,8$ λεπτά μετά από μια ολονύκτια νηστεία 12 ωρών θα μπορούσε να διατηρηθεί μόνο για $77,7 \pm 6,8$ λεπτά μετά από μια νηστεία 36 ωρών. Όπως φαίνεται, πρόκειται για πολύ σημαντική μείωση στην ικανότητα άσκησης.

Οι Aird et al. (2018) έκανε μια συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση των επιπτώσεων της νηστείας στην απόδοση. Εξέτασαν τη νηστεία άνω των 8 ωρών και απέκλεισαν μελέτες με βάση το Ραμαζάνι για να αποφύγουν τους συγχυτικούς παράγοντες του ύπνου και τη μειωμένη πρόσληψη θερμίδων. Από τις μελέτες που αφορούσαν την αερόβια άσκηση, 43 από τις 46 αξιολόγησαν μόνο τη νυχτερινή νηστεία ενώ οι άλλες τρεις εξέτασαν νηστείες από 27 έως 44 ώρες. Τα αποτελέσματα διέφεραν με 4 (57%) από 7 μελέτες άσκησης < 60 min δεν έδειξαν διαφορά μεταξύ νηστείας και κανονικής σίτισης. Ομοίως, με > 60 λεπτά αερόβιας δραστηριότητας, 6 (46%) από 13 μελέτες δεν έδειξαν διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων.

Έρευνα των Starling et al. (1997), με στόχο την εξέταση των επιδράσεων της νηστείας στα μυϊκά τριγλυκερίδια και στην απόδοση αντοχής, εξέτασε ένα δείγμα ποδηλατοδρόμων και βρήκε ότι μετά την 24ωρη διαιτητική περίοδο νηστείας, τα μυϊκά τριγλυκερίδια ήταν σημαντικά υψηλότερα για τη δοκιμή Hi-Fat ($44,7 \pm 2,4$ mmol/kg ξηρό βάρος) έναντι της δοκιμής Hi-CHO ($27,5 \pm 2,1$ mmol/kg ξηρού βάρους). Επιπλέον, ο χρόνος ποδηλασίας με αυτόματο ρυθμό ήταν σημαντικά μεγαλύτερος για τη δοκιμή Hi-Fat ($139,3 \pm 7,1$ λεπτά) σε σύγκριση με τη δοκιμή Hi-CHO ($117,1 \pm 3,2$ λεπτά). Αυτά τα δεδομένα καταδεικνύουν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση των τριγλυκεριδίων των μυών πριν και μετά από έναν παρατεταμένο ποδηλατικό αγώνα μέτριας έντασης. Ωστόσο, μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά αύξησε τη συγκέντρωση των τριγλυκεριδίων των

μυών και μείωσε την απόδοση ποδηλασίας με αυτόματο ρυθμό 24 ώρες μετά την άσκηση σε σύγκριση με μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες.

Στο ίδιο πλαίσιο, οι Nieman et al. (1987) πραγματοποίησαν μια πειραματική μελέτη σε εννέα άνδρες δρομείς μαραθωνίου, μετά από 27 ώρες νηστείας. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η νηστεία προκάλεσε μείωση $44,7 \pm 5,8\%$ (SE) στην απόδοση αντοχής (P λιγότερο από 0,01), ενώ προκάλεσε επίσης σημαντικές αυξήσεις στην πρόσληψη O_2 ($9,3 \pm 2,0\%$), τον καρδιακό ρυθμό ($8,4 \pm 2,4\%$) και τη βαθμολογία της αντιληπτής προσπάθειας, αερισμού και ψυχολογικής κόπωσης, εμφανής μέσα στα πρώτα 60 λεπτά της άσκησης. Επιπλέον, το μυϊκό γλυκογόνο αποικοδομήθηκε με τον ίδιο ρυθμό παρά τη χαμηλότερη αναλογία ανταλλαγής του αναπνευστικού και τα αυξημένα επίπεδα ελεύθερων λιπαρών οξέων, γεγονός που μπορεί να εξηγήσει εν μέρει την αυξημένη πρόσληψη O_2 . Το γαλακτικό, η ινσουλίνη και η νορεπινεφρίνη ήταν όλα αυξημένα στη δοκιμή νηστείας (P λιγότερο από 0,05). Η αύξηση της νορεπινεφρίνης, η διάμετρος των μυϊκών ινών τύπου I και τα τελικά επίπεδα ινσουλίνης συσχετίστηκαν με χρόνο αντοχής σε κατάσταση νηστείας. Η κούραση στο τρέξιμο αντοχής για ανθρώπους που νηστεύουν 27 ώρες φαίνεται να σχετίζεται με έναν συνδυασμό φυσιολογικών, ψυχολογικών, μεταβολικών και ορμονικών αλλαγών.

