



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

«Η επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης στην αθλητική απόδοση σε έφηβους 13-14 χρονών»

Παναγιώτης Μηλιώτης

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»

ΑΘΗΝΑ 2014

© Copyright

Παναγιώτης Μηλιώτης του Γεωργίου
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
& ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΤΟΜΕΑΣ
ΑΘΛΗΤΑΤΡΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εθνικής Αντιστάσεως 41, Δάφνη 17237, Αθήνα, Ελλάδα
Τηλ. 210 727 6039, Fax: 210 727 6038
e-mail: gradbio@cc.uoa.gr

ΠΡΑΚΤΙΚΟ

ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

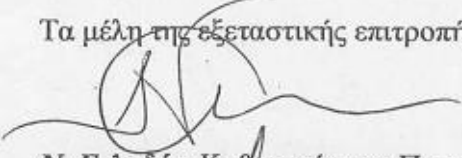
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

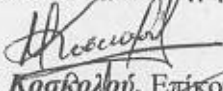
Του Μηλιώτη Παναγιώτη

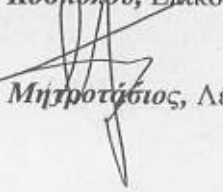
Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από την Γ.Σ.Ε.Σ. της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 30/04/2014 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής του κ. **Παναγιώτη Μηλιώτη** με τίτλο: «Η επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης στην αθλητική απόδοση σε έφηβους 13-14 χρονών» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Ν. Γελαδά** Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέποντας), **Μ. Κοσκολού** Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, **Μ. Μητροτάσιο** Λέκτορα της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, εκκλήθησαν σήμερα 05/09/2014 ημέρα Παρασκευή και ώρα 12:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρίνόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησης της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:


Ν. Γελαδάς, Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών


Μ. Κοσκολού, Επίκουρη Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών


Μ. Μητροτάσιος, Λέκτορας του Πανεπιστημίου Αθηνών

«...ο δρόμος ο πιο μακρινός είναι ο πιο κοντινός προς τη καρδιά του Θεού»

«Ρωμιοσύνη» Γιάννης Ρίτσος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Φτάνοντας στην πηγή, στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, νιώθω ότι όλη αυτή την διαδρομή την περπάτησα ανάμεσα σε πρόσωπα αγαπημένα. Η διαδρομή για την ολοκλήρωση της διατριβής μου έγινε σε μια περίοδο όπου ανθρώπινα δικαιώματα καταπατώνται και απαξιώνεται η ανθρώπινη ζωή (όχι ότι δεν γίνονταν παλιότερα), γι αυτό το λόγο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βρίσκονταν δίπλα μου, αν και η ευγνωμοσύνη μου και αγάπη μου για μερικά πρόσωπα είναι δύσκολο να αποτυπωθούν σε μια κόλλα χαρτί.

Για τον Καθηγητή Νίκο Γελαδά, όλοι οι προηγούμενοι από μένα μεταπτυχιακοί φοιτητές αλλά και η συμβολή του στη Σχολή μαρτυρούν το επιστημονικό του κύρος και αυθεντία του. Θέλω όμως πάνω απ' όλα να αναφερθώ σ αυτόν και να τον ευχαριστήσω ως ΑΝΘΡΩΠΟ. Οι πράξεις του, η ανιδιοτελής στήριξη του και η αλληλεγγύη του ως προς το προσωπό μου σε δύσκολες καταστάσεις με βοήθησαν να σταθώ στα πόδια μου, να σφίξω τις γροθιές μου και να παλέψω στη ζωή μου. ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!!

Θέλω να ευχαριστήσω πολύ την Επίκουρη Καθηγήτρια Μαρία Κοσκολού την οποία θαυμάζω ως προς τις επιστημονικές τις γνώσεις αλλά κυρίως ως ΑΝΘΡΩΠΟ. Μέσα από τις συζητήσεις

μας και την αγάπη της με βοήθησε να αντιμετωπίσω δίχως φόβο τις δύσκολες καταστάσεις και να γίνω δυνατότερος από αυτές. ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!!

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον Καθηγητή Κωνσταντίνο Μπουντόλο για την έμπρακτη αλληλεγγύη του και την ανιδιοτελή στήριξη του όταν ανθρώπινα αγαθά είχαν χαθεί. ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!!

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την αρχική επιβλέπουσα της διατριβής, Λέκτορα Ιφιγένεια Γιαννοπούλου. Η ζωντάνια της και η παρορμητικότητα της με βοήθησαν να ανταπεξέλθω και να μην αποκλίνω από τους στόχους μου.

Ολη αυτή η διαδρομή έγινε ανάμεσα σε πολύ καλούς φίλους. Ο Δημήτρης Στεργιόπουλος σπάνιος χαρακτήρας, με αγάπη για την επίσημη, μπορώ να πω ότι είναι από τους πιο όμορφους ανθρώπους. Αυτά τα 3 έτη περάσαμε ατελείωτες ώρες στο εργαστήριο και μας συνδέει μια «γλυκιά» φιλία. Είμαι τυχερός που γνώρισα τον αγαπημένο φίλο, Αχιλλέα Κλεισούρα, ανήσυχο πνεύμα από τους λίγους που νοιάζεται για το συναίσθημα του δίπλανού του. Ευχαριστώ τον Πέτρο Μποτώνη ο οποίος βόηθησε στην ολοκλήρωση των πειραμάτων με την παρουσία του. Ευχαριστώ τους συνεργάτες στο εργαστήριο για τις υπέροχες στιγμές, την υποψήφια Διδάκτορα Ευγενία Χερουβείμ,

τους μεταπτυχιακούς Τριανταφύλλου
Δέσποινα, Θανάση Ζαββό και την Νίκη
Μανωλάκη.

Η ολοκλήρωση της διατριβής δεν
θα ήταν εφικτή δίχως την ενθουσιώδη,
επίμονη και επίπονη προσπάθεια των
δοκιμαζόμενων και την καθοριστική
βοήθεια των γονιών τους.

Θέλω να ευχαριστήσω τους
αγαπημένους μου γονείς για τους οποίους
είμαι υπερήφανος, διότι μου δείχνουν την
αγάπη και στήριξη τους σε κάθε μου
βήμα.

Τέλος στην γυναίκα της ζωής μου την
Ρούλα έχω να αφιερώσω τους εξής στίχους:

« Αν είσαι πλάι μου μπορώ
τη μάχη να κερδίσω
να μην εγκαταλείψω
να μην παγιδευτώ
Αν είσαι πλάι μου μπορώ
τον ήλιο να αντικρύσω
να μην ξαναγυρίσω
σε τόπο σκοτεινό»

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

Δισέλιδη περίληψη

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΕΦΗΒΟΥΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 13-14 ΧΡΟΝΩΝ.

Παναγιώτης Μηλιώτης

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, «Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Βιολογία της Άσκησης»

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαλειμματική άσκηση ως επί το πλείστον συναντάται στα ομαδικά αθλήματα και ιδιαίτερα στο ποδόσφαιρο. Σύμφωνα με μελέτες κυρίως στους ενήλικες, η ένταση και η διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα επιφέρουν υψηλό φυσιολογικό φορτίο. Η ένταση ενός αγώνα κυμαίνεται περίπου στο 70-80% της $\dot{V}O_{2max}$ στους ενήλικες και στα παιδιά (Stolen et al. 2005, Stroyer et al. 2004). Μία από τις βασικότερες αιτίες κόπωσης κατά τη διάρκεια του ποδοσφαιρικού αγώνα είναι η μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου κυρίως προς το τέλος του αγώνα (Saltin 1973). Ως εκ τούτου, πληθώρα μελετών εξέτασε την επίδραση της πρόσληψης των υδατανθράκων στην αθλητική απόδοση των ποδοσφαιριστών (Bangsbo et al. 1992). Είναι τεκμηριωμένο ότι η πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια του αγώνα βελτιώνει την απόδοση στους ενήλικες ποδοσφαιριστές (Nicholas et al. 1995). Εντούτοις, οι μελέτες στα παιδιά είναι ελάχιστες. Σύμφωνα με τους Phillips και συνεργάτες (2010), η πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης βελτίωσε την αερόβια απόδοση των ποδοσφαιριστών ηλικίας 13-14 χρονών. Ωστόσο, δεν έχει εξεταστεί η επίδραση του προασκησιακού γεύματος υδατανθράκων σε συνδυασμό με την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια άσκησης σε έφηβους ποδοσφαιριστές (συνδυαστική πρόσληψη). Σκοπός ήταν να εξεταστεί η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων στην αθλητική απόδοση έφηβων αθλητών ηλικίας 13-15 ετών.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Στην παρούσα εργασία συμμετείχαν 9 δοκιμαζόμενοι ηλικίας 13-14 χρονών οι οποίοι εκτέλεσαν στο δαπεδοεργόμετρο πρωτόκολλο προσομοίωσης παιδικού αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 60 λεπτών έπειτα από προασκησιακό γεύμα υδατανθράκων (2,2 g/kg ΣΒ), είτε με υδατάνθρακες (CHO) είτε με εικονικό ποτό (PLC). Πριν και αμέσως μετά την προσομοίωση πραγματοποιήθηκαν δυναμομετρήσεις για το άνω και κάτω άκρο, ενώ στο τέλος της άσκησης έγινε η δοκιμασία απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο. Έγινε συνεχής καταγραφή της ΚΣ, Δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης, αναπνευστικών αερίων. Ως συνθήκη ελέγχου (CON) για την δοκιμασία απόδοσης, πραγματοποιήθηκε σε ξεχωριστή ημέρα η δοκιμασία απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο χωρίς να έχει προηγηθεί η προσομοίωση. Έγινε ανάλυση διπλής διασποράς (συνθήκη x χρόνο), ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων βελτίωσε το χρόνο στην δοκιμασία απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο σε σχέση με την συνθήκη του εικονικού ποτού ($p = 0.02$). Οι συνθήκες (CHO & PLC) διέφεραν σημαντικά σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου ($p = 0.0001$). Οι

δυναμομετρήσεις για το κάτω άκρο παρουσίασαν σημαντική πτώση ανεξαρτήτως παρέμβασης ($p=0.02$) χωρίς ωστόσο να διαφέρουν μεταξύ των συνθηκών. Το Δ MVC (CHO: 14,4%, PLC: 23,3%) μεταξύ των δύο συνθηκών είχε ισχυρή τάση για σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 συνθηκών ($p=0,053$). Οι δυναμομετρήσεις για το άνω άκρο δεν διέφεραν σημαντικά πριν και μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης μεταξύ των συνθηκών. Η ΚΣ, και ο $RPE_{\text{κεντρικός}}$ δεν διέφεραν μεταξύ των συνθηκών. Ο $RPE_{\text{τοπικός}}$ ήταν σημαντικά χαμηλότερος με την συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων σε συγκεκριμένα χρονικά σημεία κατά τη διάρκεια προσομοίωσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το προασκησιακό γεύμα υδατανθράκων (2,2g/kg ΣΒ) σε συνδυασμό με την πρόσληψη ποτού υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης προσομοίωσης βελτίωσε την δοκιμασία απόδοσης έναντι του εικονικού ποτού, προφανώς μέσω της διατήρησης των αποθεμάτων γλυκογόνου. Επίσης, υπήρξε ισχυρή τάση για την μείωση της πτώσης της δύναμης του κάτω άκρου με την συνδυαστική πρόσληψη σε σχέση με το εικονικό ποτό.

Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports*, 5: 137-46.

Stroyer, J., Hansen, L., & Klausen K. (2004). Physiological profile activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 : 168 – 174.

Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13 (2): 152-7.

Phillips, S.M., Turner, A.P., Gray, S., Sanderson, M.F., & Sproule, J. (2010). Ingesting a 6% carbohydrate-electrolyte solution improves endurance capacity, but not sprint performance, during intermittent, high intensity shuttle running in adolescent team games players aged 12-14 years. *European Journal of Applied Physiology*, 109: 811-821.

Nicholas, C.W., Williams, C., Lakomy, H.K.A., & Nowitz, A. (1995) Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Science*, 13:283–290.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6): 501-536.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Οι φυσιολογικές απαιτήσεις ενός ποδοσφαιρικού αγώνα κυμαίνονται στο 70-80% της $\dot{V}O_{2max}$. Μελέτες στους ενήλικες αναφέρουν ότι τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου είναι εν μέρει ή εντελώς εξαντλημένα στις μυικές ίνες μετά το τέλος του αγώνα. Επομένως, με την χορήγηση υδατανθράκων διατηρούνται τα αποθέματα του γλυκογόνου και καθυστερεί η εμφάνιση της κόπωσης όταν ο αγώνας πλησιάζει στο τέλος του. Στον παιδικό πληθυσμό έπειτα από προσομοίωση ποδοσφαιρικού αγώνα η αερόβια απόδοση βελτιώνεται με την χορήγηση υδατανθράκων. Ωστόσο, υπάρχει ελλιπής πληροφορία ως προς την επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων, πριν και κατά τη διάρκεια προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα στους εφήβους.

ΣΚΟΠΟΣ: Να εξετασεί η επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης στην αθλητική απόδοση σε νεαρούς ποδοσφαιριστές.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Συμμετείχαν 9 νεαροί ποδοσφαιριστές (13.5 ± 0.4 χρονών). Σε δύο διαφορετικές ημέρες εκτέλεσαν διαλειμματικό πρωτόκολλο προσομοίωσης αγώνα ποδοσφαίρου στο δαπεδοεργόμετρο διάρκειας 60 λεπτών, με (CHO) ή χωρίς (PLC) πρόσληψη υδατανθράκων, σε τυχαία και αντισταθμισμένη σειρά. Περίπου, 2,5 ώρες πριν την άσκηση οι δοκιμαζόμενοι κατανάλωσαν προασκησιακό γεύμα υδατανθράκων 2,2g υδατανθράκων/kgΣΒ. Κάθε 15 λεπτά κατά τη διάρκεια της άσκησης κατανάλωναν είτε 6% διάλυμα υδατανθράκων είτε εικονικό ποτό ίσου όγκου. Πριν και αμέσως μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης πραγματοποιήθηκαν δυναμομετρήσεις για το άνω και κάτω άκρο. Επιπλέον, οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν δοκιμασία απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο σε 3 περιπτώσεις, έπειτα από την διαλειμματική άσκηση προσομοίωσης με ή χωρίς υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της άσκησης και σε μέρα χωρίς να έχει προηγηθεί άσκηση (CON). Κατά τη διάρκεια της άσκησης καταγράφονταν η ΚΣ, τα αναπνευστικά αέρια, ο RPE. Έγινε 2-way ANOVA RM (συνθήκη x χρόνος) για ΚΣ, ΑΕΡΙΑ και RPE. ANOVA RM 2x2 (συνθήκη x χρόνος) χρησιμοποιήθηκε για τις δυναμομετρήσεις. Στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε στο $p < 0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Η δοκιμασία απόδοσης ήταν σημαντικά υψηλότερη σε χρόνο στην συνθήκη CHO έναντι της PLC ($p=0,02$). Οι συνθήκες CHO & PLC ήταν σημαντικά χαμηλότερες ως προς το χρόνο στη δοκιμασία εξάντλησης έναντι της CON $p < 0.01$. Καταγράφηκε σημαντική πτώση για MVC_{LEG} ανεξαρτήτως παρέμβασης. Το ΔMVC_{LEG} είχε ισχυρή τάση για διαφοροποίηση (CHO: 14,4%, PLC: 23,3%) ($p=0,053$). Δεν παρατηρήθηκε πτώση για MVC_{HAND} , ΚΣ. Ο $RPE_{TOPIKOS}$ ήταν σημαντικά χαμηλότερος στην συνθήκη CHO σε ορισμένα χρονικά σημεία του πρωτόκολλου προσομοίωσης σε σχέση με την συνθήκη PLC.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων αύξησε σημαντικά την διάρκεια της δοκιμασίας απόδοσης κατά 30% σε σύγκριση με την PLC, πιθανόν εξαιτίας της διατήρησης των αποθεμάτων γλυκογόνου. Επομένως, το προασκησιακό γεύμα 2,2g υδατανθράκων/kgΣΒ σε συνδυασμό με διάλυμα υδατανθράκων 6% κατά τη διάρκεια της άσκησης καθυστερεί την εμφάνιση της κόπωσης και βελτιώνει την αθλητική απόδοση νεαρών ποδοσφαιριστών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

Introduction: The physiological demands during a soccer game correspond to 70-80% of $\dot{V}O_{2max}$. Studies in adults have reported that muscle glycogen stores are depleted or partly depleted at the end of the game. Thus, carbohydrate supplementation enhances glycogen sparing and delays the symptoms of fatigue towards the end of a soccer game in adults. In adolescents during a field simulation protocol the carbohydrate supplementation enhanced the performance. However, there is a lack of information on the effects of combined carbohydrate feeding, prior to and during a soccer game in adolescents.

Objective: The purpose of the present study was to investigate the effect of combined carbohydrate feeding on exercise performance in youth soccer players.

Methods: Nine male young (13.5 ± 0.4 years) soccer players participated in the study. On two occasions the athletes performed an intermittent exercise protocol simulating a soccer match on treadmill (60 min) (HIIE), either with or without carbohydrate (CHO) supplementation, in a random and counterbalanced order. Two hours before the experiments athletes consumed a pre-exercise breakfast meal of $2.2\text{g carbohydrate} \cdot \text{kg/BW}$. Every 15 min during HIIE either a CHO (6% glucose) or an isovolemic placebo drink (PLC) was ingested. Prior to and immediately after the protocol simulation MVC was performed for quadriceps and the hand. The athletes performed a time to exhaustion performance test on a cycle ergometer on three occasions, after the HIIE and another day in a rested state (CON). During simulation HR, gas exchanges, RPE were recorded. 2-way ANOVA RM RM (condition x time) was conducted for HR, RPE. 2x2 ANOVA RM (condition x time) was used for the MVC.

Results: Time to exhaustion was significantly longer in the CHO trial compared to the PLC trial ($p=0.02$). The performance in CHO & PLC trials was significantly reduced compared to CON trial $p<0.01$. There was a main effect for time of measurement for MVC_{LEG} without a significant difference between conditions. The ΔMVC_{LEG} had a trend for a significant difference between conditions (CHO: 14,4%, PLC: 23,3%) ($p=0,053$). There was no main effect or interaction effect for MVC_{HAND} , HR. RPE_{LOCAL} was significantly lower in the CHO condition at certain time points in the second half compared to PLC condition.

Conclusion: The combined carbohydrate feeding significantly increased the duration of the performance test by 30% compared to the PLC. The longer time to exhaustion was possibly attained through glycogen sparing. Hence, a pre-exercise meal of $2.2\text{g carbohydrate} \cdot \text{kg/BW}$ in combination with a 6% CHO drink could delay fatigue and improve performance during a youth soccer match.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	Error! Bookmark not defined.
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	viii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ	x
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xv
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1.1 Σημασία της έρευνας	18
1.2 Ορισμός και διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος.....	19
1.3 Διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων.....	19
1.4 Μεταβλητές	20
1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί	20
1.6 Συνοτομογραφίες	20
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	21
2.1 Ασκησιογενής κόπωση	21
2.2 Κόπωση σε διαλειμματική άσκηση με αναφορά στα ομαδικά αθλήματα.....	22
ΕΝΗΛΙΚΕΣ	23
2.3 Παράγοντες κόπωσης στη παρατεταμένη διαλειμματική άσκηση	23
2.3.1 Υδατάνθρακες & γλυκόζη ως παράγοντες κόπωσης στα ομαδικά αθλήματα ...	25
2.4 Μεταβολικές και φυσιολογικές αποκρίσεις σε αθλοπαιδιές-αναφορά στο ποδόσφαιρο.....	26
2.5 Πρωτόκολλα άσκησης για προσομοίωση αγώνων ομαδικών αθλημάτων	27
2.6 Πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια παρατεταμένης διαλειμματικής άσκησης.....	28
ΠΑΙΔΙΑ.....	33
2.7 Παράγοντες κόπωσης στη παρατεταμένη διαλειμματική άσκηση	33
2.7.1 Ο ρόλος του γλυκογόνου και της γλυκόζης στην εμφάνιση της κόπωσης.....	34

2.8 Μεταβολικές και φυσιολογικές αποκρίσεις στα παιδιά.....	35
2.9 Πρωτόκολλα άσκησης για προσομοίωση αγώνων ομαδικών αθλημάτων	38
2.10Πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια παρατεταμένης διαλειμματικής άσκησης.....	39
2.11Συμπέρασμα Ανασκόπησης.....	41
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	44
3.1 Δείγμα	44
3.2 Προκαταρτικές διαδικασίες.	44
3.2.1 Σωματομετρήσεις-υπολογισμός έναρξης ωρίμανσης.....	44
3.2.2 Προσδιορισμός της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου–αναερόβιου κατωφλίου...	45
3.2.3 Δοκιμασία αναερόβιας απόδοσης.....	45
3.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ.....	46
3.3.1 Πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης	46
3.3.2 Διατροφική παρέμβαση.....	47
3.3.3 Συνθήκη εικονικού ποτού (PLC).....	48
3.3.4 Συνθήκη υδατανθράκων (CHO).....	49
3.2 Όργανα, μετρήσεις και υπολογισμοί	50
3.2.1 Αναπνευστικοί παράμετροι	50
3.2.2 Μέγιστη παραγόμενη ισχύ	50
3.2.3 Μετρήσεις δύναμης	50
3.3 Στατιστική ανάλυση.....	50
1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	51
4.1 Χαρακτηριστικά του δείγματος	52
4.2 Χαρακτηριστικά διατροφής.....	52
4.3 Συνολική καλυπτόμενη απόσταση.....	53
4.4 Δοκιμασία απόδοσης	53
4.5 Δυναμομετρήσεις για άνω και κάτω άκρο.....	54

4.6 Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης στο πρωτόκολλο προσομοίωσης.....	55
4.7 Δείκτης πλήρωσης στομάχου.....	57
4.8 Καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης	57
4.9 RPE και HRmax στον τερματισμό της δοκιμασίας εξάντλησης	58
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
5.1 Φυσιολογικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων	60
5.2 Πρωτόκολλο προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα στο δαπεδοεργόμετρο και φυσιολογικές αποκρίσεις	61
5.3 Η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων στην δοκιμασία απόδοσης.....	63
5.4 Διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης κόπωση: η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων	66
5.5 Δείκτης πληρότητας στομάχου	70
5.6 Περιορισμοί εργασίας.....	71
5.6.1 Τυφλές διαδικασίες.....	71
5.6.2 Γλυκόζη αίματος	71
5.6.3 Γαλακτικό αίματος	71
5.6.4 Μετρήσεις μεταβολισμού.....	71
5.6.5 Προσδιορισμός έναρξης ωρίμανσης	72
5.7 Συμπεράσματα εργασίας.....	72
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1 Σχεδιάγραμμα του πρωτοκόλλου προσομοίωσης αγώνα παιδικού ποδοσφαίρου στο δαπεδοεργόμετρο.....	44
Σχήμα 3.2 Σχεδιάγραμμα της πειραματικής συνθήκης.....	47
Σχήμα 3.3 Σχεδιάγραμμα της συνθήκης ελέγχου	47
Σχήμα 3.5 Σχεδιάγραμμα της διατροφικής παρέμβασης.....	49
Σχήμα 4.1 Συνολικά καλυπτόμενη απόσταση σε μέτρα για τις 2 συνθήκες των δοκιμαζόμενων στο πρωτόκολλο προσομοίωσης.	53
Σχήμα 4.2 Χρόνος εξάντλησης στην δοκιμασία απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο για όλες τις συνθήκες (CHO, PLC & CON).....	54
Σχήμα 4.3 Μέγιστη εθελούσια σύσπαση κάτω άκρου πριν και αμέσως μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης και για τις δύο συνθήκες.....	55
Σχήμα 4.4 Μέγιστη εθελούσια σύσπαση άνω άκρου πριν και αμέσως μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης και για τις δύο συνθήκες.....	55
Σχήμα 4.5 Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (κεντρικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης στις δύο συνθήκες.....	56
Σχήμα 4.6 Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (τοπικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης στις δύο συνθήκες.....	56
Σχήμα 4.7 Δείκτης πλήρωσης στομάχου κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης στις δύο συνθήκες.....	57
Σχήμα 4.8 Καρδιακή συχνότητα στο πρωτόκολλο προσομοίωσης για τις 2 συνθήκες.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Συγκεντρωτικός πίνακας με την συνολική καλυπτόμενη απόσταση και καλυπτόμενη απόσταση σε διαφορετικές εντάσεις κατά τη διάρκεια επίσημου αγώνα ποδοσφαίρου για κάθε ηλικιακή ομάδα.....	37
Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά ποτών κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης.....	48
Πίνακας 4.1 Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων.....	51
Πίνακας 4.2 Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων.....	51
Πίνακας 4.3 Η μέση ενεργειακή πρόσληψη και μακροθρεπτικά συστατικά όλων των δοκιμαζομένων μια ημέρα πριν την άσκηση και για τις δύο συνθήκες.....	52
Πίνακας 4.4 Μεταβολές στο σωματικό βάρος πριν και μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης και για τις 2 συνθήκες.....	52
Πίνακας 4.5 Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (τοπικός & κεντρικός) και μέγιστη καρδιακή συχνότητα στο τερματισμό της δοκιμασίας εξάντλησης και για τις δύο συνθήκες (PLC & CHO).....	58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαλειμματική άσκηση είναι ένα είδος φυσικής δραστηριότητας που συναντάται σε πολλά ομαδικά αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο, την καλαθοσφαίριση, τη χειροσφαίριση, την υδατοσφαίριση και επιφέρει μεγάλο φυσιολογικό φορτίο με αποτέλεσμα την μείωση της έντασης του παιχνιδιού και την εμφάνιση κόπωσης (Ekblom 1986, Saltin 1973, Reilly et al. 2008, Knicker et al. 2011). Η μυϊκή κόπωση έχει οριστεί ως η αδυναμία της διατήρησης της δύναμης με συνέπεια την μείωση της αθλητικής απόδοσης (Fitts 1994, Asmussen 1979) ή αλλιώς ως η αδυναμία να διατηρηθεί το απαιτούμενο έργο (Edwards et al 1983). Οι κυριότερες αιτίες κόπωσης στα ομαδικά αθλήματα είναι η μείωση του γλυκογόνου κυρίως μετά τα 60 λεπτά άσκησης (Saltin 1973), η υπογλυκαιμία, η αφυδάτωση, η υπερθερμία, η μείωση της φωσφο-κρεατίνης και του pH (Knicker et al. 2011, Mohr et al. 2005). Αυτές οι αιτίες προκαλούν περιφερική και κεντρική κόπωση (Allen et al. 2008, Nybo et al. 2003). Η περιφερική κόπωση εντοπίζεται κοντά ή μέσα στην νευρομυϊκή σύναψη, ενώ η κεντρική κόπωση μέσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Gandevia 2001). Η κόπωση φαίνεται να επηρεάζει τις τεχνικές ικανότητες, τη λήψη αποφάσεων και την σωματική απόδοση κατά τη διάρκεια του αγώνα (Reilly et al. 2008, Knicker et al. 2011).

Παρόλο που εκατομμύρια παιδιά σε όλο το κόσμο ασχολούνται με τον αθλητισμό και συγκεκριμένα με τα ομαδικά αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο (Phillips 2012), οι μελέτες στις φυσιολογικές απαιτήσεις στα ομαδικά αθλήματα σε αυτές τις ηλικιακές ομάδες είναι περιορισμένες (Capranica et al. 2001, Bucheit et al. 2010a, 2010b, 2013, Mendez-Villanueva et al. 2013, Harley et al. 2010, Castagna et al. 2003, Stroyer 2004). Οι ποδοσφαιριστές ηλικίας 13-15 χρονών καλύπτουν περίπου 6,5-8,5 χιλιόμετρα ανά αγώνα (Mendez-Villanueva et al. 2013), η μέση ΚΣ τους κυμαίνεται >80% της ΜΚΣ (Stroyer et al 2004, Mendez-Villanueva et al 2013), ενώ το ποσοστό κατανάλωσης οξυγόνου κυμαίνεται στο 75-80% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε υψηλού επιπέδου νεαρούς ποδοσφαιριστές (Stroyer et al. 2004). Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως οι μεταβολικές απαιτήσεις σε νεαρούς αθλητές των αθλοπαιδιών είναι αρκετά υψηλές.

Εξαιτίας του μεγάλου ενδιαφέροντος για την διαλειμματικής φύσεως άσκηση αρκετών αθλημάτων, σχεδιάστηκαν πρωτόκολλα με σκοπό να προκαλέσουν φυσιολογικές απαιτήσεις παρόμοιες με εκείνες του αγώνα Α) σε εργαστηριακό περιβάλλον με την χρήση δαπεδοεργόμετρου (Drust et al. 2000, Nevill et al. 1993) και Β) σε υπαίθρια μορφή (Nicholas et al. 2000, Bendiksen et

al. 2012). Σε νεαρό πληθυσμό αρκετά πρόσφατα οι Russell και συνεργάτες (2011) σχεδίασαν υπαίθριο πρωτόκολλο που συγκρινόταν ως προς τις φυσιολογικές απαιτήσεις με έναν αγώνα ποδοσφαίρου σε αθλητές ηλικίας 14-16 ετών. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει πρωτόκολλο σε δαπεδοεργόμετρο που να προκαλεί φυσιολογικές αποκρίσεις και κόπωση παρόμοια με έναν αγώνα παιδικού ποδοσφαίρου, βασισμένο στις πρόσφατες δημοσιεύσεις για την κινηματική ανάλυση στις αναπτυξιακές ηλικίες. Με το ένα τέτοιο πρωτόκολλο, οι ερευνητές θα είχαν το πλεονέκτημα και την δυνατότητα να προκαλέσουν διατροφικές παρεμβάσεις, να ελέγξουν την επίδραση της προπόνησης στις φυσιολογικές αποκρίσεις και την σωματική απόδοση με σκοπό την βελτίωση της αθλητικής απόδοσης σε έφηβους αθλητές 13-15 χρονών.

Η πλούσια σε υδατάνθρακες διατροφή είναι καθοριστική για την διατήρηση και βελτίωση της απόδοσης (Bergstrom et al. 1967). Έχει τεκμηριωθεί στους ενήλικες πως οι διατροφικές παρεμβάσεις πριν (Casey et al. 2000, Sherman et al. 1989, Fosskett et al. 2008) και κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι ευεργετικές για την βελτίωση της απόδοσης, την καθυστέρηση της κόπωσης (Nybo et al. 2003, Welsh et al. 2002, Winnick et al. 2005), την διατήρηση της τεχνική ικανότητας (Ali et al. 2007), τη βελτίωση του δείκτη αντικειμενικής κόπωσης (Backhouse et al. 2007), κυρίως εξαιτίας της διατήρησης των αποθεμάτων

γλυκογόνου. Επιπρόσθετα, το πρωινό γεύμα είναι ευεργετικό για την αναπλήρωση του ηπατικού γλυκογόνου έπειτα από την ολονύκτια νηστεία (Casey et al. 2000, Nilsson, Furst & Hultman, 1973, Nilsson & Hultman, 1973). Είναι σημαντικός ο ρόλος της πρόσληψης υδατανθράκων στη διάρκεια της άσκησης ακόμα και όταν δεν παρατηρούνται διαφορές ως προς τα αποθέματα γλυκογόνου μεταξύ των συνθηκών (Placebo ή CHO), διότι διατηρούνται τα επίπεδα της γλυκόζης αίματος με την πάροδο της άσκησης, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της εμφάνισης κόπωσης προς το τέλος της άσκησης (Coyle et al. 1983, 1986, Coggan & Coyle, 1989). Η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων θεωρείται από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους για την βελτίωση της αθλητικής απόδοσης σε δοκιμασίες εξάντλησης (Wright et al. 1991, Chrysanthopoulos et al. 2002). Παρόλα αυτά, σε δοκιμασίες που απαιτείται οι δοκιμαζόμενοι να καλύψουν την απόσταση όσο πιο γρήγορα μπορούν (time trial) η πρόσληψη γεύματος υψηλού σε υδατάνθρακες ($2,5-4\text{g/kg}\cdot\Sigma\text{B}$) δεν προσέφερε επιπλέον όφελος (Burke et al. 1998, Chrysanthopoulos et al. 1994).

Σύμφωνα με αρχικές μελέτες όπου χρησιμοποιήθηκε μυϊκή βιοψία, οι αποθήκες γλυκογόνου είναι μειωμένες στα παιδιά (Eriksson, Karlsson & Saltin 1971, Eriksson, Gollnick, & Saltin 1973). Επίσης, πρόσφατες μελέτες στον παιδικό πληθυσμό που εξετάζουν την επίδραση των υδατανθράκων αποκαλύπτουν

μεγάλες διαφορές ως προς την οξείδωση των ενδογενών και εξωγενών υδατανθράκων (Riddell 2008). Πιο συγκεκριμένα, είναι γνωστό ότι η οξείδωση των εξωγενών υδατανθράκων αλλάζει με την πάροδο της ωρίμανσης και της ηλικίας (Stephens et al. 2006, Timmons et al. 2007). Οι διαφορές ως προς την μεγαλύτερη οξείδωση του λίπους και λιγότερη χρήση ενδογενών υδατανθράκων είναι εμφανείς στα έφηβα αγόρια σε σχέση με τους ενήλικες, ενώ στις γυναίκες οι διαφορές αυτές παύουν να ισχύουν μόλις τα κορίτσια ωριμάσουν (Riddell 2008). Σε μελέτη που σύγκρινε νεαρό πληθυσμό με τους ενήλικες, τα παιδιά προ-εφηβικής ηλικίας και στην αρχή της εφηβείας είχαν 50% μεγαλύτερη συμμετοχή των εξωγενών υδατανθράκων σε σχέση με τους ενήλικες (Timmons, Bar-Or, Riddell 2003). Παρόλο που υπάρχει αυτή η ιδιαιτερότητα των παιδιών ως προς τις μεταβολικές αποκρίσεις τους, είναι άγνωστο στην βιβλιογραφία αν τα παιδιά επωφελούνται από το υψηλό ποσοστό υδατανθράκων στο γεύμα τους πριν την άσκηση (Petrie, Stover Horswill 2004, Phillips 2012). Είναι εξίσου άγνωστο και συγχρόνως ιδιαίτερα σημαντικό να εξεταστεί ο διαφορετικός τύπος πρωτεΐνης ή προασκησιακού γεύματος (περιεκτικότητα υδατανθράκων και λίπους, γλυκαιμικός δείκτης) λόγω των μεταβολικών ιδιοτήτων των παιδιών (Phillips 2012). Μόλις πρόσφατα, οι Phillips και συνεργάτες (2010, 2012) εξέτασαν την επίδραση της πρόσληψης

υδατανθράκων κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης που προσομοιάζει αγώνα αθλοπαιδιών σε παιδιά ηλικίας 12-14 χρονών. Ειδικότερα έδειξαν ότι 6% διάλυμα υδατανθράκων βελτίωσε την αερόβια ικανότητα. Εντούτοις, όλες οι συνθήκες πραγμα-τοποιήθηκαν σε νηστεία δίχως προ-ασκησιακό γεύμα. Επομένως, δημι-ουργούνται ερευνητικά ερωτήματα ως προς την επίδραση του προασκησιακού γεύματος (πρωινό), δεδομένου ότι οι έφηβοι ηλικίας 13-15 χρονών χρησιμοποιούν περισσότερο εξωγενείς υδατάνθρακες σε σχέση με τους ενήλικες.

1.1 Σημασία της έρευνας

Η επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων στα παιδιά, μόλις πρόσφατα απέκτησε επιστημονικό ενδιαφέρον. Γνωρίζουμε ότι η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων βελτιώνει την αθλητική απόδοση σε δοκιμασία εξάντλησης στους ενήλικες, γι αυτό τον λόγο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης στα παιδιά ο συνδυασμός αυτών των γευμάτων. Οι ελάχιστες μελέτες στα παιδιά που εξέτασαν την επίδραση των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης, δεν παρείχαν πρωινό γεύμα στους αθλητές ή δεν καθόρισαν τον τύπο του γεύματος και δεν κατέγραψαν τις διατροφικές τους συνήθειες πριν από την πειραματική διαδικασία. Η νηστεία από το προηγούμενο βράδυ δεν είναι ενδεικτική του πραγματικού τρόπου ζωής των

αθλητών πριν από τον αγώνα. Παρέχοντας δε, πρωινό γεύμα πριν την διαλειμματική άσκηση, θα αυξηθεί η οικολογική εγκυρότητα, αντλώντας ταυτόχρονα πληροφορία για την επίδραση των υδατανθράκων πριν την άσκηση, στην απόδοση και την αναχαίτιση της κόπωσης, έχοντας ως γνώση ότι οι έφηβοι έχουν μικρότερα αποθέματα γλυκογόνου, χρησιμοποιώντας παράλληλα μεγαλύτερο ποσοστό εξωγενών υδατανθράκων.

Επιπλέον, απουσιάζει από την βιβλιογραφία διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης παρατεταμένης διάρκειας για νεαρούς αθλητές ηλικίας 13-15 σε συνθήκες εργαστηρίου, στοχευμένο να προκαλέσει παρόμοιες μεταβολικές και φυσιολογικές απαιτήσεις με αγώνα αθλοπαιδιών. Με αυτό το πρωτόκολλο, οι ερευνητές θα έχουν το πλεονέκτημα και την δυνατότητα να μελετήσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των ομαδικών αθλημάτων στα παιδιά, να προκαλέσουν διατροφικές παρεμβάσεις για την βελτιστοποίηση της απόδοσης, και να ελέγξουν την επίδραση της προπόνησης στις φυσιολογικές αποκρίσεις και την σωματική απόδοση σε αθλητές αθλοπαιδιών ηλικίας 13-15 ετών.

1.2 Ορισμός και διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος

Σκοπός είναι να εξεταστεί η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων στην αθλητική απόδοση έφηβων αθλητών ηλικίας 13-15 ετών.

Συγκεκριμένα, θα εξεταστεί η επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων 3 ώρες πριν και κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης στην αθλητική απόδοση.

1.3 Διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων

Κύριες ερευνητικές υποθέσεις

Η πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης, θα βελτιώσει τον χρόνο στην δοκιμασία εξάντλησης (ET) σε σύγκριση με την συνθήκη ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί εικονικό ποτό κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Η πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης, θα μειώσει την πτώση της δύναμης στις δυναμομετρήσεις (MVC) σε σύγκριση με την συνθήκη ελέγχου όπου θα χρησιμοποιηθεί εικονικό ποτό κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Το πρωτόκολλο άσκησης θα επιφέρει σημαντική μυϊκή κόπωση και μείωση της απόδοσης η οποία θα ελεγχθεί με δυναμομετρήσεις (MVC, άνω και κάτω άκρο) και δοκιμασία εξάντλησης (ET), αντίστοιχα.

Λευτερεύουσες ερευνητικές υποθέσεις

Η κατανάλωση υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης, θα αυξήσει την οξείδωση των εξωγενών υδατανθράκων όπως θα φανεί από το πιο υψηλό αναπνευστικό πηλίκο σε σύγκριση με την συνθήκη ελέγχου που θα

χρησιμοποιηθεί εικονικό ποτό κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Λόγω της ευεργετικής δράσης των υδατανθράκων σε φυσιολογικές και μεταβολικές παραμέτρους, η συνθήκη με την κατανάλωση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης θα οδηγήσει σε μειωμένο RPE.

1.4 Μεταβλητές

Ανεξάρτητες μεταβλητές

A) Το προασκησιακό γεύμα και το ποτό κατά τη διάρκεια της άσκησης

Εξαρτημένες μεταβλητές

A) Χρόνος εξάντλησης στην δοκιμασία απόδοσης.

B) Μέγιστη δύναμη στο άνω και κάτω άκρο

Γ) Καρδιακή συχνότητα, αναπνευστικά αέρια, πνευμονικός αερισμός, αναπνευστικό πηλίκο.

Δ) Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης και δείκτης πληρότητας στομάχου.

1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Στην παρούσα μελέτη, συμμετείχαν άρρενες νεαροί αθλητές αθλοπαιδιών ηλικίας 13-15 χρονών, με συνέπεια τα αποτελέσματα να μην μπορούν να γενικευθούν σε άλλες ηλικίες. Κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου οι αθλητές ενυδατώνονταν για την αποφυγή της αφυδάτωσης, η οποία είναι επιβλαβής για την απόδοση.

1.6 Συντομογραφίες

VO₂: Πρόσληψη οξυγόνου

VE: Αναπνευστικός αερισμός

RER: Αναπνευστικό πηλίκο

HR: Καρδιακή συχνότητα

RPE: Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης

MVC: Μέγιστη εθελούσια σύσπαση

ET: Δοκιμασία απόδοσης μέχρι εξάντλησης

CHO: Υδατάνθρακες

PLC: Εικονικό ποτό

BMI: Δείκτης μάζας σώματος

MAS: maximal aerobic speed (Μέγιστη αερόβια ταχύτητα)

GPS: Παγκόσμιο σύστημα θεσιθεσίας

TD: Συνολική καλυπτόμενη απόσταση

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Άσκησιογενής κόπωση

Το φαινόμενο της κόπωσης κατά την άσκηση είναι πολυσχιδές. Ως κόπωση ορίζεται η αδυναμία διατήρησης της δύναμης με συνέπεια τη μείωση της αθλητικής απόδοσης (Fitts 1994, Asmussen 1979), ή εναλλακτικά, ως η μείωση της απόδοσης του μυός κατά τη διάρκεια της μυϊκής δραστηριότητας (Allen et al. 2008). Για να μελετηθούν ευκολότερα οι παράγοντες που συμμετέχουν στην εκδήλωση της κόπωσης οι γενεσιουργικές αιτίες έχουν εντοπισθεί σε 2 σημεία. Κεντρικά και Περιφερικά (Bigland-Ritchie et al. 1978, Thomas et al. 1989, Ament & Verkerke 2009).

Κεντρική Κόπωση. Η προέλευση της κεντρικής κόπωσης βρίσκεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), συγκεκριμένα, επεκτείνεται από τον νωτιαίο μυελό έως και τον εγκέφαλο. Η κεντρική κόπωση ορίζεται ως η αδυναμία του ΚΝΣ να κατευθύνει το μυ σε μέγιστο βαθμό. Οι παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε κεντρική κόπωση είναι νευρικοί, η υπογλυκαιμία, η υπερθερμία και η αφυδάτωση. Η κεντρική κόπωση εντοπίζεται με δύο μεθόδους. Με τη μέθοδο του εξωγενούς (ηλεκτρικού) νευρικού ερεθισμού κατά τη διάρκεια μέγιστης εθελούσιας προσπάθειας και του διακρανιακού μαγνητικού ερεθισμού (Merton 1954, Belanger & McComas 1981). Σύμφωνα με τη μέθοδο του

ηλεκτρικού νευρικού ερεθισμού, σε περίπτωση που κατά τη διάρκεια μέγιστης ισομετρικής σύσπασης η προκληθείσα εξωγενώς νευρική ενεργοποίηση οδηγήσει σε αύξηση της δύναμης, τότε αυτό το έλλειμμα δύναμης ερμηνεύεται ως κεντρικά προκληθείσα κόπωση (Herbert & Gandevia, 1999). Η αιτία που στην μέγιστη εθελούσια προσπάθεια δεν καταφέρνει ο μυς να φτάσει το πραγματικό του μέγιστο, οφείλεται, είτε στη μειωμένη επιστράτευση επιπλέον κινητικών νευρώνων, είτε στην πιο αργή εκτυρσοκρότηση των κινητικών νευρώνων. Επίσης, η κεντρική κόπωση εντοπίζεται με την μέθοδο του διακρανιακού μαγνητικού ερεθισμού, η οποία αποδίδει την κόπωση στην μη πλήρη ενεργοποίηση του κινητικού φλοιού κατά τη μέγιστη προσπάθεια (Gandevia et al. 1996, Taylor, Todd & Gandevia, 2006).

Περιφερική Κόπωση. Η περιφερική κόπωση εντοπίζεται στο περιφερικό νεύρο, στην νευρομυϊκή σύναψη και μέσα στο μυ (Allen et al. 2008), ορίζεται ως η απώλεια της ισχύος εξαιτίας από μία σειρά μηχανισμών που συμβαίνουν κοντά στην νευρομυϊκή (Gandevia et al. 1996, Westerblad et al. 1991). Πιθανοί μηχανισμοί που οδηγούν στην περιφερική κόπωση, είναι η καθυστέρηση της χάλασης εξαιτίας της δυσλειτουργίας στην κινητική των εγκάρσιων γεφυρών, την εξασθενημένη επαναπρόσληψη του Ca^{2+} και τα μεταβολικά παραπροϊόντα

(Wasterblad et al. 1991). Η περιφερική κόπωση εντοπίζεται με την μείωση της σύσπασης ή της τετανικής δύναμης μέσω του ερεθισμού του περιφερικού νεύρου στην ηρεμία, ωστόσο πολλές φορές η ερμηνεία είναι δύσκολη (Taylor & Gandevia 2008). Οι παράγοντες που συμβάλουν στην περιφερική κόπωση είναι τα μεταβολικά παραπροϊόντα στο μυ, η μειωμένη ικανότητα για μυϊκή συστολή

2.2 Κόπωση σε διαλειμματική άσκηση με αναφορά στα ομαδικά αθλήματα

Η κόπωση στα ομαδικά αθλήματα μπορεί να χαρακτηριστεί ως η ασκησιογενής πτώση της αθλητικής απόδοσης (Knicker et al. 2011). Η κόπωση κατά τη διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας μπορεί να εντοπιστεί μέσω της ικανότητας να διατηρηθούν οι φυσικές απαιτήσεις του αθλήματος, οι τεχνικοτακτικές και νοητικές ικανότητες του αθλητή (Knicker et al 2011, Edwards 1981, Enoka & Duchateau 2008, Cairns et al. 2005). Για τον εντοπισμό της κόπωσης στα ομαδικά αθλήματα, έχουν σχεδιαστεί διάφορες δοκιμασίες που να εξετάζουν διάφορα χαρακτηριστικά που απαρτίζουν την συνολική απόδοση. Συγκεκριμένα, πτώση της μυϊκής δύναμης με μέγιστες εθελούσιες συστολές, με τετανικές συστολές, πτώση της μυϊκής ισχύος, αύξηση του χρόνου σε δοκιμασία απόδοσης (Reilly et al. 2008, Knicker et al. 2011). Κατά τη διάρκεια του αγώνα μπορούν να εξεταστούν: ο αριθμός των

λαθών, η ακρίβεια στη τεχνική και η ταχύτητα στην εκτέλεση της και τέλος, η απόσταση που διένυσε ο αθλητής και ο πρόωρος τερματισμός της άσκησης (Mohr et al. 2005, Hornery et al. 2007, Reilly et al. 2008, Carling et al. 2008, Knicker et al. 2011).

Η μειωμένη απόδοση που εντοπίζεται συνήθως με την μέγιστη εθελούσια σύσπαση και τον χρόνο εξάντλησης σε δοκιμασίες απόδοσης, συχνά υποδηλώνουν περιφερική κόπωση. Οι παράγοντες που προκαλούν αυτού του είδους την κόπωση στα ομαδικά αθλήματα είναι μεταβολικοί, όπως η πτώση του γλυκογόνου και της γλυκόζης, η υπερθερμία, η αφυδάτωση, οι ιονικοί παράγοντες και το όξινο περιβάλλον στον μυ (Knicker et al. 2011). Πολλές φορές, οι εθελούσιες συσπάσεις είναι πιθανό να οφείλονται και σε κεντρική κόπωση, λόγω της μειωμένης εντολής από τον κινητικό φλοιό (Enoka & Duchateau 2008). Οι αιτίες για την εμφάνιση της κεντρικής κόπωσης είναι η αρνητική ανατροφοδότηση των σκελετικών μυών, της καρδιάς ή των πνευμόνων, ακόμα και από το κεντρικό νευρικό σύστημα (Racinais et al. 2007, Gandevia 2001).

Η κόπωση στα ομαδικά αθλήματα συμβαίνει προς στο τέλος του αγώνα (παρατεταμένη κόπωση), σε διάστημα ημερών (συσσωρευμένη κόπωση), μετά από έντονες προσπάθειες ή χρονικές περιόδους κατά τη διάρκεια του αγώνα (παροδική κόπωση) (Knicker et al. 2011). Για τον εντοπισμό της κόπωσης στο μέσο

και στο τέλος του αγώνα, πολλοί μελετητές χρησιμοποιούν τα επαναλαμβανόμενα σπριντ ως δοκιμασίες για τον έλεγχο της απόδοσης (Mohr et al. 2005, Krstrup et al. 2006, Bendiksen et al. 2012, Meckel et al. 2009). Η κόπωση εντοπίζεται όταν ο μέσος χρόνος των σπριντ είναι αυξημένος σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις πριν τον αγώνα-άσκηση και συσχετίζεται με την μείωση του μυϊκού γλυκογόνου (Bendiksen et al. 2012, Bangsbo, Norregaard & Thorsoe, 1992). Στην παροδική κόπωση οι μηχανισμοί περιπλέκονται, με αναφορές να γίνονται για το ρόλο του γαλακτικού οξέος, το pH, της κρεατίνης και την ενδομυϊκή συγκέντρωση του καλίου (Reilly et al. 2008, Bangsbo et al. 2006, Knicker et al. 2011). Επιπλέον, πολλές μελέτες χρησιμοποιούν το παλίνδρομο τρέξιμο για να ελέγξουν την απόδοση καθώς και τις δυναμομετρήσεις στα κάτω άκρα (MVC) ελέγχοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την νευρομυϊκή λειτουργία (Bendiksen et al. 2012, Rampinini et al. 2011, Krstrup et al. 2006, 2011, Nielsen et al., 2012).