Οι Clayton et al. (2015) εξέτασαν την επίδραση της παράλειψης πρωινού στην απόδοση της άσκησης. Οι αθλητές ολοκλήρωσαν μια ποδηλατική άσκηση διάρκειας 30 λεπτών στο $\sim 60\% \dot{V}O_2$ peak ακολουθούμενη από ένα τεστ μέγιστης απόδοσης ποδηλασίας 30 λεπτών το βράδυ της παράλειψης πρωινού. Διαπίστωσαν ότι οι αθλητές που παρέλειψαν το πρωινό είχαν μεγαλύτερη πρόσληψη ενέργειας στο μεσημεριανό γεύμα από εκείνους που δεν παρέλειψαν το πρωινό και έκαναν χαμηλότερο φόρτο εργασίας σε ένα τεστ απόδοσης 30 λεπτών εκείνο το βράδυ.

Οι περισσότερες μελέτες εξέτασαν τη βραχυπρόθεσμη νηστεία και τις επιδόσεις, αλλά οι περισσότερες μελέτες δεν εξετάζουν τις επιπτώσεις της μακροχρόνιας

νηστείας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μπορεί να χρειαστούν περισσότερες από 10 ημέρες για να προσαρμοστεί το σώμα στη νηστεία. Οι περισσότερες μακροχρόνιες μελέτες νηστείας που εξετάζουν την απόδοση έχουν γίνει σε ζώα. Οι Marosi et al. (2018) ανέθεσαν σε αρσενικά ποντίκια κατά βούληση σίτιση ή στέρηση τροφής εναλλακτικής ημέρας (ADF) και τα έβαλαν σε διάδρομο καθημερινά για 1 μήνα. Έκαναν τεστ αντοχής τρεξίματος μέχρι εξάντλησης μετά από 1 μήνα. Διαπίστωσαν ότι τα ποντίκια με στέρηση ADF έτρεξαν σημαντικά πιο μακριά και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από την ομάδα κανονικής σίτισης. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το αποτέλεσμα της προπόνησης για τον 1 μήνα ενισχύθηκε όταν τα ποντίκια έκαναν δίαιτα ADF. Υπέθεσαν ότι αυτό οφειλόταν στη μετάβαση από τους υδατάνθρακες στο λίπος ως πηγή καυσίμου.

Τα αποτελέσματα της παρατεταμένης νηστείας σε μη ανθρώπους μπορεί να μπορούν να μεταφερθούν στους ανθρώπους. Οι Zerguini et al. (2007) εξέτασαν τους Αλγερινούς ποδοσφαιριστές κατά τη διάρκεια του Ραμαζάνι και διαπίστωσαν ότι η αντοχή επηρεάστηκε αρνητικά κατά τη διάρκεια της νηστείας, με μείωση της ικανότητας αντοχής κατά 16%. Ωστόσο, οι Kirkendall et al. (2008)) δεν βρήκαν καμία επίδραση της νηστείας κατά τη διάρκεια του Ραμαζανιού στην αντοχή των Τυνησίων ποδοσφαιριστών. Οι Aziz et al. (2010) διαπίστωσαν ότι οι μέτρια προπονημένοι άνδρες που νήστευαν για το Ραμαζάνι είχαν μια μικρή μείωση στο τρέξιμο απόστασης κατά τη διάρκεια μιας χρονομετρημένης δοκιμής 30 λεπτών. Πολλές άλλες μελέτες σχετικά με τα αποτελέσματα της νηστείας κατά τη διάρκεια του Ραμαζανιού και της αντοχής έχουν δείξει ένα μείγμα στα αποτελέσματα καθώς και μειωμένη επίδραση ή μηδενική επίδραση (26-28). Καμία από τις μελέτες δεν δείχνει όφελος απόδοσης από τη νηστεία.

2.5 Επιδράσεις Υδατανθράκων κατά τη Διάρκεια της Άσκησης

Είναι από καιρό γνωστό ότι η λήψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης μπορεί να βελτιώσει την απόδοση της άσκησης, και οι παλαιότερες μελέτες αναθεωρήθηκαν από τον Maughan (1991). Οι υδατάνθρακες συνήθως καταναλώνονται σε διάλυμα και μπορεί να είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι επιπτώσεις της πρόσληψης υγρών από αυτές των υδατανθράκων. Ωστόσο, όταν η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες είναι ίση, οι αποκρίσεις γλυκόζης αίματος και ινσουλίνης κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι ίδιες όταν οι υδατάνθρακες προσλαμβάνονται σε υγρή ή στερεή μορφή και αμφότερες δίνουν υψηλότερη συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα από ένα εικονικό φάρμακο (Mason et al., 1993). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην απόδοση χρονικής δοκιμής όταν καταναλώθηκαν είτε στερεοί είτε υγροί υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια μιας προηγούμενης περιόδου κύκλου σταθερής κατάστασης (Lugo et al., 1993).

Οι περισσότεροι αθλητές, ωστόσο, θα προτιμήσουν να λάβουν υδατάνθρακες σε υγρή μορφή. Η κούραση μπορεί να μειωθεί προσθέτοντας υδατάνθρακες στα υγρά που καταναλώνονται, έτσι ώστε περίπου 30-60 g ταχέως απορροφούμενου υδατάνθρακα να προσλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια κάθε ώρας ενός αθλητικού αγώνα (Coyle, 2004). Υπάρχουν επίσης καλές ενδείξεις ότι η τακτική πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορεί να βελτιώσει την απόδοση σε επαναλαμβανόμενα μοντέλα σπριντ που έχουν σχεδιαστεί για την προσομοίωση μοτίβων κίνησης σε ομαδικά παιχνίδια, όπως το ποδόσφαιρο, καθώς και για τη διατήρηση της απόδοσης ικανών κινήσεων. Ορισμένα πρόσφατα δεδομένα υποδηλώνουν ότι η τακτική κατάποση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια ενός πρωτοκόλλου διαλειμματικής άσκησης 90 λεπτών μπορεί να διατηρήσει τις ποδοσφαιρικές δεξιότητες καλύτερα από ένα εικονικό φάρμακο με γεύση (Williams & Serratos, 2006).

Η διαθεσιμότητα, και επομένως η οξείδωση, των προσλαμβανόμενων υδατανθράκων, μπορεί να περιορίζεται από τον ρυθμό απορρόφησης στο λεπτό έντερο και συνδυασμοί υδατανθράκων που χρησιμοποιούν διαφορετικούς εντερικούς μεταφορείς για απορρόφηση (π.χ. γλυκόζη και φρουκτόζη) μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερους ρυθμούς οξείδωσης από ότι μπορεί να επιτευχθεί με μεμονωμένες πηγές υδατανθράκων (Jeukendrup, 2004). Υπάρχουν ορισμένες ενδείξεις ότι οι ευεργετικές επιδράσεις της κατάποσης υδατανθράκων στην απόδοση της άσκησης είναι πιο έντονες (σε άτομα που έχουν νηστέψει για αρκετές ώρες (10-12)) όταν λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης παρά όταν οι υδατάνθρακες λαμβάνονται λίγες ώρες πριν την έναρξη της άσκησης (Williams & Serratos, 2006). Ορισμένες από τις βελτιωμένες επιδόσεις με τη λήψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορεί να προέρχονται από τη διέγερση των υποδοχέων υδατανθράκων στο στόμα (Carter et al., 2004).