Αρκετές μελέτες χρησιμοποιούν τα κατακόρυφα άλματα και την μέγιστη δύναμη για τον εντοπισμό της κόπωσης στη διαλειμματική άσκηση (Thorlund et al. 2009, Andersson et al. 2008, Mohr & Krstrup 2013). Είναι αξιοσημείωτο πως στις μελέτες των Thorlund και συνεργατών (2009, 2008), οι ερευνητές έλεγξαν με την χρήση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, τον ρυθμό

ανάπτυξης της δύναμης, την ηλεκτρομυογραφία, το κατακόρυφο άλμα για την εμφάνιση της κόπωσης στις μηχανικές ιδιότητες του μυός. Συνοπτικά, σε δυναμομετρήσεις των κάτω άκρων, αμέσως μετά από αγώνα αθλοπαιδιών η πτώση του ρυθμού ανάπτυξης παρατηρείται στο 10% και 21%, για το ποδόσφαιρο και το χάντμπολ αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται και πτώση της μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γόνατος, αμέσως μετά τον αγώνα, σε μέγιστη ισομετρική προσπάθεια ανέρχεται σε 10% περίπου σύμφωνα με τις περισσότερες μελέτες (Gleeson et al. 1998, Rahnama et al. 2003, Bendiksen et al. 2012, Rampinini et al. 2011, Krstrup et al. 2006, 2011, Nielsen et al., 2012).

ΕΝΗΛΙΚΕΣ

2.3 Παράγοντες κόπωσης στη παρατεταμένη διαλειμματική άσκηση

Αφυδάτωση και υπερθερμία ως παράγοντες κόπωσης. Στο θερμό περιβάλλον η κόπωση σχετίζεται με την επίτευξη υψηλής θερμοκρασίας πυρήνα (40°C), με το κεντρικό νευρικό σύστημα και την μειωμένη αιματική ροή στον εγκέφαλο εξαιτίας του υπεραερισμού να είναι οι πιθανότερες αιτίες (Nielsen et al. 1993, Nybo & Nielsen 2001, Cheung & Sleivert, 2004). Παρόλο που αθλητές παρουσιάζουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες κορμού κατά τη διάρκεια της άσκησης, ταυτόχρονα είναι πιο ανεκτικοί στο θερμικό φορτίο και

μπορούν να διατηρήσουν την απόδοση (Nielsen et al. 1993). Η απώλεια υγρών του σώματος προκαλεί μειώσεις της συστηματικής, μυϊκής και δερματικής αιματικής ροής, αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα και μυός (Sawka et al. 1979, Gonzalez-Alonso et al. 1995, 1997, Grandall & Johnson, 2008). Η ενυδάτωση έχει την δυνατότητα να δρα αποτρεπτικά στην εμφάνιση της πρόωρης κόπωσης, μέσω της διατήρησης του όγκου αίματος και της αποφόρτισης του καρδιαγγειακού συστήματος (Gonzalez-Alonso 1995).

Στα ομαδικά αθλήματα, χαρακτηριστικές είναι οι μελέτες των επιδράσεων της αφυδάτωσης σε καλαθοσφαιριστές σύμφωνα με τους Baker και συνεργάτες (2007α,β). Οι ερευνητές παρατήρησαν πως όσο επιδεινώνονταν η αφυδάτωση >2% ΣΒ ανάλογη ήταν και η μείωση στην εκτέλεση της τεχνικής και της νοητικής τους κατάστασης. Σε μελέτη με ποδοσφαιριστές, η αφυδάτωση προκάλεσε την μείωση της απόστασης που διένυσαν σε πρωτόκολλο διάρκειας 45 λεπτών, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν αλλαγές σε δοκιμασία νοητικής συγκέντρωσης (Edwards et al. 2007). Οι Mohr & Krstrup σε πολύ πρόσφατη μελέτη (2013), παρατήρησαν μείωση της απόδοσης σε επαναλαμβανόμενα κατακόρυφα άλματα σε θερμό περιβάλλον 30°C. Η μείωση στην απόδοση αποδίδεται σύμφωνα με τους ερευνητές στην έντονη αφυδάτωση. Από την άλλη πλευρά, σε μελέτες που χρησιμοποίησαν σπριντ και κατακόρυφα άλματα ως δοκιμασίες

απόδοσης, δεν καταγράφηκε μείωση της απόδοσης (Hoffman et al. 1995, Ali et al. 2011).

Αρχικά, η αυξημένη θερμοκρασία του μυός βελτιώνει την απόδοση στα σπριντ (Mohr et al. 2004). Ωστόσο, η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα οδηγεί σε μείωση της απόδοσης (Reilly, Drust & Clarke 2008). Πιο συγκεκριμένα, η υπερθερμία οδηγεί σε μείωση της συνολικής καλυπτόμενης απόστασης και των αποστάσεων που καλύφθηκαν με υψηλές εντάσεις (Ekblom 1986, Mohr et al. 2010, Ozgunen et al. 2010). Ωστόσο, μερικοί μελετητές αμφισβητούν την αξία της συνολικής καλυπτόμενης απόστασης ως δοκιμασία απόδοσης (Bradley et al. 2011, Mohr et al. 2012). Τέλος, με την χρήση των επαναλαμβανόμενων σπριντ ως δοκιμασία απόδοσης, η υπερθερμία φαίνεται να περιορίζει τελικά την απόδοση (Drust et al. 2005, Mohr et al. 2006).

pH και κρεατίνη ως παράγοντες κόπωσης. Το γλυκολυτικό σύστημα δέχεται μεγάλη επιβάρυνση κατά τη διάρκεια των αθλοπαιδιών (Saltin 1973, Krstrup et al. 2006). Η ενδομυϊκή οξέωση προκαλείται από το μειωμένο pH. Η πτώση του pH με τη σειρά του, καταστέλλει την γλυκόλυση μέσω της αναστολής της λειτουργίας των ενζύμων φωσφορυλάσης και φωσφοφрукτοκινάσης που ευθύνονται για την γλυκογονόλυση και γλυκόλυση αντίστοιχα (Glaister 2005). Παρόλο που φαίνεται το μειωμένο pH να εμποδίζει την λειτουργία

του μυός (Sahlin et al. 1998), δεν φαίνεται να εμποδίζει την απόδοση στα ομαδικά αθλήματα (Krustrup et al. 2006, Reilly et al. 2008). Επίσης, η αναδόμηση της φωσφοκρεατίνης μέσω της χορήγησης κρεατίνης, παίζει καθοριστικό ρόλο για την μείωση της κόπωσης στις αθλοπαιδιές (Mujika 2000, Aaserud et al. 1998). Από την άλλη πλευρά, η πτώση του pH και η αποδόμηση της PCr δεν φαίνεται να σχετίζονται με την παροδική κόπωση που παρουσιάζεται σύμφωνα με την βιβλιογραφία κατά τη διάρκεια του αγώνα (Bangsbo et al. 2006, Reilly et al. 2008). Οι λόγοι εμφάνισης της παροδικής κόπωσης δεν είναι ξεκάθαροι ακόμα, πιθανόν να οφείλεται σε συσσωρευμένη ποσότητα ενδομυϊκού καλίου (Bangsbo 1994).

2.3.1 Υδατάνθρακες & γλυκόζη ως παράγοντες κόπωσης στα ομαδικά αθλήματα

Η μείωση των αποθεμάτων γλυκογόνου σχετίζεται άμεσα με την μειωμένη αναπαραγωγή του ATP και την εμφάνιση της κόπωσης (Sahlin et al. 1998, Jensen & Richter 2012). Η μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου, είναι γνωστό πως μειώνει την ικανότητα για άσκηση (Saltin, 1973). Στην συγκεκριμένη μελέτη, οι αθλητές που ασκήθηκαν την προηγούμενη μέρα και συμμετείχαν στον αγώνα είχαν εξάντληση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου με συνέπεια την μείωση της συνολικής απόστασης που διένυσαν κατά τη διάρκεια του αγώνα, σε σχέση με τους

αθλητές που δεν ασκήθηκαν την προηγούμενη μέρα. Η μείωση των επιπέδων της γλυκόζης αίματος οδηγεί σε πρόωρη κόπωση και την μείωση της απόδοσης. Μέσα από πληθώρα μελετών φαίνεται πως η πρόσληψη γλυκόζης προστατεύει τον οργανισμό από την εμφάνιση κόπωσης η οποία προέρχεται από την περιφέρεια και το κεντρικό νευρικό σύστημα (Burgess et al. 1990, Nybo, 2003, Winnick et al. 2005).

Στα ομαδικά αθλήματα και κυρίως στο ποδόσφαιρο πολλές μελέτες επικεντρώθηκαν στην χρήση του γλυκογόνου. Η πλειονότητα των μελετών παρατήρησε πως δεν υπάρχει πλήρης εξάντληση των μυϊκών αποθεμάτων στο τέλος του αγώνα. Συγκεκριμένα για το ποδόσφαιρο, οι τιμές του γλυκογόνου είναι εν μέρει μειωμένες στο τέλος του αγώνα σε ποσοστό 30-50% (Krustrup et al. 2006, 2011, Leatt et al. 1989, Jacobs et al. 1982, Currie et al. 1981, Bendiksen et al. 2012). Η μείωση της απόδοσης στις παραπάνω μελέτες, αποδόθηκε στην αναστολή της SR Ca-ATPσης με συνέπεια την καθυστέρηση της χάλασης του μυός. Τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου φαίνεται να μειώνονται μετά τα 60 λεπτά στους ενήλικες (Davis et al. 1997, Mohr et al. 2005, Hornery et al. 2007, Mendez-Villanueva et al. 2007). Η μείωση του γλυκογόνου είχε ως αποτέλεσμα να οδηγήσει σε περιορισμό της έντασης που ασκούνται οι αθλητές και τον αριθμό των σπριντ προς το τέλος του αγώνα (Krustrup et al. 2006, 2005, Mohr

et al. 2004). Ο μηχανισμός μέσω του οποίου επιδρά η μείωση των αποθεμάτων του γλυκογόνου, σχετίζεται με την πιθανά μειωμένη δραστηριότητα του ασβεστίου στο σαρκοπλασματικό δίκτυο $SR\ Ca^{2+}$ (Allen et al. 2008). Ακόμα πιο πρόσφατες μελέτες κάνουν λόγο για την διαμερισματοποίηση του γλυκογόνου σε συγκεκριμένες περιοχές μέσα στο κύτταρο, όπου η εξάντληση των αποθεμάτων συγκεκριμένων περιοχών οδηγούν στην κόπωση (Nielsen et al. 2011). Ειδικότερα, γίνεται λόγος για την συγκέντρωση του γλυκογόνου στους τ-σωληνίσκους και το σαρκοπλασματικό δίκτυο, όπου τα μειωμένα αποθέματα προκαλούν μείωση της απελευθέρωσης του Ca^{2+} από το σαρκοπλασματικό δίκτυο και μείωση της δραστηριότητας της αντλίας $Na,K\text{-}ATP$ άσης (Ortenblad, Westerblad & Nielsen 2013).

Η υπογλυκαιμία εμφανίζεται κατά τη διάρκεια άσκησης παρατεταμένης διάρκειας μέχρι εξάντλησεως και μάλιστα σε δριμύτατη μορφή με αποτέλεσμα να επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα (Nybo et al. 2003, Nybo 2003). Η υπογλυκαιμία έχει συνδεθεί με την περιφερική κόπωση και την κεντρική κόπωση (Knicker et al. 2011, Nybo et al. 2003, Nybo 2003). Στα ομαδικά αθλήματα αλλά και στο τένις που είναι διαλειμματικής φύσεως άσκηση, η υπογλυκαιμία δεν πλησιάζει τα χαμηλά επίπεδα της παρατεταμένης άσκησης μέχρι εξάντλησης <3Mm (Mohr et al. 2005, Hornery et al. 2007, Mendez-

Villanueva et al. 2007, Krstrup et al. 2006). Πιθανή αιτία που δεν παρατηρείται υπογλυκαιμία είναι οι υψηλές εντάσεις που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης. Η υψηλή ένταση (>80% VO_{2MAX}) οδηγεί στην αυξημένη παραγωγή γλυκόζης από το ήπαρ για την τροφοδότηση του μυός (Jeukendrup & Killer, 2010). Για την αποφυγή της εμφάνισης της υπογλυκαιμίας και των συμπτωμάτων της στην απόδοση (νοητική και φυσική), η λήψη γλυκόζης κατά τη διάρκεια της άσκησης φαίνεται να διατηρεί την νοητική και φυσική απόδοση των ασκούμενων κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης (Welsh et al. 2002, Winnick et al. 2005, Fosskett et al. 2008).

2.4 Μεταβολικές και φυσιολογικές αποκρίσεις σε αθλοπαιδιές με αναφορά στο ποδόσφαιρο

Η αρχική μελέτη των Reilly & Thomas (1976) πραγματοποίησε κινηματική ανάλυση του ποδοσφαίρου και έδειξε πως οι ενήλικες ποδοσφαιριστές καλύπτουν 9-12 χιλιόμετρα ανά αγώνα. Έκτοτε πληθώρα μελετών ανέλυσαν τις καλυπτόμενες χιλιομετρικές αποστάσεις και με ποιες εντάσεις τις καλύπτουν (Mohr et al. 2005). Στους ενήλικες οι μέσες τιμές της καρδιακής συχνότητας στο ποδόσφαιρο κυμαίνονται γύρω στο 85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Αρκετοί μελετητές θέλησαν να ερευνήσουν και την πρόσληψη οξυγόνου, χρησιμοποιώντας προσομοίωση αγώνων

σε δαπεδοεργόμετρο (Esposito et al. 2004, Bangsbo 1994). Επιπρόσθετα, χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις της καρδιακής συχνότητας αλλά και την θερμοκρασία κορμού που κυμαίνεται μεταξύ 39°C-40°C (Ekblom 1986, Mohr et al. 2004) έφτασαν στο συμπέρασμα ότι η πρόσληψη οξυγόνου είναι κοντά στο 70-75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Επίσης, με την χρήση φορητών συσκευών πράγματι φαίνεται ότι η πρόσληψη οξυγόνου κυμαίνεται κοντά στο 75% και μάλιστα κατά τη διάρκεια των υψηλών εντάσεων πλησιάζει και την μέγιστη τιμή (Hoff et al. 2002). Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα κυμαίνεται από 2 έως 10mM, με μεγάλες ατομικές διαφορές να παρατηρούνται, πάρα ταύτα οι μέγιστες τιμές δεν πλησιάζουν αυτές των σπριντ (Ekblom 1986, Bangsbo et al. 2007).

Σύμφωνα με τους Venables, Achten και Jeukendrup (2005), η μέγιστη οξείδωση του λίπους επιτυγχάνεται μεταξύ 40-50% της VO₂max σε γυναίκες και άντρες, ενώ σε προπονημένους στο 63% της VO₂max. Κατά τη διάρκεια των ομαδικών αθλημάτων τα ελεύθερα λιπαρά οξέα αυξάνουν την συγκέντρωσή τους στο αίμα, ιδιαίτερα στο δεύτερο ημίχρονο (Bangsbo 1994). Η αύξηση της οξείδωσης του λίπους εντοπίζεται από την αυξημένη συγκέντρωση της γλυκερόλης, όμως, η αύξηση της συγκέντρωσης της γλυκερόλης στη διαλειμματική είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με την συνεχόμενη άσκηση (Bangsbo 1994, Bangsbo et al. 2006). Ένας ακόμη μηχανισμός που

πιθανόν να ευθύνεται για την μεγαλύτερη χρήση της οξείδωσης του λίπους, είναι η σταδιακή μείωση της ινσουλίνης κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης με παράλληλη αύξηση των κατεχολαμινών ιδιαίτερα στο δεύτερο ημίχρονο (Bangsbo 1994, Galbo 1983, 1992).

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι το ποδόσφαιρο αποτελεί έντονη διαλειμματική άσκηση παρατεταμένης διάρκειας και επιφέρει μεγάλο στρες σε όλα τα ενεργειακά υποστρώματα. Τα κυρίαρχα συστήματα παραγωγής ενέργειας είναι το φωσφορογόνο και το γλυκολυτικό. Το γλυκογόνο μειώνεται με την πάροδο του παιχνιδιού σε αντιδιαστολή με τα ελεύθερα λιπαρά οξέα που αυξάνονται σε χρήση ως απάντηση στην μείωση του γλυκογόνου. Τέλος, φαίνεται πως υπάρχει υψηλή ενδοατομικότητα ως προς το φυσιολογικό στρες που υφίστανται οι αθλητές ανάλογα με την θέση τους και την τακτική.

2.5 Πρωτόκολλα άσκησης για προσομοίωση αγώνων ομαδικών αθλημάτων

Με σκοπό την ευκολότερη διερεύνηση της κόπωσης, της απόδοσης και της μεγαλύτερης ευχέρειας για διατροφικές παρεμβάσεις, σχεδιάστηκαν αρκετά πρωτόκολλα άσκησης, διαλειμματικής μορφής. Η πλειονότητα των πρωτοκόλλων στηρίζεται στις μεταβολικές και φυσιολογικές απαιτήσεις των ενηλίκων αθλητών. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν πρωτόκολλα

υπαίθρια (Nicholas et al. 2000, Bendiksen et al. 2012) αλλά και εργαστηριακά (Drust et al. 2000, Nicholas et al. 1993). Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, η διαλειμματική άσκηση που χρησιμοποίησαν προκαλεί την ίδια κόπωση και φυσιολογικές αποκρίσεις παρόμοιες με ομαδικά αθλήματα. Τα υπαίθρια πρωτόκολλα έχουν το πλεονέκτημα με αλλαγές κατευθύνσεων και περισσότερα σπριντ να προσομοιάζουν τις κινήσεις που κάνουν οι δοκιμαζόμενοι σε αγώνες των ομαδικών αθλημάτων. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα να προσθέσουν και τεχνικά χαρακτηριστικά του αθλήματος. Δεν υπάρχει όμως η ευκολία να ελέγξει ο ερευνητής τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες, να χειριστεί πολλές μεταβλητές ταυτόχρονα και να τροποποιήσει την ένταση της άσκησης. Από την άλλη πλευρά, τα εργαστηριακά πρωτόκολλα παρέχουν την δυνατότητα στον ερευνητή να εξετάσει πολλές παραμέτρους ταυτόχρονα, να ελέγχει τις συνθήκες του εργαστηρίου, την ένταση της άσκησης και να την τροποποιεί όποτε κρίνεται σκόπιμο. Ωστόσο υπάρχει η δυσκολία να αναπτύξουν οι αθλητές πολύ υψηλές εντάσεις, ενώ οι αλλαγές κατευθύνσεων, τα άλματα και πολλές άλλες ιδιαίτερες κινήσεις που χρησιμοποιεί το κάθε άθλημα είναι αδύνατο να συμβούν.

2.6 Πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια παρατεταμένης διαλειμματικής άσκησης.

Προασκησιακό γεύμα. Η αρχική μελέτη των Bergstrom, Hermansen, Hultman & Saltin (1967) σήμανε την έναρξη για την δημιουργία πολλών μελετών βασισμένες στην σημαντικότητα του γλυκογόνου και την φόρτιση των υδατανθράκων πριν την άσκηση. Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός πλέον πως κατά τη διάρκεια συνεχόμενης άσκησης παρατεταμένης διάρκειας, η κατανάλωση υδατανθράκων σε μορφή γεύματος 3-4 ώρες πριν την άσκηση συνοδεύεται από αύξηση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου (Coyle et al. 1985) και της αθλητικής απόδοσης (Sherman et al. 1989; Wright et al. 1991; Schabort et al. 1999). Έκτοτε, έχουν εκδοθεί οδηγίες που συνιστούν την κάλυψη της ενέργειας από τους υδατάνθρακες, με ποσοστό τουλάχιστον 60-65% (American Dietetic Association 1993). Ωστόσο, αρκετές μελέτες απέρριψαν αυτήν την σύσταση και πρότειναν μικρότερα ποσοστά της τάξης του 50-55% που εν τέλει ενστερνίστηκε και η Αμερικάνικη Ένωση Διαιτολογίας (Burke et al. 2001, 2004, American Dietetic Association et al. 2009). Η βελτίωση της απόδοσης που παρατηρείται με το προασκησιακό γεύμα 3-4 ώρες πριν την άσκηση οφείλεται στην αναπλήρωση των αποθεμάτων γλυκογόνου στο ήπαρ. Ως επακόλουθο, διατηρούνται τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα και βελτιώνεται η απόδοση (Case et

al. 2000). Επιπλέον, η μελέτη των Sherman και συνεργατών (1989) έδειξε για πρώτη φορά πως ακόμα και η χαμηλή δόση υδατανθράκων 46g και 156g βελτίωσε την ικανότητα για άσκηση. Επιπροσθέτως, η ακόμη μεγαλύτερη δοσολογία (312g) βελτίωσε σε υψηλότερο βαθμό την ικανότητα για άσκηση κατά 15% εν συγκρίσει με τις προηγούμενες συνθήκες.

Στην διαλειμματική άσκηση τα αποτελέσματα είναι εξίσου ευεργετικά. Σύμφωνα με την μελέτη των Bangsbo και των συνεργατών του (1992) το προ-ασκησιακό γεύμα πλούσιο σε υδατάνθρακες είναι συγκριτικά καλύτερο από γεύμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες. Ακόμα και σε αυτό το είδος άσκησης, οι βελτιώσεις στην απόδοση με αυτή την παρέμβαση οφείλεται στα μεγαλύτερα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου (Coyle et al. 1985, Chen et al. 2009, Little et al. 2010). Η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες ενός πρωινού γεύματος για τους ενήλικες ποδοσφαιριστές σύμφωνα με τους Williams & Serratos (2006) είναι περίπου 100-150g.

Αρκετές μελέτες προσπάθησαν να εξετάσουν την απόδοση ύστερα από λήψη υδατανθράκων έως 60 λεπτά πριν την άσκηση. Στο σύνολό τους οι μελέτες χρησιμοποίησαν συνεχόμενη άσκηση παρατεταμένης διάρκειας. Σε μερικές μελέτες αναφέρθηκαν οφέλη στην απόδοση (Sherman et al. 1991, Okano et al. 1988, Thomas et al. 1991) σε άλλες

όμως όχι (Chryssanthopoulos et al. 1994α, Febbraio et al. 2000β, Jentjens et al. 2003α, Moseley et al. 2003). Ειδικότερα η μελέτη των Moseley και συνεργατών (2003), προσπάθησε να εξετάσει την επίδραση της χρονικής στιγμής της λήψης των υδατανθράκων (15'-45'-75' λεπτά πριν την άσκηση) στην μετέπειτα άσκηση. Όταν χορηγήθηκαν οι υδατάνθρακες 15 λεπτά πριν την άσκηση, παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα της γλυκόζης αίματος και της ινσουλίνης αμέσως πριν την άσκηση. Για την αποφυγή της υπογλυκαιμίας οι Brouns και συνεργάτες (1989) έδωσαν ρόφημα υδατανθράκων κατά τη διάρκεια του ζεστάματος, <10 λεπτά πριν την άσκηση. Πράγματι, τα επίπεδα της ινσουλίνης μειώθηκαν κυρίως εξαιτίας της αύξησης των επιπέδων των κατεχολαμινών σύμφωνα με τους συγγραφείς. Φαίνεται λοιπόν πως δεν υπάρχει ξεκάθαρο όφελος στην πρόσληψη υδατανθράκων έως 60 λεπτά πριν την άσκηση. Για την αποφυγή της υπογλυκαιμίας, η ιδανικότερη χρονική στιγμή πιθανόν είναι κατά τη διάρκεια του ζεστάματος 10 λεπτά πριν την έναρξη της άσκησης.

Η επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη. Η έννοια του γλυκαιμικού δείκτη εισήχθη από τους Jenkins και συνεργάτες (1981). Αποτελεί μέθοδο αξιολόγησης των υδατανθράκων βασισμένη στην μεταγευματική απόκριση της γλυκόζης του αίματος. Ο γλυκαιμικός δείκτης αντιπροσωπεύει τον βαθμό απορρόφησης των υδατανθράκων και επηρεάζεται από την

επεξεργασία τροφίμων (Brand et al. 1985), την παρουσία λακτόζης ή φρουκτόζης, τον τύπο του αμύλου (Burke et al. 1998), την φυσική κατάσταση (Mettler et al. 2006) ακόμα και την τεχνητή του μαγειρέματος (Collings et al. 1981). Τα αποτελέσματα των μελετών που εξετάζουν επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη πριν από την άσκηση είναι αντικρουόμενα. Αρκετοί είναι οι ερευνητές που θεωρούν ότι πως η κατανάλωση υψηλού γλυκαιμικού δείκτη δεν συνοδεύτηκε από βελτίωση στην απόδοση (Febbraio et al. 2000a, Ludwing et al. 1999, 2002). Πιο συγκεκριμένα οι Febbraio & και συνεργάτες (2000a) αν και παρατήρησαν αυξημένη χρήση των υδατανθράκων με τον υψηλό γλυκαιμικό δείκτη και όχι με τον χαμηλό, εντούτοις, δεν συνδυάστηκε με καλύτερη απόδοση. Στο ίδιο μοτίβο, οι Ludwing και συνεργάτες (1999, 2002) αμφισβητούν την αξία του υψηλού γλυκαιμικού δείκτη στην ρύθμιση των ενεργειακών υποστρωμάτων όσον αφορά την υγεία.

Υψηλό ενδιαφέρον στην βιβλιογραφία συγκεντρώνει η επίδραση του χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Είναι αποδεκτό πως ο χαμηλός γλυκαιμικός δείκτης πριν την άσκηση οδηγεί σε αύξηση της οξειδωσης του λίπους (Wee et al. 2005, Stevenson et al. 2006). Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα για την άσκηση έπειτα από νηστεία (Wu et al. 2003). Ο κύριος μηχανισμός που προάγει την οξειδωση του λίπους έπειτα από γεύμα χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη είναι η μείωση της μετα-γευματικής υπερνσουλι-

ναιμίας και υπεργλυκαιμίας, που προκαλεί αύξηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων και πιθανόν την καλύτερη ρύθμιση του σακχάρου με αποτέλεσμα την διατήρηση των αποθεμάτων γλυκογόνου (O'Reilly et al. 2010). Αρκετές όμως μελέτες δεν παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ του γλυκαιμικού δείκτη ως προς την απόδοση (Stevenson et al. 2005). Οι διαφορές που παρουσιάζονται στις μελέτες επηρεάζονται από τα διαφορετικά τρόφιμα, το χρονικό σημείο πρόσληψης καθώς και από την ένταση και τον τύπο άσκησης (O'Reilly, Wong & Chen 2010).

Στους ενήλικες, στην διαλειμματική άσκηση οι μελέτες που εξέτασαν την επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη στην αθλητική απόδοση είναι ελάχιστες. Οι Erith και συνεργάτες (2006) χρησιμοποίησαν διαλειμματικό πρωτόκολλο προσομοίωσης αγώνα ποδοσφαίρου. Σε αυτήν την μελέτη παρενέβησαν μετασκησιακά για να ελέγξουν την επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη σε επακόλουθη άσκηση παρόμοιας μορφής και διάρκειας. Δεν υπήρχε επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη στην αντοχή και τις υπερμέγιστες προσπάθειες (σπριντ) μεταξύ των συνθηκών. Οι Little και συνεργάτες (2009) προσπάθησαν και αυτοί να εξετάσουν την επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη. Ο υψηλός γλυκαιμικός δείκτης εμπόδισε σε μεγάλο βαθμό την οξειδωση του λίπους, όμως, δεν κατάφεραν να εντοπίσουν διαφορές στην απόδοση με την πρόσληψη χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Παρόμοια αποτε-

λέσματα έδειξε η μελέτη της Bennett και των συνεργατών της (2012). Το προασκησιακό γεύμα χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη δεν βελτίωσε την απόδοση σε σχέση με το γεύμα υψηλού γλυκαιμικού δείκτη, παρατηρήθηκαν όμως, διαφορές ως προς τις μεταβολικές αποκρίσεις. Σε μελέτη των Little και συνεργατών (2010), εξέτασαν εάν το γεύμα διαφορετικού γλυκαιμικού δείκτη επέδρασε στην απόδοση χωρίς να παρέχει συμπλήρωμα υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Πράγματι, το γεύμα με διαφορετικό γλυκαιμικό βελτίωσε την απόδοση σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (νηστεία), χωρίς να υπάρχουν διαφορές στο ενεργειακό υπόστρωμα που συχνά παρατηρείται σε άλλες μελέτες. Παρομοίως, πιο πρόσφατα, οι Hulton και συνεργάτες (2012) δεν κατάφεραν να εντοπίσουν διαφορές στην απόδοση και στις μεταβολικές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια του 90λεπτου πρωτοκόλλου.

Η χρήση του λίπους. Μία ακόμα μέθοδος παρέμβασης για την βελτίωση της απόδοσης ή τουλάχιστον για την διατήρηση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου είναι η κατανάλωση λίπους πριν από την άσκηση. Αρχικές μελέτες ανέφεραν πως γεύματα αυξημένα σε λίπος ενίσχυσαν την χρήση των ελεύθερων λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια της άσκησης, με φυσικό επακόλουθο, την διατήρηση των αποθεμάτων του γλυκογόνου και την μείωση της οξείδωσης των υδατανθράκων (Costill et al. 1977, Vukovich et al. 1993, Hawley et al. 2000).

Αρκετές μελέτες προσπάθησαν να ελέγξουν τις επιδράσεις στην απόδοση με την αύξηση πρόσληψης λίπους, δεν κατάφεραν όμως να αναδείξουν οφέλη (Okano et al. 1996, 1998; Whitley et al. 1998; Hawley et al. 2000, Hulton et al. 2013). Ωστόσο, η μελέτη του Pitsiladis και των συνεργατών του (1999), αυξάνοντας τα ελεύθερα λιπαρά οξέα πριν την άσκηση, παρουσίασε βελτιώσεις στην αντοχή των αθλητών σε παρατεταμένη διάρκεια άσκησης.

Υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της άσκησης Η μείωση του γλυκογόνου που συντελείται κατά τη διάρκεια των ομαδικών αθλημάτων και στα αθλήματα με παρατεταμένη διάρκεια μπορεί να αντισταθμιστεί με την πρόσληψη υδατανθράκων είτε σε μορφή ποτού είτε σε ζελέ. Στους ενήλικες αρχική μελέτη των Coyle και συνεργατών (1983) έδειξε ότι κατά τη διάρκεια παρατεταμένης διάρκειας >120 λεπτά, η κατανάλωση υδατανθράκων βελτίωσε την ικανότητα για άσκηση 157 ± 5 λεπτά σε σχέση με την ομάδα ελέγχου 134 ± 6 λεπτά. Στα ομαδικά αθλήματα οι ωφέλειες στην απόδοση με την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης προσομοίωσης αγώνα αθλοπαιδιών είναι αρκετά εμπεριστατωμένες (Phillips et al. 2011). Σύμφωνα με τους Nicholas και συνεργάτες (1995) η πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κάθε 15 λεπτά στη διάρκεια του αγώνα βελτίωσε την αερόβια απόδοση των ποδοσφαιριστών κατά 33% έναντι της συνθήκης του εικονικού ποτού.

Έκτοτε αρκετές μελέτες εστίασαν στην εργογόνα επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων κατά τη διάρκεια προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα, με την πλειονότητα εξ αυτών να παρουσιάζει βελτίωση στην δοκιμασία απόδοσης από 33 έως 52% (Davis et al 1999,2000; Patterson & Gray 2007). Η βελτίωση στην απόδοση σύμφωνα με την βιβλιογραφία οφείλεται στην διατήρηση των αποθεμάτων γλυκογόνου εξαιτίας της φειδωλής χρησιμοποίησής τους με την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης (Yaspelkis et al. 1993, Hargreaves et al. 1984). Ωστόσο, σε μελέτη των Nassis και συνεργατών (1998) δεν παρατηρήθηκε βελτίωση στην απόδοση με την χρήση των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης μεγάλης διάρκειας. Οι ερευνητές απέδωσαν τα αποτελέσματα στο αρκετά απαιτητικό πρωτόκολλο. Η λήψη υδατανθράκων είναι συνδεδεμένη με την διατήρηση της νοητικής κατάστασης, την παραγωγή δύναμης και την βελτίωση του δείκτη αντικειμενικής κόπωσης (Welsh et al. 2002, Winnick et al.2005, Backhouse et al. 2007). Οι λόγοι που πιθανώς να βελτιώνουν οι υδατάνθρακες την αντιλαμβανόμενη κόπωση και την νοητική κατάσταση δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως. Πιθανώς να οφείλεται στην μειωμένη παραγωγή σεροτονίνης (Davis et al. 1992, Welsh et al. 2002, Winnick et al.2005). Επιπλέον, η κατανάλωση υδατανθράκων οδήγησε στην διατήρηση των τεχνικών ικανοτήτων και της

απόδοσης σε υπερμέγιστες προσπάθειες (Ali et al 2007). Όμως σε μελέτη των Ostojic & Mazic (2002), δεν σημειώθηκε βελτίωση των τεχνικών ικανοτήτων των αθλητών. Είναι πιθανόν τα διαφορετικά τύπου πρωτόκολλα να προκάλεσαν αυτές τις αντιθέσεις στην βιβλιογραφία. Επίσης, ευεργετικά είναι τα αποτελέσματα στην ακρίβεια του σουτ (Ali et al. 2007, Ali & Williams, 2009) όχι όμως και στην ακρίβεια της πάσας (Ali & Williams, 2009, Abbey & Rankin, 2009). Η βελτίωση της ακρίβειας στην τεχνική αποδίδεται στον καλύτερο κινητικό έλεγχο από το ΚΝΣ (Welsh et al. 2002, Winnick et al.2005, Ali et al 2007). Επίσης, μελέτες στο ποδόσφαιρο έχουν δείξει ότι με την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια του αγώνα συμβαίνουν και μεταβολικές διαφοροποιήσεις οι οποίες πιθανόν να έχουν επίδραση στην απόδοση (Nicholas et al. 1999, Clarke et al. 2008, 2012). Πιο συγκεκριμένα, οι Clarke και συνεργάτες (2008) έδειξαν ότι η πρόσληψη υδατανθράκων διατήρησε τα επίπεδα γλυκόζης αίματος και αύξησε την οξειδωση των υδατανθράκων, ενώ παράλληλα NEFA, η γλυκερόλη και η οξειδωση του λίπους μειώθηκαν. Ο συνδυασμός υδατανθράκων-ηλεκτρολυτών βάσει πληθώρα μελετητών, δεν προκαλεί αλλαγές στην πρόσληψη οξυγόνου, στην καρδιακή συχνότητα, στην θερμοκρασία κορμού, στην συσσώρευση γαλακτικού και στον όγκο πλάσματος (Clarke et al. 2008, Welsh et al. 2002,

Winnick et al. 2005, Ali et al. 2007, Phillips et al. 2011).

Συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων. Ένας ακόμη συνδυασμός φόρτισης υδατανθράκων την ημέρα του αγώνα είναι η πρόσληψη υδατανθράκων με γεύμα 3-4 ώρες νωρίτερα και έπειτα αμέσως πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτός ο χειρισμός αναφέρεται με τον όρο: συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων. Η μελέτη των Wright και των συνεργατών (1991) έδειξε πως η πρόσληψη υδατανθράκων ($5\text{g/kg}\cdot\text{SB}$) 3 ώρες πριν την άσκηση και κατά τη διάρκεια της άσκησης, βελτίωσε την απόδοση σε δοκιμασία εξάντλησης σε σχέση με τις συνθήκες όπου δόθηκαν υδατάνθρακες είτε κατά τη διάρκεια της άσκησης είτε πριν την άσκηση ή καθόλου. Πιο πρόσφατα, οι Chrysanthopoulos και συνεργάτες (2002) έδειξαν πως η πρόσληψη υδατανθράκων 3 ώρες πριν την άσκηση ($2,5\text{g/kg}\cdot\text{SB}$) και με διάλυμα 6% κατά τη διάρκεια της άσκησης ωφέλησε την απόδοση σε δοκιμασία εξάντλησης σε σχέση με τις συνθήκες που περιείχαν μόνο προ-ασκησιακό ποτό σε υδατάνθρακες ή μόνο νερό πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Από την άλλη πλευρά, σε μελέτη των Burke και συνεργατών (2000) η κατανάλωση υδατανθράκων ($2\text{g/kg}\cdot\text{SB}$), διαφορετικών σε γλυκαιμικό δείκτη, 2 ώρες πριν την άσκηση και διάλυμα 10% κατά τη διάρκεια, δεν έδειξε διαφορά σε δοκιμασία απόδοσης (time trial) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου όπου

δόθηκε μόνο προ-ασκησιακό γεύμα χαμηλής ενέργειας. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα της μελέτης των Chrysanthopoulos και συνεργατών (1994β). Φαίνεται λοιπόν πως η κατανάλωση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι αρκετή για την διατήρηση της απόδοσης σε δοκιμασία time trial.

ΠΑΙΔΙΑ

2.7 Παράγοντες κόπωσης στη παρατεταμένη διαλειμματική άσκηση

Αφυδάτωση και υπερθερμία ως παράγοντες κόπωσης. Η αφυδάτωση είναι περισσότερο επιζήμια για τον παιδικό πληθυσμό στην απόδοση σε σύγκριση με τους ενήλικες. Παρά το γεγονός αυτό, οι μελέτες που εξετάζουν τις επιπτώσεις της αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση είναι περιορισμένες. Σε νεαρούς αθλητές καλαθοσφαίρισης ηλικίας 12-15 ετών (Dougherty et al. 2006), η αφυδάτωση ($>2\%$ SB) οδήγησε σε πτώση της απόδοσης σε δεξιότητες που σχετίζονται με το άθλημα. Αυτή η μελέτη είναι η μόνη που εξετάζει την επίδραση της αφυδάτωσης στα ομαδικά αθλήματα για τους νεαρούς αθλητές. Επιπλέον, στα παιδιά η σωματική απόδοση επηρεάζεται περισσότερο ακόμα και με μικρότερο ποσοστό απωλειών σε ιδρώτα (1% SB) σε σχέση με τους ενήλικες, (Wilk et al. 2002, Rowland 2011). Χρειάζονται περισσ-

ότερες μελέτες για την επίδραση της αφυδάτωσης στην σωματική απόδοση, στην νοητική συγκέντρωση και στην τεχνική εκτέλεση. Τέλος, δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την υπερθερμία ως παράγοντα κόπωσης σε νεαρούς αθλητές

Ο ρόλος του pH και της κρεατίνης. Το pH και η φωσφοκρεατίνη δεν έχουν μελετηθεί στα παιδιά κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης παρατεταμένης διάρκειας. Η χρήση και ανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης έχει γίνει κυρίως αντικείμενο μελέτης σε πολύ υψηλές βραχύβιες εντάσεις στα παιδιά (Ratel et al. 2005).

2.7.1 Ο ρόλος του γλυκογόνου και της γλυκόζης στην εμφάνιση της κόπωσης

Στα παιδιά έως τώρα δεν έχει ελεγχθεί το επίπεδο της μείωσης του γλυκογόνου έπειτα από οποιαδήποτε μορφής άσκησης, διότι λόγω δεοντολογίας δεν είναι επιτρεπτό να γίνει χρήση μυϊκής βιοψίας. Πάρα τούτα, με την χρήση ^{13}C -MRS (Rico-Sanz et al. 1999) είναι εφικτό να εξεταστεί αναίμακτα η τυχόν μείωση των αποθεμάτων γλυκογόνου στον μυ. Αναφορικά με την μελέτη των Rico-Sanz και συνεργατών, χρησιμοποιήθηκε παλίνδρομο πρωτόκολλο διάρκειας από 17 έως 67 λεπτά, σε νεαρούς ποδοσφαιριστές ηλικίας 16-18 ετών. Βρέθηκε πως το γλυκογόνο μειώθηκε από 135 ± 53 mmol (kg wet weight) σε 87 ± 27 mmol. Οι συγγραφείς κατέληξαν πως η κόπωση και

ο τερματισμός της άσκησης ήταν συνέπεια της μείωσης του μυϊκού γλυκογόνου. Χρειάζονται περισσότερες μελέτες προς αυτήν την κατεύθυνση με μη επεμβατικές μεθόδους, σε παιδιά ακόμα πιο μικρής ηλικίας, όπου η επίδραση της ωρίμανσης δεν είναι τόσο έντονη ώστε να επηρεάζει το ορμονικό και μεταβολικό προφίλ.

Όσον αφορά την υπογλυκαιμία και την εμφάνιση της κόπωσης στα παιδιά δεν υπάρχουν μελέτες. Το ενδιαφέρον κυρίως εστιάζεται στην ιδιαίτερη ιδιομορφία που παρουσιάζει η συμπεριφορά της γλυκόζης του αίματος στα πρώτα στάδια της συνεχόμενης άσκησης. Κάποιες μελέτες (Delamarche et al. 1994,1992, Eriksson et al. 1971) δείχνουν πως υπάρχει μια παροδική πτώση των επιπέδων του σακχάρου με την έναρξη της άσκησης ($1-1,5\text{mmol/l}$). Αυτή η πτώση δεν αντισταθμίζεται ούτε με την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης Riddell et al. 2001. Ο λόγος που παρατηρείται αυτή η πτώση της γλυκόζης αίματος σε αυτές τις μελέτες δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως. Εικάζεται πως οφείλεται σε αύξηση της διαθεσιμότητας της γλυκόζης στον μυ, το οποίο γεγονός είναι ανεξάρτητο από την ινσουλίνη (Riddell 2008), είτε οφείλεται στην μη πλήρη ανάπτυξη της ηπατικής γλυκογονόλυσης (Boisseau & Delamarche 2000). Από την άλλη πλευρά υπάρχουν μελέτες που δεν παρατηρήθηκε πτώση της γλυκόζης του αίματος με την έναρξη της άσκησης (Martinez & Haymes 1994, Oseid & Hermansen 1971).

2.8 Μεταβολικές και φυσιολογικές αποκρίσεις στα παιδιά

Τα παιδιά χρησιμοποιούν σε διαφορετικό βαθμό τα ενεργειακά υποστρώματα κατά τη διάρκεια της άσκησης (Almquist et al 2008, Nemet & Eliakim et al 2009). Αρχικές μελέτες ανέδειξαν τις διαφορές μεταξύ παιδιών και ενηλίκων ως προς τα ενεργειακά υποστρώματα κατά τη διάρκεια της άσκησης με την χρήση του αναπνευστικού πηλίκου (Robinson 1938, Morse et al. 1949). Πιο πρόσφατες μελέτες σε παιδιά ηλικίας 10 χρονών και με ένταση άσκησης στο 70% της VO_{2peak} έδειξαν ότι το λίπος είχε 70% περισσότερη συμμετοχή και οι υδατάνθρακες 25% λιγότερη συμμετοχή ως ενεργειακά υποστρώματα σε σχέση με τους ενήλικες (Timmons, Bar-Or, Riddell, 2003). Ένα ακόμη αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό που παρουσιάζουν τα παιδιά είναι ότι παρόλο που φαίνεται να έχουν χαμηλότερα αποθέματα γλυκογόνου, εντούτοις, όταν καταναλώνουν υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της άσκησης ο βαθμός οξείδωσης της γλυκόζης αυξάνεται (Riddell et al. 2000α, 2000β, 2001, Peronnet et al. 1990). Στο ίδιο μοτίβο, σε μελέτη που σύγκρινε ευθέως τα παιδιά με τους ενήλικες (Timmons, Bar-Or, Riddell 2003) τα παιδιά προ-εφηβικής ηλικίας και στην αρχή της εφηβείας είχαν 50% μεγαλύτερη συμμετοχή των εξωγενών υδατανθράκων σε σχέση με τους ενήλικες. Το 2006 έρευνα των Stephens και των συνεργατών

του έδειξε πως τα παιδιά προ-εφηβικής ηλικίας είχαν υψηλότερο βαθμό οξείδωσης λίπους σε σχέση με τα έφηβα παιδιά. Οι Timmons, Bar-Or, Riddell (2007) σε 12 παιδιά ίδιας ηλικίας χωρισμένα όμως σε τρία διαφορετικά στάδια ωρίμανσης έδειξαν πως ο βαθμός οξείδωσης του λίπους μειώνεται όσο αυξάνεται η ωρίμανση. Στα προέφηβα παιδιά και στους έφηβους αθλητές, δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν το ενεργειακό υπόστρωμα κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης ή στη διάρκεια των ομαδικών αθλημάτων. Γενικότερα, για την καλύτερη κατανόηση του μεταβολισμού του μυϊκού γλυκογόνου χρειάζεται χρήση μυϊκής βιοψίας, αν και η χρήση της αναίμακτης μεθόδου (^{31}P -MRS) έχει διαλευκάνει πολλά κενά στην βιβλιογραφία γύρω από τον μυϊκό μεταβολισμό των παιδιών σε *in vivo* μορφή. Οι Zanonato et al. 1993 και μετέπειτα οι Kuno et al. 1995, χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη μέθοδο φανέρωσαν ότι τα παιδιά υστερούν στο γλυκολυτικό σύστημα σε σχέση με τους ενήλικες σε αυξανόμενη ένταση άσκησης μέχρι εξάντλησης. Επιπλέον, η ωρίμανση επηρεάζει τον μυϊκό μεταβολισμό, με τα παιδιά να στηρίζονται περισσότερο στον οξειδωτικό μεταβολισμό εξαιτίας της καλύτερης οξειδωτικής ικανότητας και των περισσότερων μυϊκών ινών τύπου I (Tonson et al. 2010).

Πρόσφατα στην βιβλιογραφία αναπτύχθηκε το ενδιαφέρον στον παιδικό πληθυσμό, ως προς τις εντάσεις που

χρησιμοποιούν, τις αποστάσεις που καλύπτουν και τις φυσιολογικές και μεταβολικές απαιτήσεις που προκαλεί ένας αγώνας ποδοσφαίρου (Capranica et al. 2001, Bucheit et al. 2010α, 2010β, 2013, Mendez-Villanueva et al. 2013, Harley et al. 2010, Castagna et al. 2003, Stroyer 2004). Φαίνεται ότι τα παιδιά καλύπτουν μικρότερες αποστάσεις σε αγώνα ποδοσφαίρου. Εάν αυτό προκύπτει επειδή η διάρκεια των αγώνων ανά ηλικία είναι μικρότερη ή επειδή δεν είναι ανεκτή η παραπάνω διάρκεια δεν έχει ακόμα διερευνηθεί. Είναι γεγονός, σύμφωνα με μελέτη των Mendez-Villanueva και συνεργατών (2013), ότι τα παιδιά καλύπτουν μικρότερη απόσταση στο δεύτερο ημίχρονο σε εντάσεις κάτω από την μέγιστη αερόβια ταχύτητα. Παραδόξως, σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, η καλυπτόμενη απόσταση σε εντάσεις πάνω από την μέγιστη αερόβια ταχύτητα είναι μεγαλύτερη. Βασικός περιορισμός της παραπάνω μελέτης είναι η χαμηλή δειγματοληψία του GPS (1 Hz) (Duffield et al. 2009). Η μέγιστη αερόβια ταχύτητα μετρήθηκε υπαίθρια με σπριντ 20 μέτρων. Σε παλαιότερη μελέτη (Harley et al. 2010), παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μεταβλητότητα ως προς την καλυπτόμενη απόσταση για όλες τις ηλικίες, ίσως επειδή στο τελικό δείγμα συμμετείχαν όλοι οι ποδοσφαιριστές ανεξαρτήτως χρόνου συμμετοχής.

Πίνακας 2.1. Συνολική καλυπτόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια επίσημων ποδοσφαιρικών αγώνων, για κάθε ηλικιακή ομάδα

Μελέτη	N	Επίπεδο & ηλικία	Συσκευή καταγραφής	Καλυπτόμενη απόσταση σε διαφορετικές εντάσεις (m)					
				Περπάτημα	LIR	HIR	SPRINT	TD	TD _{adj}
Castagna et al. 2003	11	U13	BINTEO	1144	3200	986	468	5912	
Aslan et al. 2012	32	U18	BINTEO	2971	4960	849	1120	9900	
Buchheit et al. 2010	7	elite-U13	1Hz GPS			671	186	6549	7497
	17	elite-U14				821	318	7383	7956
	10	elite-U15				954	410	8129	8026
	12	elite-U16				968	384	8312	8436
	17	elite-U17				991	449	8707	8448
	14	elite-U18				976	666	8867	8254
Harley et al. 2010	22	elite-U12	5Hz NdGPS			1713	174	5967	
	20	elite-U13				1756	167	5813	
	25	elite-U14				1841		5715	
	21	elite-U15				1755		6016	
	24	elite-U16				2481	302	7672	
Mendez-Villanueva et al. 2013	16	elite-U13	1Hz GPS	~5200 <80% MAS		~1800	~350	~7400	
	20	elite-U14		~5800 <80% MAS		~1700	~400	~7900	
	17	elite-U15		~6100 <80% MAS		~1500	~400	~8000	
	18	elite-U16		~6500 <80% MAS		~1700	~300	~8500	
	15	elite-U17		~6700 <80% MAS		~1500	~300	~8500	
	17	elite-U18		~6600 <80% MAS		~1350	~350	~8300	
Castagna et al. 2009	21	U15	5Hz GPS	508	2981	741	234	6173	
Castagna et al. 2010	18	U15	5Hz GPS	486	3029	713	217	6087	
Impellizzeri et al. 2006	15	U18	BINTEO	534	2784	1649	431	9924	
	14	U18	BINTEO	611	2736	1581	473	9926	

MAS: μέγιστη αερόβια ταχύτητα, **LIR:** χαμηλής έντασης τρέξιμο, **HIR:** υψηλής έντασης τρέξιμο, **TD:** συνολική καλυπτόμενη απόσταση, **TD_{adj}:** συνολική καλυπτόμενη απόσταση προσαρμοσμένη ως προς το χρόνο παιχνιδιού

Στην μελέτη των Mendez-Villanueva και συνεργατών (2013), ανεξαρτήτως ηλικίας οι τιμές της καρδιακής συχνότητας στο περισσότερο διάστημα του παιχνιδιού υπερβαίνουν το 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας που μετρήθηκε σε VO_{2MAX} TEST. Αυτές οι τιμές βρίσκονται σε συμφωνία με παλαιότερη μελέτη των Stroyer και συνεργατών (2004), όπου το ποσοστό κατανάλωσης οξυγόνου κυμαίνεται στο 80% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε υψηλού επιπέδου αλλά και μέτρια γυμνασμένους νεαρούς ποδοσφαιριστές ηλικίας 12-14 ετών (Stroyer et al. 2004). Η ανάλυση των αγώνων με την βοήθεια κάμερας ή GPS πολλές φορές δεν αντιπροσωπεύει το αληθινό μεταβολικό κόστος της προσπάθειας των αθλητών. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται σε πρόσφατη μελέτη ότι υποτιμάται το μεταβολικό κόστος της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης με αυτού του είδους τις αναλύσεις, σύμφωνα με το μαθηματικό μοντέλο των Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo & Di Prampero (2010). Οι Osgnach και συνεργάτες (2010) καταλήγουν ότι οι φάσεις της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης πρέπει να θεωρούνται ως υψηλές εντάσεις διότι αυξάνεται το μεταβολικό κόστος και θα πρέπει να συνυπολογίζονται όταν αναλύονται οι φυσιολογικές και κινητικές απαιτήσεις ενός αγώνα ποδοσφαίρου. Στο ίδιο μοτίβο, η μελέτη των Abt και Lovell (2009) έκανε αναφορά στην αναγκαιότητα της εξατομίκευσης της υψηλής έντασης με βάση το αναπνευστικό κατώφλι και όχι

τον προκαθορισμό της στα 15km/h. Με αυτήν την οριοθέτηση η συγκεκριμένη μελέτη ανέφερε πως το ποσοστό της απόστασης που καλύφτηκε με υψηλή ένταση κατά τη διάρκεια αγώνα ποδοσφαίρου είναι 167% περισσότερο από την μέθοδο που όριζε ο προκαθορισμός της υψηλής εντάσεως. Επομένως, σύμφωνα με τις δύο τελευταίες μελέτες φαίνεται να υποεκτιμάται το μεταβολικό φορτίο του αθλητή εάν δεν λαμβάνονται υπόψη το ατομικό αναερόβιο κατώφλι και η εκτίμηση του μεταβολικού κόστους κατά τις φάσεις της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης.