3. Επίλογος

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της βραχυπρόθεσμης νηστείας δεν είναι καθόλου ξεκάθαρα. Ακόμη και στο εργαστηριακό περιβάλλον όπου ελέγχονται εξωτερικοί παράγοντες, φαίνεται ότι θα υπάρξει μικρή ή καθόλου επίδραση σε διάφορα ήδη ασκήσεων. Ωστόσο, μπορεί να υπάρξουν ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις σε πιο παρατεταμένες ασκήσεις, σε εργασίες που δημιουργούν συνδυασμένες σωματικές και πνευματικές προκλήσεις και σε καταστάσεις όπου η αποκατάσταση μεταξύ των αγώνων μπορεί να διακυβευτεί. Οι επιπτώσεις της υψηλής περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα σε ορισμένες περιπτώσεις.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Aird, T. P., Davies, R. W., & Carson, B. P. (2018). Effects of fasted vs fed-state exercise on performance and post-exercise metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(5), 1476-1493.
- Anis, C., Leiper, J. B., Nizar, S., Coutts, A. J., & Karim, C. (2009). Effects of Ramadan intermittent fasting on sports performance and training: a review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(4), 419-434.
- Aragón-Vargas, L. F. (1993). Effects of fasting on endurance exercise. *Sports Medicine*, 16(4), 255-265.
- Aziz, A. R., Wahid, M. F., Png, W., & Jesuvadian, C. V. (2010). Effects of Ramadan fasting on 60 min of endurance running performance in moderately trained men. *British journal of sports medicine*, 44(7), 516-521.
- Azizi, F. (2010). Islamic fasting and health. *Annals of nutrition and metabolism*, 56(4), 273-282.
- Ball, D., Greenhaff, P. L., & Maughan, R. J. (1996). The acute reversal of a diet-induced metabolic acidosis does not restore endurance capacity during high-intensity exercise in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 73(1), 105-112.
- Burke, L. M., Loucks, A. B., & Broad, N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of sports sciences*, 24(07), 675-685.
- Cahill Jr, G. F. (1966). Herrera MG, Morgan AP, Soeldner JS, Steinke J. Levy PL, Reichard GA Jr., Kipnis DM, 1751-1769.

- Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., & Jones, D. A. (2004). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(12), 2107-2111.
- Cherif, A., Roelands, B., Meeusen, R., & Chamari, K. (2016). Effects of intermittent fasting, caloric restriction, and Ramadan intermittent fasting on cognitive performance at rest and during exercise in adults. *Sports Medicine*, 46(1), 35-47.
- Clayton, D. J., Barutcu, A., Machin, C., Stensel, D. J., & James, L. J. (2015). Effect of breakfast omission on energy intake and evening exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(12), 2645-2652.
- Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of sports sciences*, 22(1), 39-55.
- Coyle, E. F., Jeukendrup, A. E., Wagenmakers, A. J., & Saris, W. H. (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 273(2), E268-E275.
- Gleeson, M., Greenhaff, P. L., & Maughan, R. J. (1988). Influence of a 24 h fast on high intensity cycle exercise performance in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 57(6), 653-659.
- Greenhaff, P. L., Gleeson, M., & Maughan, R. J. (1987). The effects of dietary manipulation on blood acid-base status and the performance of high intensity exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(3), 331-337.
- Greenhaff, P. L., Gleeson, M., & Maughan, R. J. (1988). Diet-induced metabolic acidosis and the performance of high intensity exercise in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 57(5), 583-590.

Hilsted, J., Holst, J. J., Christensen, N. J., Henriksson, J., Galbo, H., & Richter, E. A. (1977). Hormonal regulation during prolonged exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301(1), 72-80.

Horowitz, J. F., Mora-Rodriguez, R., Byerley, L. O., & Coyle, E. F. (1999). Substrate metabolism when subjects are fed carbohydrate during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 276(5), E828-E835.

Hultman, E. (1967, January). Physiological role of muscle glycogen in man with special reference to exercise. In *Circulation Research* (Vol. 20, No. 3 S 1, p. I99). 227 EAST WASHINGTON SQ, PHILADELPHIA, PA 19106: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS.

Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20(7-8), 669-677.

Kirkendall, D. T., Leiper, J. B., Bartagi, Z., Dvorak, J., & Zerguini, Y. (2008). The influence of Ramadan on physical performance measures in young Muslim footballers. *Journal of sports sciences*, 26(S3), S15-S27.

Krebs, H. A. (1964). The metabolic fate of amino acids. In *Mammalian protein metabolism* (pp. 125-176). Academic Press.

Krempf, M., Hoerr, R. A., Pelletier, V. A., Marks, L. M., Gleason, R., & Young, V. R. (1993). An isotopic study of the effect of dietary carbohydrate on the metabolic fate of dietary leucine and phenylalanine. *The American journal of clinical nutrition*, 57(2), 161-169.