2.9 Πρωτόκολλα άσκησης για προσομοίωση αγώνων ομαδικών αθλημάτων

Στον παιδικό πληθυσμό απουσιάζουν διαλειμματικά πρωτόκολλα άσκησης βασισμένα στις φυσιολογικές αποκρίσεις που προκαλεί ένας αγώνας αθλοπαιδιών. Πολύ πρόσφατα, δημιουργήθηκε υπαίθριο πρωτόκολλο για να προκαλέσει παρόμοιες φυσιολογικές απαιτήσεις αντίστοιχες με αγώνα ποδοσφαίρου (Russell et al. 2011). Σε αυτήν την μελέτη, οι ερευνητές προσπάθησαν να συγκρίνουν τις φυσιολογικές απαιτήσεις του υπαίθριου πρωτόκολλου με αγώνα ποδοσφαίρου. Στην μελέτη συμμετείχαν αθλητές ηλικίας 14-16 ετών και έγινε καταγραφή της καρδιακής συχνότητας και του γαλακτικού αίματος κατά τη διάρκεια του αγώνα. Πράγματι οι φυσιολογικές απαιτήσεις δεν διέφεραν με τον αγώνα ποδοσφαίρου.

Ωστόσο, απουσιάζουν από την βιβλιογραφία πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης σε δαπεδοεργόμετρο με σκοπό να προκαλούν κόπωση και να αξιολογούν τις φυσιολογικές απαιτήσεις σε σύγκριση με αγώνες αθλοπαιδιών, βασισμένα στις ιδιαιτερότητες της ανάπτυξης και της ωρίμανσης του νεαρού αθλητή. Σε αυτά τα πρωτόκολλα που σχεδιάστηκαν, δεν δόθηκε σημασία στο μεταβολικό φορτίο που δημιουργείται στον κάθε συμμετέχοντα. Οι εντάσεις που υιοθετούν δεν είναι ατομικά σχεδιασμένες ώστε να προκαλούν παρόμοιες απαιτήσεις για κάθε δοκιμαζόμενο. Εν ολίγοις, είναι σημαντικό να σχεδιαστεί διαλειμματικό πρωτόκολλο για να στοχεύει στις ιδιαιτερότητες του αθλήματος και ταυτόχρονα του κάθε αθλητή.

2.10 Πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια παρατεταμένης διαλειμματικής άσκησης

Προασκησιακό γεύμα

Η επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη στην αθλητική απόδοση. Στα παιδιά μελέτες που να εξετάζουν την επίδραση του γλυκαιμικού δείκτη κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι ανύπαρκτες. Σε έφηβες γυναίκες, χωρισμένες σε υπέρβαρες και φυσιολογικού βάρους, εξετάστηκε η επίδραση του υψηλού και χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη στην ηρεμία και στην άσκηση (Zarkzewski et al. 2012). Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη, στις γυναίκες με φυσιολογικό βάρος δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην οξείδωση

του λίπους κατά τη διάρκεια της άσκησης σε σχέση με τις υπέρβαρες γυναίκες. Ωστόσο, είναι γνωστό πως οι έφηβοι αθλητές οξειδώνουν περισσότερο λίπος κατά τη διάρκεια της άσκησης και δεδομένου ότι ο χαμηλός γλυκαιμικός δείκτης προάγει την οξείδωση των λιπών, είναι πιθανόν οι νεαροί αθλητές να επωφεληθούν από την κατανάλωση προ-ασκησιακού γεύματος χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη.

Η χρήση του λίπους. Στα παιδιά λόγω του ρίσκου για παχυσαρκία είναι δύσκολο να γίνουν μελέτες που να εξετάζουν την επίδραση προ-ασκησιακού γεύματος υψηλού σε λίπη. Από την άλλη πλευρά είναι ενδιαφέρον να εξεταστεί σε νεαρούς αθλητές η επίδραση του πορασκησιακού γεύματος υψηλό σε λίπη, αφού οι έφηβοι και τα παιδιά έχουν μικρότερα αποθέματα γλυκογόνου, περιορισμένο γλυκολυτικό σύστημα και στηρίζονται περισσότερο στην καύση του λίπους. Ίσως με την χρήση μη κορεσμένων λιπαρών να καταστεί δυνατό να διερευνηθεί η επίδραση της κατανάλωσης λίπους πριν από την άσκηση, στην απόδοση και αντοχή του νεαρού αθλητή αφού γνωρίζουμε ότι τα λίπη είναι το προτιμώμενο καύσιμο στην παιδική και εφηβική ηλικία (Timmons, Bar-or & Riddell, 2007, Aucouturier, Baker & Duche' P, 2008).

Είναι ολοφάνερο πως υπάρχει τεράστιο κενό στον παιδικό πληθυσμό, όσον αφορά την επίδραση της διατροφής στην απόδοση την στιγμή που υπάρχουν

πολλές ιδιαιτερότητες από πλευράς μεταβολισμού σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης μέχρι την ενηλικίωση. Ως τώρα, πολλές διατροφικές οδηγίες για την απόδοση στηρίζονταν στην βιβλιογραφία των ενηλίκων. Χρήζει λοιπόν συστηματικής διερεύνησης η επίδραση της αθλητικής διατροφής, με σκοπό την δημιουργία κατευθυντήριων οδηγιών βάσει των ιδιαιτεροτήτων των παιδιών (Petrie, Stover & Horswill 2004, Nemet & Eliakim 2009, Meyer et al. 2007, Aucouturier, Baker & Duche' P 2008, Phillips, 2012).

Υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Στον παιδικό πληθυσμό οι μελέτες που εξετάζουν την επίδραση των υδατανθράκων στην σωματική απόδοση είναι ελάχιστες και μόλις πρόσφατες (Phillips et al. 2010, 2012). Οι περισσότερες συστάσεις στηρίζονται σε εμπειρικές παρατηρήσεις ή ακολουθούν τις συστάσεις των ενηλίκων σύμφωνα με τις οποίες η πρόσληψη υδατανθράκων είναι περίπου 60g/kg (Jeukendrup 2008). Η πρώτη μελέτη που εξέτασε την επίδραση των υδατανθράκων σε διαλειμματική άσκηση σε έφηβους αθλητές είναι των Phillips και συνεργατών (2010). Στην μελέτη αυτή 15 έφηβοι αθλητές 12-14 χρονών ασκήθηκαν σε υπαίθριο πρωτόκολλο (LIST) που προσομοιάζει αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 60 λεπτών. Το συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι 6% διάλειμμα υδατανθράκων-ηλεκτρολυτών βελτίωσε την αερόβια αντοχή των έφηβων αθλητών.

Στη συνέχεια, οι ίδιοι ερευνητές, με το σκεπτικό ότι δεν υπάρχει ακριβής δοσολογία στους νεαρούς αθλητές 12-14 χρονών που συμμετέχουν σε ομαδικά αθλήματα, προσπάθησαν να βρουν την βέλτιστη δοσολογία που θα ωφελήσει την απόδοση σε παρατεταμένη διαλειμματική άσκηση (Phillips et al. 2012). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, 6% διάλυμα υδατανθράκων βελτίωσε την αερόβια απόδοση σε σχέση με το 10% διάλυμα που αντιστοιχεί σε δοσολογία ενηλίκων. Χρειάζονται περισσότερες μελέτες σε αυτήν την κατεύθυνση, εξετάζοντας την κόπωση και πώς αυτή μπορεί να μειωθεί με την χρήση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν στις μελέτες σε νηστεία χωρίς προ-ασκησιακό γεύμα. Επομένως, είναι σημαντικό να εξετασθεί εάν η παροχή πρωινού γεύματος πριν από την άσκηση επηρεάζει την απόδοση των έφηβων αθλητών.

Η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων. Στον παιδικό πληθυσμό δυστυχώς δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να εξετάζουν την επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια του αγώνα (Phillips, 2012). Οι Marjerrison και συνεργάτες (2007) εξέτασαν σε αγόρια 9-12 χρονών, την επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων 30 λεπτά πριν την εκτέλεση τεσσάρων αναερόβιων δοκιμασιών (Wingate test). Στην μελέτη υπήρχαν 2 συνθήκες, στη μία χορηγήθηκε ποτό υδατανθράκων με (1g

CHO/kg) και στην άλλη συνθήκη εικονικό ποτό (placebo). Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην κορυφαία παραγόμενη ισχύ μεταξύ των συνθηκών, εύρημα που είναι απορίας άξιο, από την στιγμή που ο παιδικός πληθυσμός έχει δειχθεί ότι υστερεί στα αποθέματα υδατανθράκων και έχει περιορισμένο γλυκολυτικό σύστημα, αλλά από την άλλη πλευρά, καταναλώνει σε μεγαλύτερο βαθμό τους εξωγενείς υδατάνθρακες (Riddell 2008, Petrie, Stover & Horswill 2004, Nemet & Eliakim 2009). Μόνο μια μελέτη προσπάθησε να ελέγξει και να καταγράψει την διατροφή σε έφηβους ηλικίας 14-16 ετών (Hendelman et al. 1997). Σε αυτήν την μελέτη δόθηκε ειδικό γεύμα 3 ώρες πριν την άσκηση (250 kcal, 40g CHO, 9g πρωτεΐνης, 6g λίπους). Έπειτα, δόθηκαν σνακ 10 λεπτά πριν από την άσκηση περιεκτικότητας στην μία συνθήκη (280 kcal, 36 g CHO, 4g protein, 14g fat), στην επόμενη (200 kcal, 44 g CHO, 2g protein, 0g fat), ενώ στην τρίτη συνθήκη δόθηκε εικονικό ποτό. Κατά τη διάρκεια της άσκησης χορηγήθηκε μόνο νερό. Το πρωτόκολλο ήταν διάρκειας 75 λεπτών με ένταση στο 60% VO₂max και ακολούθησε δοκιμασία απόδοσης με σκοπό να καλύψουν όσο πιο γρήγορα την απόσταση 2,5 χιλιομέτρων. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην δοκιμασία απόδοσης μεταξύ των συνθηκών. Κάποιες από τις αδυναμίες της συγκεκριμένης μελέτης αποτελεί ή έλλειψη ελέγχου του ενεργειακού περιεχομένου των σνακ. Επίσης, οι ποσότητες υδατανθράκων που

χορηγήθηκαν ήταν σε απόλυτες τιμές και όχι προσαρμοσμένες βάσει της σωματικής μάζας. Έως τώρα, δεν έχει εξεταστεί η επίδραση του προ-ασκησιακού γεύματος στην αθλητική απόδοση στα έφηβα παιδιά. Στην μοναδική μελέτη που δόθηκε προ-ασκησιακό γεύμα, το δείγμα δεν ήταν ομοιογενές και οι συστάσεις δεν ήταν εξατομικευμένες με το σωματικό βάρος των αθλητών. Είναι σημαντικό να εξεταστεί η επίδραση του πρωινού γεύματος από την στιγμή που θεωρείται το πιο σημαντικό γεύμα της ημέρας για την αθλητική απόδοση και την υγεία.

2.11 Συμπέρασμα Ανασκόπησης

Συμπερασματικά, η κόπωση που προκαλεί ο αγώνας αθλοπαιδιών οδηγεί σε μείωση της αθλητικής απόδοσης. Οι κυριότερες αιτίες κόπωσης στην διαλειμματική άσκηση παρατεταμένης διάρκειας είναι η μείωση του γλυκογόνου, η αφυδάτωση, η υπερθερμία, η πτώση του pH και των επιπέδων της φωσφοκρεατίνης. Η προέλευση της κόπωσης σε αυτό το είδος άσκησης μπορεί να είναι είτε περιφερική είτε κεντρική ή ακόμη και τα δύο. Κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης η κόπωση οδηγεί σε μείωση της απόδοσης, η οποία εξετάζεται με επαναλαμβανόμενες υπερμέγιστες προσπάθειες, με δυναμομετρήσεις του ποδιού και με το παλίνδρομο τρέξιμο. Η μυϊκή κόπωση που προκαλείται στα αθλήματα που χρησιμοποιούν διαλειμματική άσκηση επηρεάζει την τεχνική ικανότητα των

αθλητών, την λήψη αποφάσεων, την νοητική κατάσταση τους. Επιπλέον, η μυϊκή κόπωση οδηγεί σε μείωση της έντασης προς το τέλος του αγώνα και σε μείωση της καλυπτόμενης απόστασης.

Στα ομαδικά αθλήματα, οι μεταβολικές και φυσιολογικές αποκρίσεις είναι αρκετά μεγάλες. Το κυριότερο ενεργειακό υπόστρωμα είναι το γλυκογόνο το οποίο φαίνεται να μειώνεται περίπου 40-50% στους ενήλικες μετά από 60 λεπτά άσκησης, με συνέπεια να ευθύνεται για την εμφάνιση της κόπωσης. Οι ενήλικες αθλητές ποδοσφαίρου καλύπτουν 10-12 χιλιόμετρα ανά αγώνα. Το μεταβολικό φορτίο σε αγώνα ποδοσφαίρου είναι γύρω στο 75% $\text{VO}_{2\text{max}}$, με την καρδιακή συχνότητα να κυμαίνεται στο 85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, ενώ πολλές φορές οι τιμές προσεγγίζουν και την μέγιστη κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι ποδοσφαιριστές ηλικίας 13-15 χρονών καλύπτουν περίπου 7,5-8,5 χιλιόμετρα ανά αγώνα, ενώ οι ηλικίες 16-18 περίπου 9 χιλιόμετρα ανά αγώνα. Σε νεαρούς αθλητές, μέσα από τις ελάχιστες μελέτες που εξετάζουν τις φυσιολογικές τους αποκρίσεις, φαίνεται πως κατά τη διάρκεια του αγώνα ποδοσφαίρου, η μέση τιμή της καρδιακής συχνότητας υπερβαίνει το >80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας για ποδοσφαιριστές ηλικίας 14 χρονών, ενώ το ποσοστό κατανάλωσης οξυγόνου κυμαίνεται στο 80% της μέγιστης

πρόσληψης οξυγόνου σε υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές.

Εξαιτίας του μεγάλου ενδιαφέροντος για τις μεταβολικές απαιτήσεις των ομαδικών αθλημάτων και κυρίως του ποδοσφαίρου, σχεδιάστηκαν πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης με σκοπό να προσομοιάζουν τις φυσιολογικές απαιτήσεις. Στους ενήλικες υπάρχουν αρκετά πρωτόκολλα είτε σε εργαστηριακές συνθήκες είτε σε υπαίθριο περιβάλλον. Στα παιδιά, πολύ πρόσφατα σχεδιάστηκε πρωτόκολλο προσομοίωσης αγώνα ποδοσφαίρου, απουσιάζει όμως από την βιβλιογραφία πρωτόκολλο σε εργαστηριακό περιβάλλον, με στόχο να γίνονται διατροφικές παρεμβάσεις για την βελτιστοποίηση της απόδοσης, τον έλεγχο της επίδρασης της προπόνησης στις φυσιολογικές αποκρίσεις και την σωματική απόδοση σε αθλητές αθλοπαιδιών ηλικίας 12-15 ετών.

Σύμφωνα με πληθώρα μελετών, η πρόσληψη υδατανθράκων 3-4 ώρες πριν τον αγώνα είναι ευεργετική για την αποθήκευση μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου και την απόδοση. Το προ-ασκησιακό γεύμα διαφορετικό σε γλυκαιμικό δείκτη δεν ωφελεί την απόδοση, παρόλο που προκαλεί διαφορετικές μεταβολικές αποκρίσεις. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η πρόσληψη υδατανθράκων βελτιώνει την απόδοση, διατηρώντας τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος. Με την πρόσληψη υδατανθράκων διατηρούνται τα αποθέματα του γλυκογόνου διότι οξειδώνονται κυρίως οι εξωγενείς υδατάνθρακες. Τέλος, η συν-

δυσαστική πρόσληψη υδατανθράκων ίσως ωφελεί στην απόδοση. Συγκεκριμένα στους ενήλικες, η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων βελτιώνει τον χρόνο σε δοκιμασία εξάντλησης, από την άλλη πλευρά δεν παρουσιάζει βελτίωση σε δοκιμασία που χρειάζεται να καλυφτεί η απόσταση όσο το δυνατό γρηγορότερα (time trial). Στα παιδιά οι μελέτες διατροφικής παρέμβασης είναι ελάχιστες παρόλο που παρουσιάζουν πολλές ιδιαιτερότητες ανάλογα με την ηλικία και την ωρίμανση. Η κύρια αιτία που δεν διεξάγονται πολλές μελέτες είναι λόγω δεοντολογίας, αφού δεν είναι δυνατή η χρήση μυϊκής βιοψίας. Οι περισσότερες μελέτες για τον νεαρό αθλητή στηρίζονται στις διατροφικές συστάσεις των ενηλίκων. Πολύ πρόσφατα δημιουργήθηκαν μελέτες που εξέτασαν την επίδραση των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Σε αυτές τις μελέτες δεν εξετάστηκε η επίδραση του πρωτεϊνικού γεύματος που είναι πολύ σημαντικό γεύμα για τον αθλητή. Χρειάζονται περισσότερες μελέτες προς αυτήν την κατεύθυνση με σκοπό να δημιουργηθούν συστάσεις διατροφής βασισμένες στις ιδιαιτερότητες τους ανάλογα με την ηλικία και την ωρίμανση

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Δείγμα

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 9 νεαροί αθλητές ποδοσφαίρου. Πρίν την απότομη αύξηση ύψους, που υποδηλώνει την έναρξη της ωρίμανσης. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, χωρίς προβλήματα τραυματισμών και συμμετείχαν σε αθλητικές δραστηριότητες τουλάχιστον 2-3 φορές την εβδομάδα για πάνω από 2 χρόνια. Οι δοκιμαζόμενοι δεν ασκήθηκαν έντονα 48 ώρες πριν από την συμμετοχή τους στην έρευνα.

3.2 Προκαταρτικές διαδικασίες.

Η μελέτη έχει την άδεια της επιτροπής δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών για την διεξαγωγή της. Πριν τη συμμετοχή στην έρευνα, έντυπο συγκατάθεσης με αναλυτική περιγραφή της μελέτης, το σκοπό, τη φύση των δοκιμασιών καθώς και για τους πιθανούς κινδύνους και οφέλη δόθηκε σε όλους τους αθλητές και στους γονείς/κηδεμόνες τους. Για την συμμετοχή ήταν απαραίτητη η έγγραφη συγκατάθεση του γονέα/κηδεμόνα και του δοκιμαζόμενου. Οι δοκιμαζόμενοι επισκέφτηκαν το εργαστήριο σε 4 διαφορετικές ημέρες. Την πρώτη ημέρα επίσκεψης στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, η δοκιμασία αναερόβιας απόδοσης (wingate anaerobic

test), οι σωματομετρήσεις και ο υπολογισμός της έναρξης της ωρίμανσης μέσω ειδικών εξισώσεων. Την δεύτερη ημέρα έγινε η δοκιμασία εξάντλησης και η εξοικείωση του δοκιμαζόμενου με το διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης. Την τρίτη, και τέταρτη μέρα οι μετρήσεις με την διατροφική παρέμβαση. Εντός του μηνός από την αρχική επίσκεψη των δοκιμαζόμενων, πραγματοποιήθηκαν οι πειραματικές συνθήκες, για την ελαχιστοποίηση της επίδρασης της ωρίμανσης.

3.2.1 Σωματομετρήσεις-υπολογισμός έναρξης ωρίμανσης.

Η μέτρηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών έγινε με ζυγαριά, Balance SALUS, Italy. Το σωματικό βάρος και ύψος υπολογίστηκαν με ακρίβεια 100g και 1cm, αντίστοιχα. Η λιπομέτρηση διεξήχθη με την μέθοδο της βιοηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στον καρπό στα δάχτυλα του χεριού και του ποδιού και στον αστράγαλο. Η έναρξη της ωρίμανσης προσδιορίστηκε μέσω εξισώσεων για αγόρια (Mirwald et al. 2002), έναρξη ωρίμανσης = $-9.236 + 0.0002708 (\text{μήκος ποδιού } X \text{ καθιστό ύψος}) - 0.001663 (\text{ηλικία } X \text{ μήκος ποδιού}) + 0.007216 (\text{ηλικία } X \text{ καθιστό ύψος}) + 0.02292 (\text{βάρος/ύψος})$.

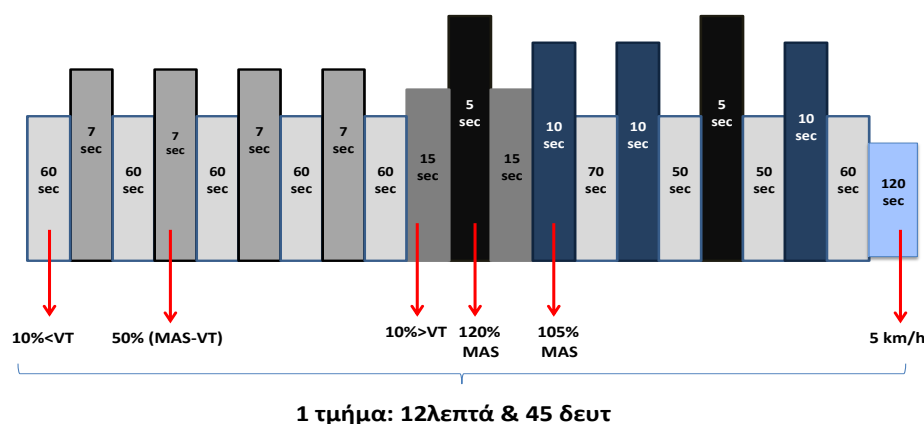
3.2.2 Προσδιορισμός της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου—αναιρόβιου κατωφλιού

Η δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$) πραγματοποιήθηκε σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym, Italy) με ανοιχτό σύστημα εργοσπιρομετρίας (Medgraphics, CPX/D). Η αρχική ταχύτητα ήταν 5km/h με προοδευτική αύξηση 1km/h κάθε λεπτό, μέχρι την εξάντληση του δοκιμαζόμενου. Ως μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ορίστηκε η μέγιστη τιμή των 30 δευτερολέπτων στο τελευταίο στάδιο της εργομέτρησης. Τα κριτήρια επίτευξης της $\dot{\text{V}}\text{O}_{\text{peak}}$ ήταν α) $\text{RER} \geq 1.15$ β) $\text{M.K.}\Sigma > 95\%$ της προβλεπόμενης βάσει της ηλικίας γ) RPE. Η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας έγινε με καρδιοσυχνόμετρο (Polar, S-810, Finland). Η μέγιστη αερόβια ταχύτητα υπολογίστηκε ως εξής, $\text{MAS} = \frac{S_f + (t/60 * 1)}{t}$. S_f = η ταχύτητα του τελευταίου ολοκληρωμένου σταδίου, t = τα τελευταία δευτερόλεπτα που διήρκεσε το ανολοκλήρωτο στάδιο. Το αναπνευστικό κατώφλι καθορίστηκε με τα αναπνευστικά ισοδύναμα VE/VO_2 , VE/VCO_2 , ως η

αύξηση του VE/VO_2 χωρίς την ταυτόχρονη άνοδο του VE/VCO_2 (Wasserman & McIlroy, 1964).