Loy, S. F., Conlee, R. K., Winder, W. W., Nelson, A. G., Arnall, D. A., & Fisher, A. G. (1986). Effects of 24-hour fast on cycling endurance time at two different intensities. *Journal of Applied Physiology*, 61(2), 654-659.

Lugo, M., Sherman, W. M., Wimer, G. S., & Garleb, K. (1993). Metabolic responses when different forms of carbohydrate energy are consumed during cycling. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 3(4), 398-407.

Marosi, K., Moehl, K., Navas-Enamorado, I., Mitchell, S. J., Zhang, Y., Lehrmann, E., ... & Mattson, M. P. (2018). Metabolic and molecular framework for the enhancement of endurance by intermittent food deprivation. *The FASEB Journal*, 32(7), 3844-3858.

Mason, W. L., McConell, G. L. E. N. N., & Hargreaves, M. A. R. K. (1993). Carbohydrate ingestion during exercise: liquid vs solid feedings. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(8), 966-969.

Maughan, R. J. (1991). Effects of CHO-electrolyte solution on prolonged exercise. *Perspect. Exerc. Sci. Sports Med*, 4, 35-85.

Maughan, R. J., & Gleeson, M. (1988). Influence of a 36 h fast followed by refeeding with glucose, glycerol or placebo on metabolism and performance during prolonged exercise in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 57(5), 570-576.

Maughan, R. J., & Poole, D. C. (1981). The effects of a glycogen-loading regimen on the capacity to perform anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 46(3), 211-219.

Maughan, R. J., Fallah, J., & Coyle, E. F. (2010). The effects of fasting on metabolism and performance. *British journal of sports medicine*, 44(7), 490-494.

Maughan, R. J., Fallah, J., & Coyle, E. F. (2010). The effects of fasting on metabolism and performance. *British journal of sports medicine*, 44(7), 490-494.

- Montain, S. J., Hopper, M. K., Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1991). Exercise metabolism at different time intervals after a meal. *Journal of Applied Physiology*, 70(2), 882-888.
- Murphy, K. G., & Bloom, S. R. (2004). Gut hormones in the control of appetite. *Experimental physiology*, 89(5), 507-516.
- Newsholme, E. A., & Leech, A. R. (1988). *Biochemistry for the medical sciences*. John Wiley & Sons.
- Nieman, D. C., Carlson, K. A., Brandstater, M. E., Naegele, R. T., & Blankenship, J. W. (1987). Running endurance in 27-h-fasted humans. *Journal of Applied Physiology*, 63(6), 2502-2509.
- Nilsson, L. H. (1973). Liver glycogen content in man in the postabsorptive state. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*, 32(4), 317-323.
- Nilsson, L. H., & Hultman, E. (1973). Liver glycogen in man—the effect of total starvation or a carbohydrate-poor diet followed by carbohydrate refeeding. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*, 32(4), 325-330.
- Shirreffs, S. M. (2010). Hydration: Special issues for playing football in warm and hot environments. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 90-94.
- Solianik, R., Sujeta, A., Terentjevienė, A., & Skurvydas, A. (2016). Effect of 48 h fasting on autonomic function, brain activity, cognition, and mood in amateur weight lifters. *BioMed research international*, 2016.
- Starling, R. D., Trappe, T. A., Parcell, A. C., Kerr, C. G., Fink, W. J., & Costill, D. L. (1997). Effects of diet on muscle triglyceride and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 82(4), 1185-1189.

Stock, M. J. (1980). Effects of fasting and refeeding on the metabolic response to a standard meal in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 43(1), 35-40.

Warren, R. E., & Frier, B. M. (2005). Hypoglycaemia and cognitive function. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 7(5), 493-503.

Williams, C., & Serratosa, L. (2006). Nutrition on match day. *Journal of sports sciences*, 24(07), 687-697.

Zerguini, Y., Kirkendall, D., Junge, A., & Dvorak, J. (2007). Impact of Ramadan on physical performance in professional soccer players. *British journal of sports medicine*, 41(6), 398-400.

Zouhal, H., Saeidi, A., Salhi, A., Li, H., Essop, M. F., Laher, I., ... & Abderrahman, A. B. (2020). Exercise training and fasting: current insights. *Open access journal of sports medicine*, 11, 1.