3.2.3 Δοκιμασία αναερόβιας απόδοσης

Η αναερόβια δοκιμασία Wingate πραγματοποιήθηκε σε ειδικό κυκλοεργόμετρο (Monark 818E, Stockholm, Sweden) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής των αριθμών των περιστροφών (rpm), ταχύτητα (km/h). Η συνολική διάρκεια της δοκιμασίας ήταν 10 δευτερολέπτων με επιβάρυνση 0,075kg·σωματικού βάρους. Η δοκιμασία ξεκίνησε μόλις ο δοκιμαζόμενος έφτασε τις 60 περιστροφές χωρίς επιβάρυνση. Με αντίστροφη μέτρηση «3-2-1 πάμε» εφαρμόστηκε η επιβάρυνση με τους δοκιμαζόμενους να ποδηλατούν με μέγιστη προσπάθεια. Η δοκιμασία αναερόβιας απόδοσης διεξήχθη 20 λεπτά πριν την δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου για να διασφαλιστεί η πλήρης αποκατάσταση του δοκιμαζόμενου.



•2x τμήματα = 1 ημίχρονο
 •2 ημίχρονα $\Rightarrow$ 49min
 •15 min διάλειμμα

VT: Αναπνευστικό κατώφλι

MAS: Μέγιστη αερόβια ταχύτητα

3.1 Σχεδιάγραμμα. Διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης.

3.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

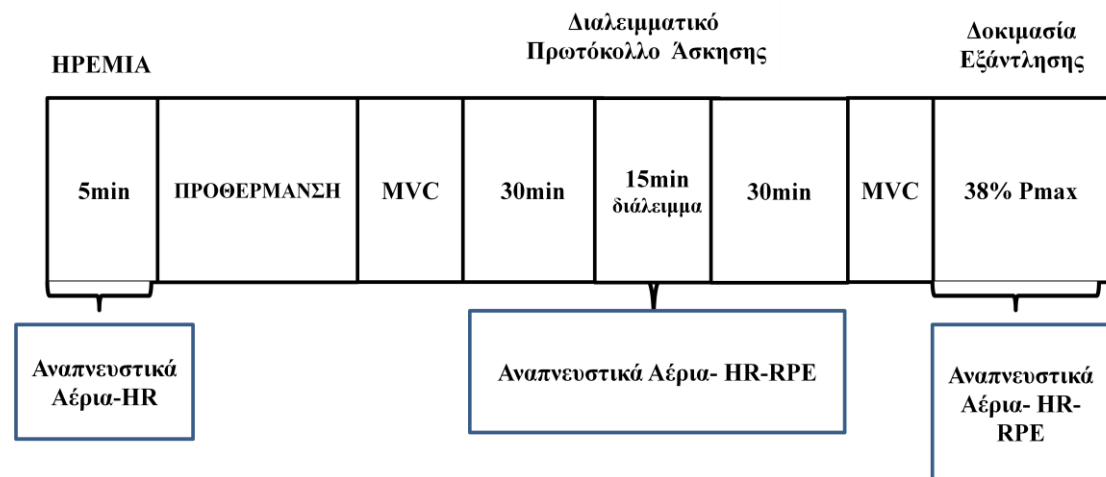
3.3.1 Πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης

Το διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης που σχεδιάστηκε για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται στο σχεδιάγραμμα 3.1. Σχεδιάστηκε σύμφωνα με μελέτες κινητικής ανάλυσης κατά τη διάρκεια επίσημου ποδοσφαιρικού αγώνα, οι οποίες συνοψίζονται στον Πίνακα 2.1. Ο κάθε δοκιμαζόμενος πραγματοποίησε τις 2 συνθήκες που απεικονίζονται στα σχεδιαγράμματα (3.2-3.3) σε τυχαία σειρά και αντισταθμισμένα. Οι δοκιμαζόμενοι για κάθε συνθήκη προσήλθαν στο εργαστήριο 30 λεπτά νωρίτερα από την έναρξη του πειράματος, για τον έλεγχο του σωματικού βάρους. Αναλυτικά οι συνθήκες: Στην πειραματική συνθήκη, οι

δοκιμαζόμενοι συνδέθηκαν με ειδικό στόμιο για την συλλογή αναπνευστικών αερίων. Έγινε καθ' όλη την διάρκεια καταγραφή της καρδιακής συχνότητας. Ακολούθως, εκτελέστηκαν οι δυναμομετρήσεις στο άνω και κάτω άκρο πριν από την άσκηση. Έπειτα ακολούθησε το διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης μέγιστης διάρκειας άσκησης 60 λεπτών, όπου στο ενδιάμεσο παρεμβλήθη διάλειμμα 15 λεπτών. Αμέσως μετά το τέλος της διαλειμματικής άσκησης εκτελέστηκαν οι προαναφερθείσες δυναμομετρήσεις στο άνω και κάτω άκρο και στη συνέχεια η δοκιμασία εξάντλησης στο κυκλοεργόμετρο στις 70 περιστροφές στο 38% Pmax (Lode, Groningen, Holland). Κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης κάθε 5 λεπτά,

καταγραφόταν η αντιλαμβανόμενη προσπάθεια, με ειδική 10βάθμια κλίμακα ειδικά προσαρμοσμένη για παιδιά (Armstrong 2007). Στην συνθήκη ελέγχου, πραγματοποιήθηκε μόνο η δοκιμασία

απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο στις 70 περιστροφές στο 38% Pmax (Lode, Groningen, Holland) χωρίς να έχει παρεμβληθεί η διαλειμματική άσκηση.



3.2 Σχεδιάγραμμα. Πειραματική συνθήκη.



3.3 Σχεδιάγραμμα. Συνθήκη ελέγχου για την δοκιμασία απόδοσης.

3.3.2 Διατροφική παρέμβαση

Πραγματοποιήθηκε διατροφική παρέμβαση ελέγχοντας το προασκησιακό γεύμα (πρωινό) των αθλητών και συγχρόνως παρεμβαίνοντας με υδατάνθρακες ή εικονικό ποτό κατά τη διάρκεια της άσκησης. Συγκεκριμένα, ο πειραματικός σχεδιασμός αποτελείτο από δύο συνθήκες. Α) Η συνθήκη με το πρωινό υδατανθράκων (2,2 g/kg*ΣΒ) πριν την άσκηση και τη χορήγηση εικονικού

ποτού κατά τη διάρκεια της άσκησης (Placebo) και β) η συνθήκη με το πρωινό υδατανθράκων (2,2 g/kg *ΣΒ) πριν την άσκηση και χορήγηση συμπληρώματος υδατανθράκων (CHO) κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Πριν την άσκηση δόθηκε ακριβής δοσολογία πρωινού γεύματος ανάλογα με την σωματική μάζα του κάθε δοκιμαζόμενου. Για την ακρίβεια, 3 ώρες πριν την άσκηση δόθηκε πρωινό με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (67%

CHO, 25% P, 8% Fat) σε μορφή δημητριακών, γάλα και μπανάνα 100g (2,2 g/kg*ΣΒ). Το προασκησιακό γεύμα και στις δύο συνθήκες ήταν ίσο σε περιεκτικότητα υδατανθράκων, λίπους, πρωτεϊνών και θερμίδων.

Δεκαπέντε λεπτά πριν την άσκηση δόθηκε ποτό υδατανθράκων ή εικονικό ποτό. Για το εικονικό ποτό, το οποίο αποτελείτο από νερό που εμπεριείχε γλυκαντική ουσία κενή θερμίδων η δοσολογία ήταν 5ml/kg*ΣΒ και για το ποτό υδατανθράκων ήταν επίσης 5ml/kg*ΣΒ σε 6% διάλυμα υδατανθράκων. Κατά τη διάρκεια της

άσκησης, δόθηκε ποτό ποσότητας 2ml/kg*ΣΒ και για τις δύο συνθήκες με τη διαφορά ότι το ποτό υδατανθράκων ήταν σε διάλυμα 6% υδατανθράκων ενώ το εικονικό ποτό ήταν παρόμοιο του εικονικού ποτού το οποίο χορηγήθηκε πριν την άσκηση (**Πίνακας 3.1.**) Ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους να καταγράψουν την διατροφή τους για την τελευταία ημέρα πριν την εκτέλεση της πρώτης πειραματικής συνθήκης, ώστε να ακολουθηθεί η ίδια διατροφή και στην επόμενη επίσκεψη.

Πίνακας 3.1. Χαρακτηριστικά παρεχόμενων ποτών κατά τη διάρκεια της άσκησης

Χαρακτηριστικά ποτού	Ποτό Υδατανθράκων (διάλυμα ύδατος)	Εικονικό ποτό (διάλυμα ύδατος)
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ml)	500	500
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kcal)	125	
ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ (g)	30	
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ (g)		
NATRIO (g)	0,26	

3.3.3 Συνθήκη εικονικού ποτού (PLC)

Οι δοκιμαζόμενοι κατα-ναλώσαν 3 ώρες πριν την ασκησιακή δοκιμασία το πρωινό γεύμα που προαναφέρθηκε. Όταν προσήλθαν στο εργαστήριο τους χορηγήθηκε νερό με γλυκαντική ουσία 15 λεπτά πριν την έναρξη του πειράματος ίσο σε ποσότητα με την συνθήκη υδατανθράκων. Έπειτα ακολούθησε προ-

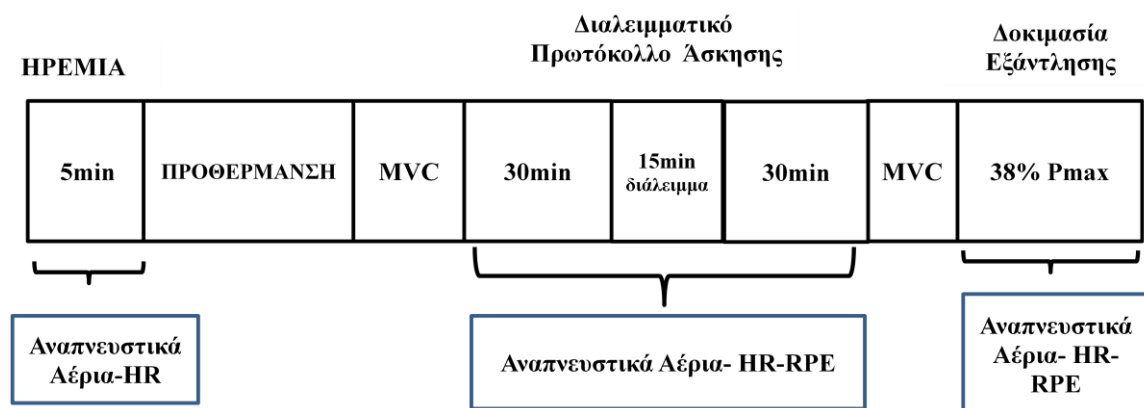
θέρμανση διάρκειας 10 λεπτών, στη συνέχεια δυναμομετρήσεις (άνω-κάτω άκρο), διατάσεις, καταγραφή των τιμών ηρεμίας για τα αναπνευστικά αέρια και την καρδιακή συχνότητα και έναρξη της διαλειμματικής άσκησης στο δαπεδοεργόμετρο. Κατά τη διάρκεια της άσκησης κάθε 15-20 λεπτά δόθηκε το εικονικό ποτό που θα ήταν ίσο σε ποσότητα με το ποτό υδατανθράκων (2ml/kg*ΣΒ). Καταγραφή

Αναπνευστικών αερίων έγινε ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αμέσως μετά το τέλος της άσκησης εκτελέστηκαν ξανά οι δυναμομετρήσεις και ολοκληρώθηκαν σε διάστημα χρόνου 5-7 λεπτών και ακολούθησε η δοκιμασία απόδοσης.

3.3.4 Συνθήκη υδατανθράκων (CHO)

Αφού πρώτα κατανάλωσαν πριν 3 ώρες το πρωινό γεύμα ίσης θερμιδικής αξίας και σε ποσοστό υδατανθράκων με την συνθήκη εικονικού ποτού. Όταν προσήλθαν στο εργαστήριο δόθηκε ποτό υδατανθράκων 15 λεπτά πριν την έναρξη του πειράματος ίσο σε ποσότητα με την συνθήκη εικονικού ποτού. Έπειτα ακολούθησε προθέρμανση διάρκειας 10

λεπτών, στη συνέχεια δυναμομετρήσεις (άνω-κάτω άκρο), διατάσεις, καταγραφή των τιμών ηρεμίας για τα αναπνευστικά αέρια και την καρδιακή συχνότητα και έναρξη της διαλειμματικής άσκησης στο δαπεδοεργόμετρο. Κατά τη διάρκεια της άσκησης κάθε 15-20 λεπτά δόθηκε το ποτό υδατανθράκων που ήταν ίσο σε ποσότητα με το εικονικό ποτό. Καταγραφή αναπνευστικών αερίων έγινε ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αμέσως μετά το τέλος της άσκησης εκτελέστηκαν ξανά οι δυναμομετρήσεις και ολοκληρώθηκαν σε διάστημα χρόνου 5-7 λεπτών. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία εξάντλησης.



3.4. Συνθήκες ελέγχου και παρέμβασης (PLACEBO-CHO).

3.2 Όργανα, μετρήσεις και υπολογισμοί

3.2.1 Αναπνευστικοί παράμετροι

Τα αναπνευστικά αέρια ($\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, RER, VE) καταγράφηκαν μέσω του ανοιχτού κυκλώματος σπυρομετρίας (Medgraphics, CPX/D, USA) σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πριν από κάθε μέτρηση έγινε βαθμονόμηση του πνευμοταχογράφου και των αναλυτών αερίων. Η βαθμονόμηση του πνευμοταχογράφου με μηδενική ροή αέρα και με ποσότητα αέρα ίση με 3 λίτρα που πραγματώνεται με ειδική αντλία (Medgraphics, USA). Η βαθμονόμηση των αναλυτών αερίων έγινε σχολαστικά με δύο διαφορετικής σύνθεσης αέρια τα οποία είναι: α) μείγμα αέρα με 21% O_2 και 0% CO_2 σε N_2 , β) μείγμα αέρα με 12% O_2 και 5% CO_2 σε N_2 .

3.2.2 Μέγιστη παραγόμενη ισχύ

Η μέτρηση της μέγιστης παραγόμενης ισχύος πραγματοποιήθηκε από ειδικό φωτοκύτταρο που είναι συνδεδεμένο στον τροχό του κυκλοεργόμετρου και μέσω ηλεκτρονικής συσκευής, το σήμα μεταβιβάζεται σε σύστημα επεξεργασίας του (MP 100A, BIOPAC System, Inc., USA).

3.2.3 Μετρήσεις δύναμης

Η μέτρηση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης του τετρακέφαλου μυός έγινε με τη χρήση τροποποιημένου καθίσματος

ειδικού για την ακινητοποίηση του σώματος του δοκιμαζόμενου. Η γωνία του γόνατος ήταν σταθερή σε 60° (0° = πλήρης έκτασης) κατά τη μέτρηση έκτασης του γόνατος. Με ειδικές ζώνες στον κορμό και στο ισχίο ο δοκιμαζόμενος ακινητοποιήθηκε και η δύναμη καταγράφηκε με ειδικό κύτταρο (LC-500F, Kyowa, Japan) στο πόδι και από ισομετρικό δυναμόμετρο (SS-25, BIOPAC Systems Inc.) στο χέρι. Για την δυναμομέτρηση στο χέρι, ο αγκώνας βρισκόταν ακινητοποιημένος σε γωνία κάμψη 90° ώστε να απομονωθεί η λειτουργία των καμπτήρων των δακτύλων ώστε να μην λειτουργούν παράλληλα ως καμπτήρες στην άρθρωση του αγκώνα (Kendall et al. 1993).

3.3 Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της ΚΣ, RPE, των αναπνευστικών αερίων, αναλύθηκαν με την χρήση ανάλυσης διασποράς διπλής κατεύθυνσης (λήψη υδατανθράκων ή εικονικού ποτού) για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Όταν το F ήταν στατιστικά σημαντικό έγινε έλεγχος Tuckey. Για την δοκιμασία απόδοσης και τις δυναμομετρήσεις πραγματοποιήθηκε 2x2 ANOVA για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (χρόνος x συνθήκη). Το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p \leq 0.05$. Η ανάλυση έγινε με τα στατιστικά πακέτα Statistica 5 και SPSS 21.

1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής. Αρχικά θα παρουσιαστούν τα ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων. Έπειτα, οι πίνακες διατροφής των δοκιμαζομένων. Στη

συνέχεια οι κύριες παράμετροι όπως ο χρόνος στη δοκιμασία εξάντλησης, οι δυναμομέτρησεις και οι δείκτες αντιλαμβανόμενης κόπωσης, η συνολική καλυπτόμενη απόσταση, η ΚΣ, ο δείκτης πληρότητας στομάχου.

Πίνακας 4.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος

A/A	ΗΛΙΚΙΑ (έτη)	ΒΑΡΟΣ (kg)	ΥΨΟΣ (cm)	ΩΡΙΜΑΝΣΗ (έτη)	%σωματικού λίπους
1	13,7	52,1	158,0	-1,00	9,01
2	13,3	44,1	162,0	-1,50	9,60
3	13,3	55,9	164,5	-1,35	8,80
4	12,8	53,5	168,0	-1,00	9,20
5	14,0	53,5	161,0	-1,30	12,20
6	13,4	52,5	162,5	-1,45	10,50
7	13,7	54,6	158,0	-1,16	10,50
8	12,9	52,9	156,0	-1,42	11,20
9	13,2	46,9	146,0	-1,97	13,10
M.O.	13,4	51,8	159,6	-1,40	10,40
σ (±)	0,4	3,8	6,3	0,30	1,48

Πίνακας 4.2. Φυσιολογικά χαρακτηριστικά του δείγματος

A/A	$\dot{V}O_{2peak}$ l/min	$\dot{V}O_{2peak}$ (ml/kg/min)	Αναπνευστικό κατώφλι (km/h)	MAS (km/h)	Pmax(10sec) (w/kg)
1	3,43	65,8	13	15,5	9,51
2	2,46	55,7	12	14,5	9,66
3	3,22	57,6	13	15	10,14
4	3,30	61,6	13	15	10,52
5	2,68	50,1	9	13,5	9,65
6	2,75	52,3	11	15	9,77
7	2,87	52,5	11	14	9,52
8	2,61	49,3	10	13	9,35
9	2,36	50,4	10	13	10,18
M.O.	2,9	55	11,3	14,3	9,8
σ (±)	0,4	5,7	1,5	0,9	0,4

Pmax: μέγιστη παραγόμενη ισχύς στο αναερόβιο τεστ wingate διάρκειας 10 δευτερολέπτων, **MAS:** μέγιστη αερόβια ταχύτητα (Maximal Aerobic Speed).

4.1 Χαρακτηριστικά του δείγματος

Τα φυσιολογικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1 και Πίνακα 4.2.

4.2 Χαρακτηριστικά διατροφής

Τα χαρακτηριστικά της της μέσης ενεργειακής πρόσληψης και των μακροθρεπτικών συστατικών που προσέλαβαν οι αθλητές την προηγούμενη μέρα πριν από την επίσκεψη στο εργαστήριο για την εκτέλεση των δύο πειραματικών συνθηκών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3. Μέση ενεργειακή πρόσληψη και μακροθρεπτικά συστατικά 1 ημέρα πριν την άσκηση και για τις δύο συνθήκες, (n=9), (M.O±σ).

	PLC	CHO	p
Ενέργεια (Kcal)	1466±208	1428±177	0,214
Υδατάνθρακες (g)	178,4±24,7	178,1±23,5	0,844
Υδατάνθρακες (%)	49,6±5,9	50,8±3,7	0,515
Πρωτεΐνη (g)	73,8±8,7	74,6±9,4	0,347
Πρωτεΐνη (%)	20,1±1,3	21,2±4,2	0,535
Λίπη (g)	52,3±11,1	51,6±10,8	0,662
Λίπη (%)	30,0±5,6	27,7±4,7	0,525

Η διατροφή των δοκιμαζομένων στις δύο συνθήκες δεν διέφερε σημαντικά ως προς τις θερμίδες (PLC:1466±208 Kcal, CHO 1428±177 Kcal) τα ποσοστά για τους υδατάνθρακες (PLC:49,6±5,9 & CHO:50,8±3,7), τις πρωτεΐνες (PLC: 20,1±1,3% & CHO: 21,2±4,2%) και τα λίπη (PLC:30,0±5,6% & CHO:27,7±4,7%)

Υπήρξαν σημαντικές μεταβολές στην απώλεια βάρους μετά την άσκηση και για τις 2 συνθήκες (p=0,001). Εντούτοις, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Δεν υπήρξε σημαντική διαφορά (p>0,05) μεταξύ των συνθηκών στο βάρος πριν την έναρξη της άσκησης (PLC: 52,2±3,5 CHO: 51,8±3,9).

4.3 Μεταβολές στο σωματικό βάρος

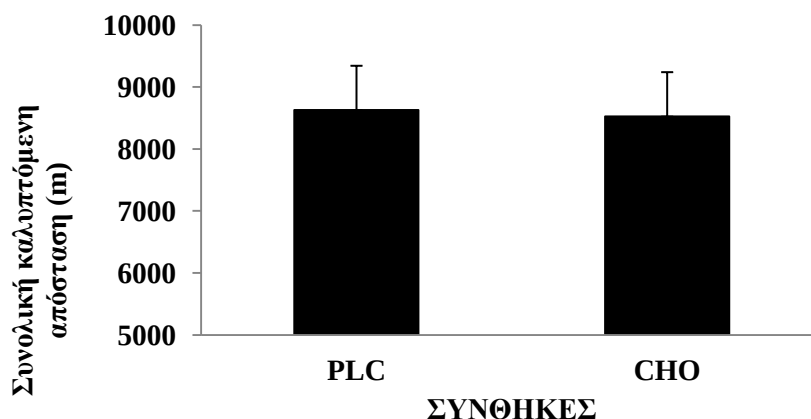
Πίνακας 4.4 Μεταβολές στη σωματική μάζα μετά την άσκηση και για τις δύο συνθήκες.

ΣΥΝΘΗΚΗ	ΔΣΒ (kg)	% ΔΣΒ
PLC	0,6±0,2	1,1±0,2
CHO	0,5±0,1	1,0±0,2

4.3 Συνολική καλυπτόμενη απόσταση

Η συνολική καλυπτόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια του διαλειμματικού πρωτοκόλλου άσκησης δεν διέφερε

σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών ($p=0,416$). Στην συνθήκη με την πρόσληψη υδατανθράκων οι δοκιμαζόμενοι κάλυψαν 8524 ± 824 μέτρα ενώ με την πρόσληψη εικονικού ποτού 8627 ± 717 μ..

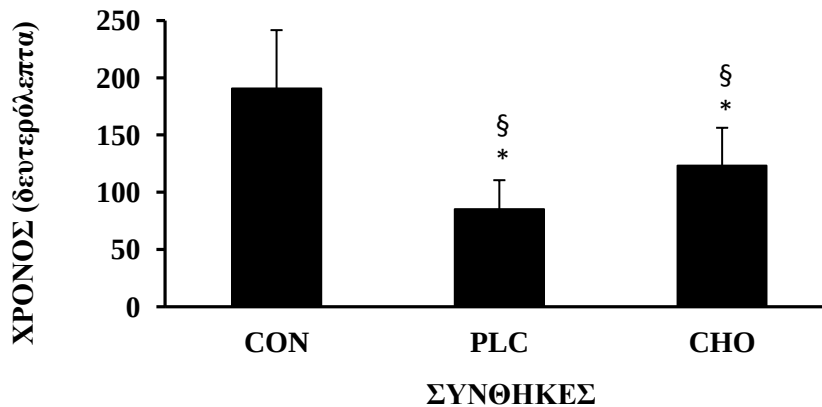


Σχήμα 4.1 Συνολική καλυπτόμενη απόσταση για τις 2 συνθήκες, ($n=9$), ($p=0,416$)

4.4 Δοκιμασία απόδοσης

Στην δοκιμασία απόδοσης ο χρόνος εξάντλησης των δοκιμαζομένων διέφερε σημαντικά και για τις τρεις συνθήκες: CON : 191 ± 51 , PLC :

85 ± 5 , CHO : 123 ± 33 . Η συνθήκη CON διέφερε με την PLC ($p=0.0001$) και με την CHO ($p=0.001$). Η συνθήκη CHO με την PLC επίσης διέφερε σημαντικά ($p=0.02$).

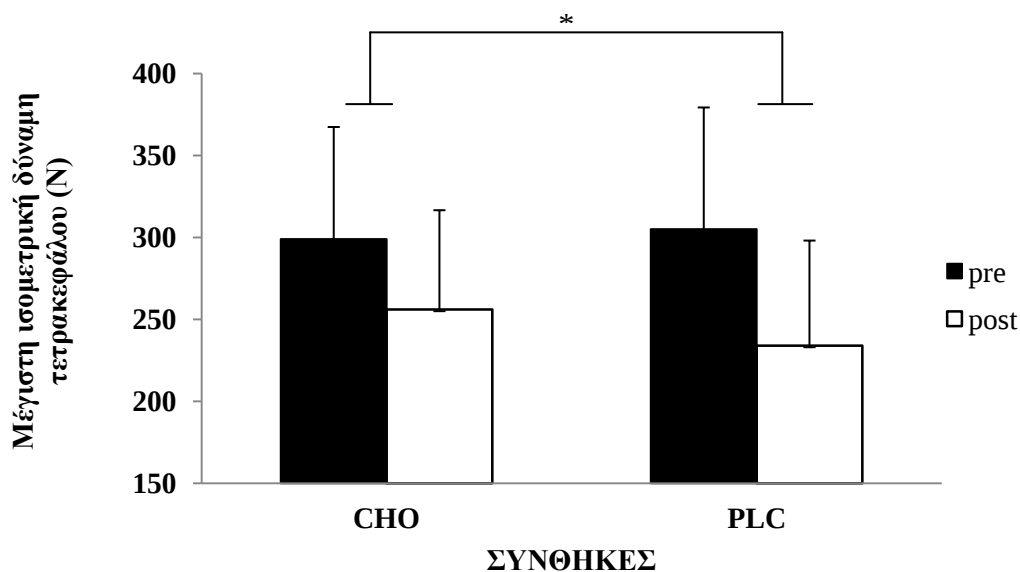


Σχήμα 4.2 Χρόνος εξάντλησης σε δευτερόλεπτα, στο κυκλοεργόμετρο για υδατάνθρακες (CHO), εικονικό ποτό (PLC) και συνθήκη ελέγχου (CON) (n=9). § σημαντική διαφορά από CON ($p < 0,001$). * σημαντική διαφορά μεταξύ PLC και CHO ($p=0,02$).

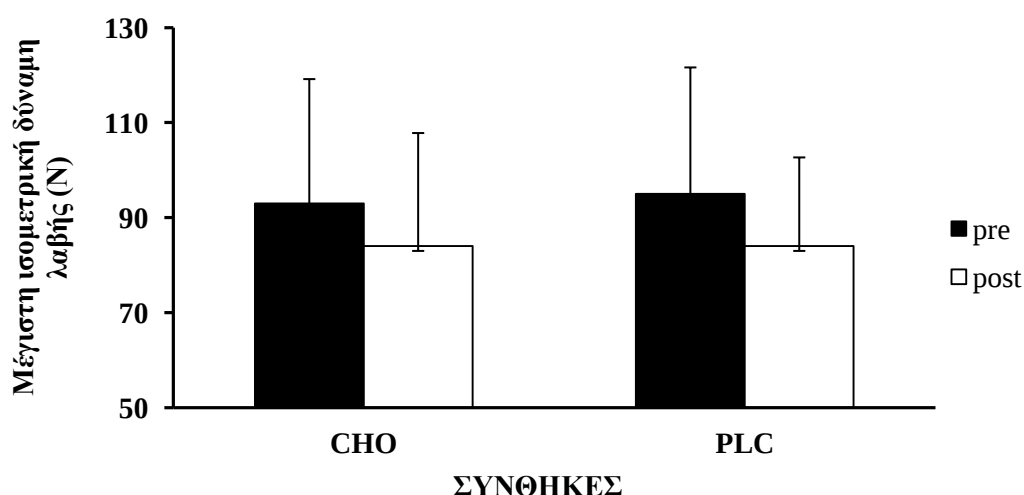
4.5 Δυναμομετρήσεις για άνω και κάτω άκρο

Στις δυναμομετρήσεις για τεχνικούς λόγους δεν έγινε δυνατό να καταγραφούν δεδομένα για έναν δοκιμαζόμενο. Η μέγιστη εθελούσια δύναμη για τον τετρακέφαλο μειώθηκε σημαντικά και στις δύο συνθήκες CHO (ΠΡIN: 299 ± 68 , META: 256 ± 61), PLC (ΠΡIN: 315 ± 74 , META: 245 ± 64) ($p=0,02$)

χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών. Το Δ MVC (CHO: 14,4%, PLC: 23,3%) για το κάτω άκρο μεταξύ των δύο συνθηκών είχε ισχυρή τάση για σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 συνθηκών ($p=0,053$). Η μέγιστη εθελούσια σύσπαση για το άνω άκρο δεν μειώθηκε σημαντικά ($p>0,05$) στις δύο συνθήκες CHO (ΠΡIN: 93 ± 26 , META: 84 ± 24), PLC (ΠΡIN: 92 ± 27 , META: 82 ± 19).



Σχήμα 4.3 Μέγιστη δύναμη κάτω άκρου πριν και αμέσως μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης και για τις δύο συνθήκες (n=8). Σημαντική πτώση της δύναμης και για τις 2 συνθήκες ($p=0,02$). Δ MVC μεταξύ των συνθηκών ($p=0,053$).



Σχήμα 4.4 Μέγιστη δύναμη άνω άκρου πριν και αμέσως μετά το πρωτόκολλο προσομοίωσης και για τις δύο συνθήκες (n=8). Δεν υπήρχε σημαντική πτώση της δύναμης και για τις 2 συνθήκες ($p>0,05$).

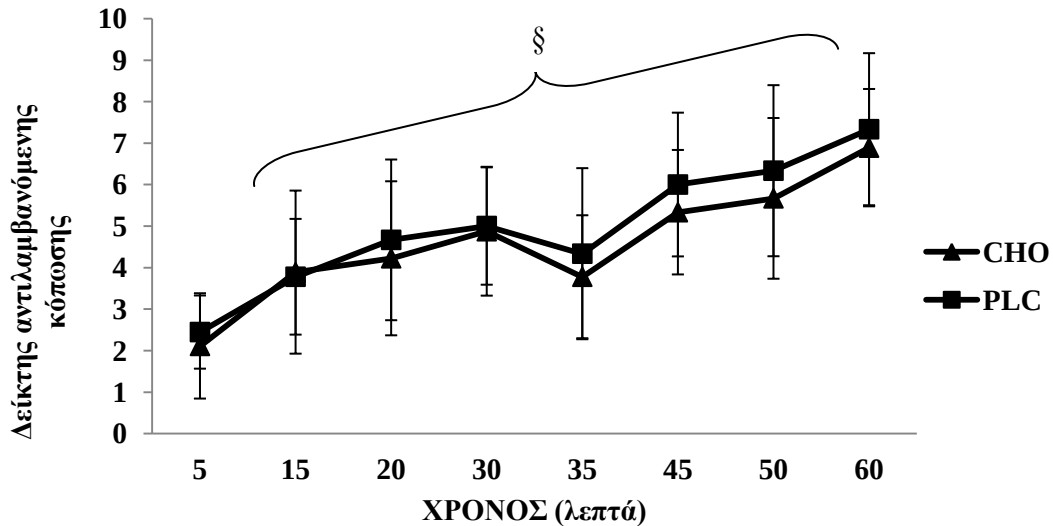
4.6 Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης στο πρωτόκολλο προσομοίωσης

Ο κεντρικός δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης ήταν σημαντικά υψηλότερος για το $12^\circ, 17^\circ, 30^\circ, 37^\circ, 42^\circ, 48^\circ$ της

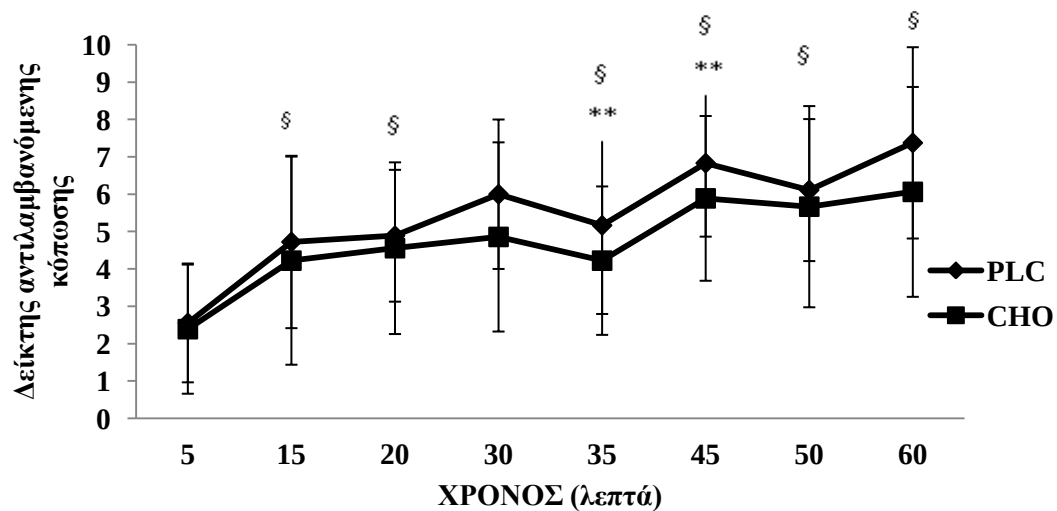
άσκησης σε σχέση με 5° λεπτά της άσκησης και για τις δύο συνθήκες. Δεν υπήρχε όμως στατιστική διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Ο τοπικός δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης ήταν σημαντικά υψηλότερος σε όλα τα χρονικά σημεία της άσκησης σε σχέση

με τα 5 πρώτα λεπτά της άσκησης και στις δύο συνθήκες. Στο 30^ο (CHO: 4 ± 2 , PLC: 5 ± 2) και 37^ο (CHO: 6 ± 2 , PLC: 7 ± 2) λεπτό ο τοπικός RPE ήταν

σημαντικά υψηλότερος στην συνθήκη εικονικού ποτού έναντι της πρόσληψης υδατανθράκων $p=0,050$.



Σχήμα 4.5 Απεικονίζονται (M.O.±σ) για τον δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης (κεντρικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης στις δύο συνθήκες ($n=9$). §: σημαντικά υψηλότερος RPE σε σχέση με τα πρώτα 5 λεπτά της άσκησης και για τις δύο συνθήκες. Δεν υπήρχε στατιστική διαφορά μεταξύ των συνθηκών.

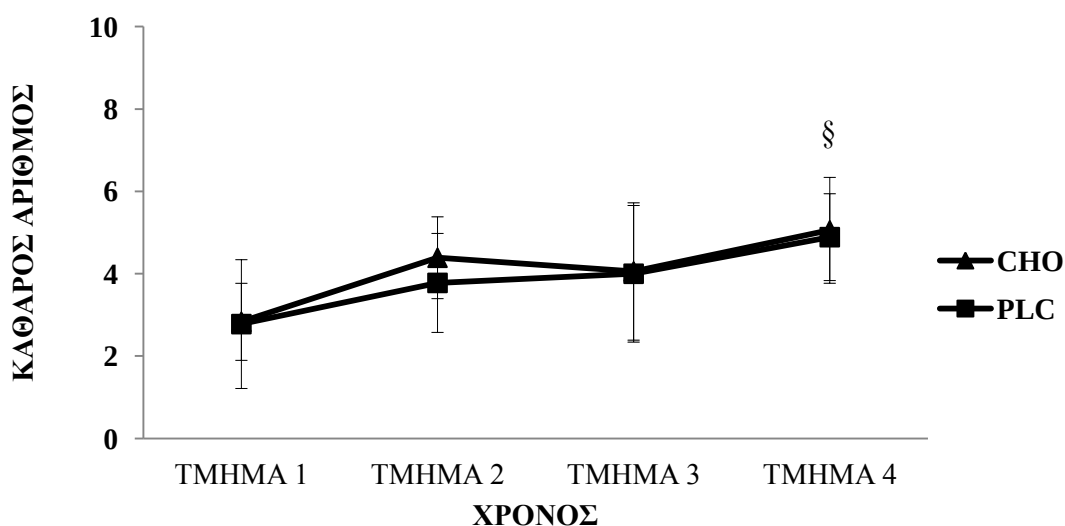


Σχήμα 4.6 Απεικονίζονται (M.O.±σ) για τον δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης (τοπικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης στις δύο συνθήκες ($n=9$). §: σημαντικά υψηλότερος RPE σε σχέση με τα πρώτα 5 λεπτά της άσκησης και για τις δύο συνθήκες. **: σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών ($p=0,050$).

4.7 Δείκτης πλήρωσης στομάχου

Ο δείκτης πλήρωσης στομάχου δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών. Υπάρχει στατιστική σημαντικότητα ως προς την επίδραση του

χρόνου. Το 4ο τμήμα είναι διαφορετικό από το 1ο τμήμα και για τις δύο συνθήκες $p=0,027$. Επίσης υπάρχει ισχυρή τάση για διαφοροποίηση μεταξύ του 4ου τμήματος της άσκησης με το 3ο τμήμα $p=0,051$.

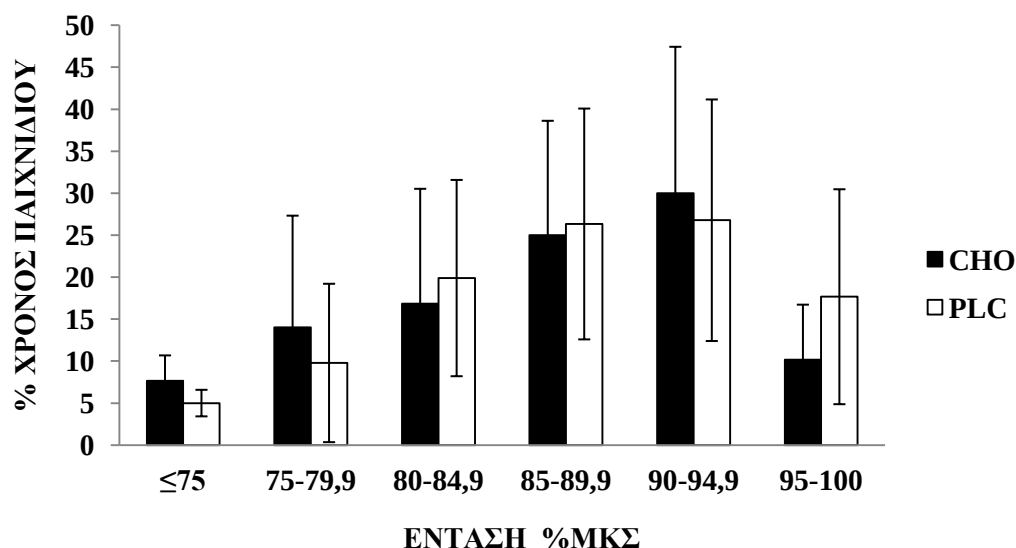


Σχήμα 4.7 Απεικονίζονται (M.O.±σ) για τον δείκτη πλήρωσης στομάχου κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης στις δύο συνθήκες. §: σημαντική διαφορά ως προς το 12ο λεπτό της άσκησης ($p=0,027$). Δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των συνθηκών.

4.8 Καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης

Κατά τον περισσότερο χρόνο άσκησης οι δοκιμαζόμενοι

ασκήθηκαν πάνω από το 80% της ΜΚΣ. Μεταξύ των συνθηκών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Σχήμα 4.8 Καρδιακή συχνότητα στο πρωτόκολλο προσομοίωσης για τις 2 συνθήκες, (n=9). Δεν υπάρχει στατιστική σημαντικότητα μεταξύ των συνθηκών ($p < 0,05$).

4.9 RPE και HRmax στον τερματισμό της δοκιμασίας εξάντλησης

Ο RPE στον τερματισμό της δοκιμασίας απόδοσης δεν διέφερε μεταξύ των συνθηκών τόσο σε κεντρικό όσο και

σε τοπικό επίπεδο. Οι δοκιμαζόμενοι τερμάτισαν με την ίδια αντίληψη κόπωσης και για τις δύο συνθήκες. Παρόμοιο είναι και το αποτέλεσμα για την ΜΚΣ η οποία δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των συνθηκών.

Πίνακας 4.5 Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (τοπικός & κεντρικός) και μέγιστη καρδιακή συχνότητα στο τερματισμό της δοκιμασίας εξάντλησης και για τις δύο συνθήκες (PLC & CHO)

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	PLC	CHO
RPE _{κεντρικός}	7±2	7±2
RPE _{τοπικός}	9±1	9±1
ΜΚΣ	183±13	186±13

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετάσει την επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων στην αθλητική απόδοση νεαρών αθλητών ποδοσφαίρου ηλικίας 13 έως 14 ετών. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η επίδραση της πρόσληψης γεύματος υδατανθράκων 3 ώρες πριν και κατανάλωσης είτε αθλητικού είτε εικονικού ποτού κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης στην αθλητική απόδοση. Το διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης αποτέλεσε προσομοίωση των φυσιολογικών και κινηματικών απαιτήσεων ενός παιδικού αγώνα ποδοσφαίρου.

Για τον σκοπό αυτό συμμετείχαν 9 νεαροί εθελοντές πριν την έναρξη της ωρίμανσης, οι οποίοι προσέλαβαν στερεό γεύμα με περιεκτικότητα υδατανθράκων 2,2g/kgΣΒ περίπου 2,5 ώρες πριν την επίσκεψη στο εργαστήριο και έπειτα εκτέλεσαν την προσομοίωση του ποδοσφαιρικού αγώνα στο δαπεδοεργόμετρο σε δύο διαφορετικές συνθήκες: α) με πρόσληψη εικονικού ποτού κατά τη διάρκεια άσκησης, β) με πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Για τον έλεγχο της αθλητικής απόδοσης πραγματοποιήθηκε δοκιμασία εξάντλησης στο κυκλοεργόμετρο αμέσως μετά την εκτέλεση του προσομοιωμένου ποδοσφαιρικού αγώνα στις δύο συνθήκες και επιπλέον σε διαφορετική ημέρα χωρίς να έχει προηγηθεί άσκηση. Επίσης, πριν

και αμέσως μετά από τις συνθήκες διατροφικής παρέμβασης πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της ισομετρικής δύναμης για το άνω και κάτω άκρο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια προσομοίωσης αγώνα παιδικού ποδοσφαίρου βελτίωσε τον χρόνο εξάντλησης στο κυκλοεργόμετρο σε σύγκριση με την συνθήκη πρόσληψης εικονικού ποτού. Σε σύγκριση με την συνθήκη ελέγχου ο χρόνος εξάντλησης με τους υδατάνθρακες και το εικονικό ποτό ήταν σημαντικά χαμηλότερος. Επίσης, η μέγιστη ισομετρική δύναμη του κάτω άκρου μειώθηκε σημαντικά μετά την άσκηση ανεξαρτήτως παρέμβασης, ενώ για το άνω άκρο δεν παρατηρήθηκε σημαντική πτώση της δύναμης και για τις δύο συνθήκες.

Στις παρακάτω ενότητες θα ερμηνευτούν τα ευρήματα της εργασίας αναφορικά με την επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων και του εικονικού ποτού στην αθλητική απόδοση και την εμφάνιση της κόπωσης (δοκιμασία εξάντλησης, δυναμομετρήσεις άνω και κάτω άκρου), στην κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης, στον δείκτη πλήρωσης στομάχου και στις καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους (καρδιακή συχνότητα, πρόσληψη οξυγόνου, πνευμονικός αερισμός και αναπνευστικό πηλίκο).

Συγχρόνως θα συζητηθούν και οι φυσιολογικές και κινηματικές αναλύσεις του πρωτοκόλλου προσομοίωσης αγώνα παιδικού ποδοσφαίρου στο δαπεδο-εργόμετρο.

5.1 Φυσιολογικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων

Κατά τη διάρκεια της εφηβείας πολλές σημαντικές αλλαγές συντελούνται τόσο στα ανθρωπομετρικά όσο και στα φυσιολογικά και μεταβολικά χαρακτηριστικά (Malina et al. 2004). Για την ποιοτικότερη μελέτη και την βαθύτερη κατανόηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των παιδιών είναι συνετό να ελεγχθούν βασικές παράμετροι που θα ωφεληθούν στην καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Μια από τις βασικότερες παραμέτρους που πρέπει να εξεταστεί είναι η βιολογική ωρίμανση. Πλέον έχουν αναπτυχθεί μη επεμβατικές μέθοδοι οι οποίες δεν φέρνουν σε αμηχανία τον νεαρό εξεταζόμενο (εξέταση γεννητικών οργάνων) ούτε επιφέρουν κίνδυνο για την υγεία με την έκθεση σε ακτινοβολία (ακτινογραφία καρπού). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε μία ειδική εξίσωση η οποία υπολογίζει την έναρξη της ωρίμανσης σύμφωνα με την απότομη αύξηση του ύψους (Mirwald et al. 2002). Οι δοκιμαζόμενοι στην μελέτη είχαν χρονολογική ηλικία 13.5 ± 0.4 έτη και η βιολογική τους ηλικία ορίστηκε βάσει της εξίσωσης στα -1.4 ± 0.3 έτη συμπεραίνοντας ότι όλοι οι νεαροί αθλητές

βρίσκονται στο στάδιο της προεφηβείας. Αυτό το αποτέλεσμα προσδίδει ομοιογένεια στο δείγμα της μελέτης το οποίο είναι πολύ σημαντικό γνωρίζοντας ότι με την εμφάνιση της ωρίμανσης ταυτόχρονα επηρεάζονται τα μεταβολικά χαρακτηριστικά. Με βάση τη χρονολογική τους ηλικία θα καταταχθούν για τους σκοπούς της συζήτησης στην ηλικιακή ομάδα κάτω των 14 ετών (K-14). Σύμφωνα με τους Malina και συνεργάτες (2004) η έναρξη της ωρίμανσης για τους νεαρούς ευρωπαίους ποδοσφαιριστές συμβαίνει περίπου στα 13.8-14.2 έτη. Ως εκ τούτου οι δοκιμαζόμενοι της εργασίας είναι σε αργοπορημένη ανάπτυξη, παρόλα αυτά δεν υπάρχει μελέτη που να εξετάζει την έναρξη της ωρίμανσης για του έλληνες ποδοσφαιριστές. Επειδή η ωρίμανση διαφέρει για κάθε παιδί σε διάρκεια και ρυθμό όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διάστημα εντός 1 μηνός. Όσον αφορά τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, η κορυφαία πρόσληψη οξυγόνου για τους δοκιμαζόμενους ήταν 55.6 ± 5.5 ml/kg/min και η μέγιστη αερόβια ταχύτητα 14.3 ± 0.9 . Δεδομένων των τιμών αυτών κατατάσσονται σε μέτριο επίπεδο φυσικής κατάστασης συγκριτικά με ποδοσφαιριστές της ίδιας ηλικιακής ομάδας (Stroyer et al. 2004, Mendez-Villanueva et al. 2013). Για τους ενήλικες ποδοσφαιριστές οι τιμές της $\dot{V}O_{2max}$ κυμαίνονται μεταξύ 50 και 75 ml/kg/min. Στις αναπτυξιακές ηλικίες οι απόλυτες τιμές (l/min) αυξάνονται, ενώ τιμές αναγόμενες στο σωματικό βάρος παρα-

μένουν σταθέρες ή και μειώνονται (Rowland 2013). Οι νεαροί ποδοσφαιριστές έχουν υψηλότερες τιμές από τους ενήλικες, ωστόσο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποεκτίμηση της $\dot{V}O_{2peak}$ στους βαρύτερους αθλητές έναντι των ελαφρότερων (Chamari et al., 2005). Για την αποφυγή της λανθασμένης ερμηνείας των τιμών της $\dot{V}O_{2peak}$ οι Chamari συνεργάτες (2005) κατέληξαν ότι η $\dot{V}O_{2max}$ πρέπει να εκφραστεί αλλομετρικά ως $mL/kg/min^{-0.75}$ αλλά ακόμα και αυτή η εκδοχή παραμένει αμφιλεγόμενη (Rowland 2013).

5.2 Πρωτόκολλο προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα στο δαπεδοεργόμετρο και φυσιολογικές αποκρίσεις

Το πρωτόκολλο προσομοίωσης σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις πρόσφατες δημοσιευμένες μελέτες κινητικής ανάλυσης νεαρών ποδοσφαιριστών ηλικίας 14 ετών. Η παρατεταμένη διάρκεια και η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση είχαν στόχο να προκαλέσουν παρόμοιο μεταβολικό και φυσιολογικό φορτίο για όλους τους δοκιμαζόμενους. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω των εξατομικευμένων εντάσεων που καθορίστηκαν από την πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο για τον υπολογισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, χρησιμοποιώντας για τις υπομέγιστες εντάσεις το δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι και για τις υπερμέγιστες την μέγιστη αερόβια ταχύτητα. Στο παρόν πρωτόκολλο οι δοκιμαζόμενοι ασκήθηκαν

στο δαπεδοεργόμετρο για περίπου 60 λεπτά, όσο δηλαδή σε έναν επίσημο παιδικό αγώνα ποδοσφαίρου. Σύμφωνα με τον σχεδιασμό χρειάστηκαν δύο 12λεπτα για την ολοκλήρωση του πρώτου ημιχρόνου και συνολικά 4 για ολόκληρο το πρωτόκολλο (4*12,45~49 λεπτά). Παρόλα αυτά η διάρκεια του ήταν 60 λεπτά εξαιτίας των αυξομειώσεων των ταχυτήτων όπου εμπεριείχαν τις φάσεις της επιβράδυνσης και της επιτάχυνσης, οι οποίες κατατάσσονται στην πολύ υψηλή ένταση σύμφωνα με τους Osgnach και συνεργάτες (2010). Στην παρούσα μελέτη οι δοκιμαζόμενοι διένυσαν περίπου 8,5 χιλιόμετρα χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των πειραματικών συνθηκών. Η συνολική καλυπτόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τη βιβλιογραφία όπου παρατηρείται ότι καλύπτουν περίπου 6-8 χιλιόμετρα κατά τη διάρκεια του αγώνα (Σχήμα 4.1). Στη μελέτη των Harley και συνεργατών (2010), οι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ηλικίας 14 ετών διένυσαν περίπου 6 χιλιόμετρα, ενώ σε άλλες μελέτες έχει βρεθεί ότι καλύπτουν κατά μέσο όρο έως 8 χιλιόμετρα (Buchheit et al. 2010, Mendez-Villanueva et al. 2013). Σημαντικός περιορισμός για τις μελέτες κινητικής ανάλυσης αποτελεί και το όργανο μέτρησης, βίντεο ανάλυση ή τα συστήματα GPS (Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας). Ειδικά για τα συστήματα GPS έχει δειχθεί ότι υποτιμούν στον υπολογισμό τις πολύ υψηλές εντάσεις και

αδυνατούν να αποδώσουν με ακρίβεια την καλυπτόμενη απόσταση σε αυτές τις εντάσεις (Coutts & Duffield 2010).

Καρδιακή συχνότητα. Μια μέθοδος υπολογισμού και ποσοτικοποίησης της έντασης και κατ' επέκταση του φυσιολογικού φορτίου κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι ο έλεγχος και η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας. Το πρωτόκολλο προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία προκάλεσε πολύ υψηλές φυσιολογικές απαιτήσεις, συγκρίσιμες με αυτές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια ενός υψηλού επιπέδου παιδικού αγώνα ποδοσφαίρου. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το σχήμα 4.8 η μέση τιμή καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου κυμάνθηκε περίπου στο 85% της ΜΚΣ χωρίς σημαντικές διαφορές και για τις δύο συνθήκες, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις η κορυφαία καρδιακή συχνότητα έφτασε και το 100% της μέγιστης τιμής. Οι μέσες τιμές καρδιακής συχνότητας που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη είναι αντίστοιχες με αυτές που παρουσίασαν ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου (Stroyer et al. 2004, Castagna et al. 2009, 2010). Αρχικά, το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην καρδιακή συχνότητα μεταξύ των δύο συνθηκών υποδηλώνει ότι η ένταση παρέμεινε παρόμοια και για τις δύο συνθήκες. Η πρόσληψη υδατανθράκων στην παρούσα εργασία δεν προκάλεσε αλλαγές στην καρδιακή συχνότητα, αποτέλεσμα που είναι σε συμφωνία την βιβλιογραφία

(Phillips et al. 2011). Αντίθετη άποψη εμφανίζουν οι Davis και συνεργάτες (1999 & 2000) που υποστηρίζουν ότι με την πρόσληψη υδατανθράκων η καρδιακή συχνότητα μειώνεται με σκοπό να διατηρήσει τον όγκο πλάσματος. Στον νεαρό πληθυσμό, σε υπαίθριο πρωτόκολλο προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα σε αθλητές ηλικίας 12-14 ετών, η πρόσληψη υδατανθράκων δεν επηρέασε την καρδιακή συχνότητα σε σύγκριση με το εικονικό ποτό. Ωστόσο, υπήρχε τάση για υψηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας με την πρόσληψη των υδατανθράκων, αποτέλεσμα όμως που δεν οφείλεται στην υψηλότερη ένταση επειδή το φορτίο ήταν προκαθορισμένο (Phillips et al. 2010).

Άνοδο της ΚΣ παρουσίασαν οι Phillips και συνεργάτες (2010) όπου η 2^η, 3^η και 4^η περίοδος άσκησης ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την πρώτη. Σε επίσημο αγώνα ποδοσφαίρου με βάση τη βιβλιογραφία παρατηρείται ότι η καρδιακή συχνότητα είτε παραμένει σταθερή είτε μειώνεται προς το τέλος του αγώνα. Οι Castagna και συνεργάτες (2009 & 2010) δεν παρατήρησαν πτώση της καρδιακής συχνότητας στο δεύτερο ημίχρονο. Από την άλλη πλευρά, στην μελέτη των Stroyer και συνεργατών 2004, η μέση καρδιακή συχνότητα ήταν μειωμένη στο δεύτερο ημίχρονο σε σύγκριση με το πρώτο. Επιπλέον, οι Mendez-Villanueva και συνεργάτες (2013) κατέγραψαν ότι στο δεύτερο ημίχρονο μειώνονται οι τιμές της ΚΣ για τις εντάσεις >81% της ΜΚΣ. Σύμφωνα με τις

προαναφερόμενες εντάσεις του πρωτοκόλλου προσομοίωσης αλλά και των επίσημων αγώνων στα παιδιά προκύπτει ότι το αερόβιο σύστημα έχει τη μεγαλύτερη συμμετοχή όπως και στους ενήλικες (Bangsbo et al. 2006, Stolen et al. 2005). Επιπροσθέτως, η μέση τιμή της καρδιακής συχνότητας μας δίνει την δυνατότητα με βάση τη σχέση καρδιακής συχνότητας και πρόσληψης οξυγόνου ($KΣ-\dot{V}O_2$ σχέση) να υπολογιστεί έμμεσα η πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης (Bangsbo 1994). Για τους ενήλικες ισχύει ότι αγωνίζονται κατά προσέγγιση στο 70-80% της $\dot{V}O_{2max}$ χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, στην μελέτη των Stroyer και συνεργατών (2004) υπολογίστηκε ότι οι νεαροί ποδοσφαιριστές ασκήθηκαν στο 75-80% της $\dot{V}O_{2max}$, αποτέλεσμα συναφές με την βιβλιογραφία στους ενήλικες. Η παρούσα εργασία επιχείρησε να προκαλέσει εντάσεις παρόμοιες με αυτές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια ενός παιδικού αγώνα ποδοσφαίρου σε εργαστηριακό περιβάλλον για πρώτη φορά στην βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τα παραπάνω το φυσιολογικό φορτίο, όπως αυτό ελέγχθηκε από την καρδιακή συχνότητα είναι πλησίον σε επίσημο αγώνα ποδοσφαίρου. Επιπροσθέτως, η συνολική καλυπτόμενη απόσταση ήταν σε συμφωνία με τις περισσότερες μελέτες της υπάρχουσας βιβλιογραφίας.

5.3 Η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων στην δοκιμασία απόδοσης

Αρχικά σε αυτήν την ενότητα θα συζητηθεί η διάρκεια και ένταση του ποδοσφαιρικού αγώνα και πως επηρεάζονται τα αποθέματα του μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου και στη συνέχεια η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων στην αερόβια απόδοση, όπως μετρήθηκε στην παρούσα εργασία και σε σύγκριση πάντα με την βιβλιογραφία. Για τον έλεγχο της απόδοσης χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία εξάντλησης στο ηλεκτρικό κυκλοεργόμετρο στο 38% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος όπως αυτή καθορίστηκε από την αναερόβια δοκιμασία Wingate διάρκειας δέκα δευτερολέπτων.

Η ένταση του αγώνα έχει επισημανθεί ότι υπολογίζεται μεταξύ 70-80% της $\dot{V}O_{2max}$ για τους ενήλικες και τα παιδιά. Ως εκ τούτου, μία από τις κυριότερες αιτίες κόπωσης στον ποδοσφαιρικό αγώνα είναι η μείωση των επιπέδων γλυκογόνου του μυός, ενώ σε μερικές μυϊκές ίνες έχει καταγραφεί ακόμα και εξάντλησή τους με αποτέλεσμα την μείωση της αερόβιας απόδοσης στους ενήλικες (Krustrup et al. 2006, Bangsbo et al. 2006, Saltin et al. 1973). Η άσκηση σε αυτές τις εντάσεις συντελεί ώστε μεγάλες ποσότητες γλυκογόνου να μεταβολίζονται μέσω της αναερόβιας γλυκόλυσης με συνέπεια την γρήγορη μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου. Για τον λόγο αυτό στα ομαδικά αθλήματα και

ειδικά στο ποδόσφαιρο, η πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης, αλλά και η διατροφική παρέμβαση ολίγων ημερών με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες λειτουργεί ευεργετικά για την αερόβια απόδοση των ενηλίκων (Nicholas et al. 1995, Bangsbo et al. 1992, Balsom et al. 1999).

Σημαντικός περιορισμός στις μελέτες στον παιδικό πληθυσμό, όπως προαναφέρθηκε, είναι η μη χρήση βιοψίας. Ως συνέπεια τούτου, δεν ήταν δυνατόν να καθοριστούν στην ηρεμία και αμέσως μετά την άσκηση τα επίπεδα του μυϊκού γλυκογόνου. Στην ίδια κατεύθυνση, δεν κατέστη δυνατόν να εξακριβωθεί αν τα αποθέματα του γλυκογόνου πριν την έναρξη των πειραμάτων ήταν ελλιπή. Για τον καλύτερο έλεγχο των προ-ασκησιακών αποθεμάτων γλυκογόνου έγινε καταγραφή και ανάλυση της διατροφής κατά την πρώτη πειραματική συνθήκη ώστε στην επόμενη επίσκεψη να ακολουθηθεί η ίδια διατροφή για να διασφαλιστεί ότι οι αθλητές θα ασκούνται με τα ίδια αποθέματα γλυκογόνου για όλες τις συνθήκες.

Προασκησιακό γεύμα υδατανθράκων

Στην παρούσα εργασία 3 ώρες πριν το διαλειμματικό πρωτόκολλο δόθηκε προ-ασκησιακό γεύμα υδατανθράκων 2,2g/kgΣΒ. Το γεύμα είχε στόχο να διατηρήσει τα αποθέματα του ηπατικού γλυκογόνου. Έχει δειχθεί στους ενήλικες ότι τα αποθέματα βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα έπειτα από ολονύκτια

νηστεία (200 mmol·kg⁻¹), ενώ με την κατάλληλη διατροφή μπορεί να φτάσουν ακόμα και 1000 mmol·kg⁻¹ (Shephard 1999). Σε μελέτη στα παιδιά, όπου εξετάστηκε η επίδραση του προ-ασκησιακού γεύματος σε δοκιμασία time trial δεν έδειξε διαφορά στην απόδοση. Πολύ πιθανό το αποτέλεσμα αυτό να οφείλεται στο ότι το γεύμα δεν δόθηκε σε g/kgΣΒ για την αναλογικά ισόποση ενεργειακή κατανάλωση (Hendelman et al. 1997). Η βιβλιογραφία φαίνεται ελλιπής ως προς την επίδραση του προασκησιακού γεύματος με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες σε συνδυασμό με την πρόσληψη ποτού υδατανθράκων κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης στον παιδικό πληθυσμό (Petrie, Stover & Horswill 2004, Phillips 2012). Επομένως, τούτη η εργασία είναι η πρώτη που εξετάζει την συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων πριν και κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης σε έφηβους ποδοσφαιριστές.

Συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων

Το κύριο εύρημα είναι ότι η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων οδήγησε στην βελτίωση της απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο σε σύγκριση με την χρήση του εικονικού ποτού 30% (p=0.02). Ενώ ο χρόνος στην δοκιμασία εξάντλησης με την συνδυαστική πρόσληψη μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου p<0.01. Στον παιδικό πληθυσμό ελάχιστες μελέτες εξέτασαν την επίδραση των υδατανθράκων στη διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης και παρα-

τεταμένης διάρκειας, κυρίως λόγω της αντιδεντολογικής χρήσης της μυϊκής βιοψίας στα παιδιά. Οι Phillips και συνεργάτες (2010) έδειξαν πως 6% διάλυμα υδατανθράκων οδήγησε σε βελτίωση της αερόβιας απόδοσης κατά 24% σε σύγκριση με το εικονικό ποτό. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μελέτη δεν παρείχε γεύμα υδατανθράκων πριν την άσκηση γεγονός που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες των αθλητών. Η βελτίωση στην απόδοση (30%) που παρατηρήθηκε σε τούτη τη μελέτη είναι υψηλότερη από αυτή που κατέγραψαν οι Phillips και συνεργάτες (2010) αλλά δεν είναι μέσα στα όρια της βελτίωσης που έχει καταγραφεί σε πληθυσμό ενηλίκων (35-52%). Οι Phillips και συνεργάτες (2010) υποστηρίζουν ότι αυτή η μικρότερη βελτίωση οφείλεται στα μικρότερα αποθέματα του μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου στα παιδιά καθώς και στην μεγαλύτερη οξείδωση των λιπιδίων σε αυτήν την ηλικία σε σχέση με τους ενήλικες. Επιπλέον, σε συμφωνία είναι τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας με την συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων στην δοκιμασία εξάντλησης σε ενήλικες. Η μελέτη των Wright και των συνεργατών (1991) έδειξε πως η πρόσληψη υδατανθράκων (5g/kgΣΒ) 3 ώρες πριν την άσκηση και κατά τη διάρκεια της άσκησης, βελτίωσε την απόδοση σε ποδηλάτες. Παρόμοια αποτελέσματα εμφάνισαν και οι Chrysanthopoulos και συνεργάτες (2002), οι οποίοι έδειξαν πως η πρόσληψη

υδατανθράκων 3 ώρες πριν την άσκηση (2,5g/kgΣΒ) και με διάλυμα 6% κατά τη διάρκεια της άσκησης ωφέλησε την απόδοση σε δοκιμασία εξάντλησης. Σύμφωνα με αρχικές μελέτες όπου έγινε χρήση μυϊκής βιοψίας, τα μυϊκά και ηπατικά αποθέματα γλυκογόνου είναι χαμηλότερα στα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες (Aucouturier et al. 2008). Σε αντιδιαστολή με τα μειωμένα επίπεδα του μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου, έχειδειχθεί ότι τα παιδιά που βρίσκονται πριν την έναρξη της ωρίμανσης οξειδώνουν περισσότερο εξωγενείς υδατάνθρακες σε σχέση με τους πρώιμους σε ωρίμανση και με τους ενήλικες (Timmons et al. 2007). Στην παρούσα μελέτη ο μέσος όρος της ωρίμανσης είναι περίπου -1 έτος (-1,97 έτη έως -1) άρα τα παιδιά θεωρούνται καθυστερημένα στην εμφάνιση της ωρίμανσης σε σύγκριση με την μελέτη των Phillips και συνεργατών (2010) όπου υπήρχε ανομοιογένεια στην ωρίμανση +0,5 έτος (-1,51 έως + 1,27). Αυτό μεταβολικά μεταφράζεται ότι οι δοκιμαζόμενοι σε αυτή τη μελέτη στηρίχθηκαν περισσότερο στους εξωγενείς υδατάνθρακες. Οι δοκιμαζόμενοι σύμφωνα με τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα στην δοκιμασία απόδοσης (πίνακας 4.5) ασκήθηκαν στην ίδια ένταση παρόλο που υπήρξαν διαφορές στον χρόνο εξάντλησης. Αξιοσημείωτο είναι ότι στο τέλος της δοκιμασίας απόδοσης οι δοκιμαζόμενοι τερμάτησαν με το ίδιο επίπεδο κόπωσης ανεξαρτήτως παρέμβασης και χρόνου διάρκειας άσκησης.

Πιθανός μηχανισμός που να ωφέλησε την αερόβια απόδοση το προασκησιακό γεύμα σε συνδυασμό με το ποτό υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι η διατήρηση των επιπέδων του μυϊκού γλυκογόνου (Nicholas et al. 1999, Foskett et al. 2008, Yaspelkis et al. 1993, Tsintzas et al. 1993).

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα. Το προασκησιακό γεύμα υδατανθράκων (2,2 g/kgΣΒ) διατήρησε τα αποθέματα του ηπατικού γλυκογόνου. Η λήψη υδατανθράκων αμέσως πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης διατήρησαν τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου με αποτέλεσμα την βελτίωση της αερόβιας απόδοσης έναντι της συνθήκης του εικονικού ποτού. Επομένως, η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων οδήγησε σε σημαντική βελτίωση της αερόβιας απόδοσης κατά 30% σε σύγκριση με την πρόσληψη εικονικού ποτού κατά τη διάρκεια της άσκησης. Επιπροσθέτως, το πρωτόκολλο προσομοίωσης προκάλεσε σημαντική κόπωση ανεξαρτήτως παρέμβασης και κατ' επέκταση η δοκιμασία απόδοσης που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να ανιχνεύσει σημαντικές διαφορές για ερευνητικές παρεμβάσεις ως προς την απόδοση, την κόπωση, τις διατροφικές παρεμβάσεις ή για την μελέτη άλλων φυσιολογικών φαινομένων.

5.4 Διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης κόπωση: η επίδραση της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων

Για την εξέταση των νευρομυϊκών παραμέτρων, εκτελέστηκαν μέγιστες εθελούσιες συσπάσεις για το άνω και κάτω άκρο. Ειδικότερα, έγινε προσπάθεια να εξακριβωθεί εάν στο διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης παρατεταμένης διάρκειας υπάρχει συμμετοχή είτε κεντρικών είτε περιφερικών παραγόντων στην εμφάνιση της ασκησιογενούς κόπωσης. Έρευνες για τον εντοπισμό της κόπωσης έχουν χρησιμοποιήσει τη μέγιστη εθελούσια σύσπαση με ταυτόχρονη ηλεκτρική διέγερση και τη μέθοδο του διακρανιακού μαγνητικού ερεθισμού (Gandevia et al. 1996, Taylor, Todd & Gandevia, 2006). Επίσης, πολλές μελέτες χρησιμοποιούν το παλίνδρομο τρέξιμο καθώς και τις δυναμομετρήσεις στα κάτω άκρα και τα κατακόρυφα άλματα για τον εντοπισμό της κόπωσης στη διαλειμματική άσκηση (Bendiksen et al. 2012, Rampinini et al. 2011, Krusturup et al. 2006, 2011, Thorlund et al. 2009, Mohr & Krusturup 2013).

Το διαλειμματικό πρωτόκολλο προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα υπό τις συνθήκες της παρούσας διατριβής φαίνεται ότι προκάλεσε κόπωση. Για το συμπέρασμα αυτό συνηγορούν τα εξής αποτελέσματα: Α) η πτώση της ισομετρικής δύναμης για το κάτω άκρο, Β) η μείωση στο χρόνο της δοκιμασίας απόδοσης, Γ) ο υψηλός δείκτης αντι-

λαμβανομένης κόπωσης προς το τέλος της άσκησης και στο τέλος της δοκιμασίας απόδοσης.

Η μείωση της ισομετρικής δύναμης για το κάτω άκρο υπήρξε σημαντική και για τις δύο συνθήκες ($p=0.001$) (σχήμα 4.3). Στην συνθήκη με το εικονικό ποτό η δύναμη μειώθηκε 23% ενώ στην πρόσληψη υδατανθράκων 14% χωρίς ωστόσο σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Εντούτοις, υπήρξε ισχυρή τάση για την συγκράτηση της πτώσης της δύναμης (Δ MVC) με την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης έναντι του εικονικού ποτού ($p=0.053$). Πληθώρα μελετών στους ενήλικες αναφέρουν ότι η πτώση της μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων του γόνατος αμέσως μετά τον αγώνα σε μέγιστη ισομετρική προσπάθεια ανέρχεται περίπου σε 10% (Gleeson et al. 1998, Rahnama et al. 2003, Bendiksen et al. 2012, Rampinini et al. 2011, Krstrup et al. 2006, 2011, Nielsen et al. 2012). Υπάρχει ένδοια μελετών που να εξετάζουν με παρόμοιο τρόπο την κόπωση έπειτα από αγώνα ποδοσφαίρου στον παιδικό πληθυσμό. Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που εξέτασε την εμφάνιση της κόπωσης έπειτα από προσομοίωση αγώνα ποδοσφαίρου σε παιδιά. Η αιτία στην απώλεια δύναμης του κάτω άκρου ίσως οφείλεται στην μείωση των αποθεμάτων του γλυκογόνου που συνεπάγεται και μείωση της απελευθέρωσης ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) από το σαρκοπλασματικό δίκτυο (SR) (Allen et al.

2008, Chin & Allen 1998). Μελέτες στους ενήλικες με χρήση μυϊκής βιοψίας έδειξαν πως η διατροφική παρέμβαση με υδατάνθρακες βελτίωσε την απελευθέρωση των ιόντων ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, το οποίο συσχετίστηκε με τα υψηλά αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου (Duhamel et al. 2006, Ortenbland et al. 2011). Ως εκ τούτου, η ισχυρή τάση για βελτίωση της διαφοράς της πτώσης στη δύναμη του κάτω άκρου (Δ MVC) μπορεί να οφείλεται στην διατήρηση του ρυθμού απελευθέρωσης των ιόντων ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο.

Η χρήση της δυναμομέτρησης του άνω άκρου θεωρείται ως δείκτης κεντρικής κόπωσης όταν ο μυς δεν συμμετέχει καθόλου στην άσκηση. Η γλυκόζη αποτελεί το κυριότερο καύσιμο για την εύρυθμη λειτουργία του ΚΝΣ μέσω της διατήρησης της γλυκόζης αίματος σε σταθερά επίπεδα (Nybo 2002). Παρόλα αυτά, μελετώντας τα επίπεδα γλυκόζης αίματος δεν έχει παρατηρηθεί υπογλυκαιμία έπειτα από αγώνες ποδοσφαίρου (Knicker et al. 2011). Στους ενήλικες, η χορήγηση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα είχε ως αποτέλεσμα την διατήρηση της δύναμης στην ισομετρική εθελούσια σύσπαση για το άνω άκρο στο 40% της μέγιστης (Winnick et al. 2005). Στον παιδικό πληθυσμό, δεν έχει εξεταστεί έως τώρα ο ρόλος των υδατανθράκων στη εμφάνιση της κεντρικής κόπωσης. Στην παρούσα διατριβή το

πρωτόκολλο άσκησης δεν επηρέασε την δύναμη του άνω άκρου (σχήμα 4.4). Για την εν τω βάθει εξέταση της κεντρικής κόπωσης χρησιμοποιούνται πιο επεμβατικές μέθοδοι, όπως για παράδειγμα η χρήση ηλεκτρομυογραφίας ή η ηλεκτρική διέγερση (Gandevia 2001). Ωστόσο, επειδή η ηλεκτρική διέγερση θεωρείται ως επεμβατική μέθοδος, δεν χρησιμοποιήθηκε στον πειραματικό σχεδιασμό της παρούσας διατριβής.

Εξαιτίας της παρατεταμένης διάρκειας της άσκησης, θα μπορούσαν να εμπλέκονται περιφερικοί και κεντρικοί παράγοντες που να ευθύνονται για την κόπωση (Millet et al. 2003, Sahlin et al. 1998). Σύμφωνα με τους Millet και συνεργάτες (2003), το παρατεταμένο διάρκειας τρέξιμο προκάλεσε απώλεια στη δύναμη των εκτεινόντων του γονάτου 23,5%. Η πτώση στη δύναμη των εκτεινόντων αποδόθηκε σε κεντρικούς αλλά και σε περιφερικούς παράγοντες γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να συνυπάρχουν και οι δύο παράγοντες στην εμφάνιση της κόπωσης. Στην ίδια μελέτη, είναι αξιοσημείωτο ότι η δύναμη στο άνω άκρο δεν μειώθηκε ωστόσο η ύπαρξη κεντρικής κόπωσης εξετάστηκε εν τω βάθει με την χρήση ηλεκτρικής διέγερσης, το M-wave, και την μέθοδο τετανικής συστολής. Στο ποδόσφαιρο, οι Rampinini και συνεργάτες (2011) εξέτασαν τους παράγοντες κόπωσης έπειτα από αγώνα ποδοσφαίρου. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η πτώση της δύναμης για τους εκτεινόντες του γονάτου ήταν χαμηλότερη

~11% από ό,τι παρατηρείται στους δρομείς αντοχής. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι η πτώση στη μέγιστη δύναμη οφείλεται σε κεντρικούς και περιφερικούς παράγοντες. Παρομοίως, στην παρούσα εργασία παρατηρήθηκε πτώση στη δύναμη του κάτω άκρου όχι όμως και στο άνω άκρο. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι πιθανόν να συνυπάρχουν περιφερικοί και κεντρικοί παράγοντες που να προκαλούν πτώση της δύναμης του κάτω άκρου. Εντούτοις, δεν χρησιμοποιήθηκαν περαιτέρω μέθοδοι για την εν τω βάθει διερεύνηση της προέλευσης της κόπωσης. Οι αιτίες για την εμφάνιση της κεντρικής κόπωσης που συνδέονται με τα μειωμένα επίπεδα γλυκογόνου είναι η απελευθέρωση της κυτταροκίνης ιντερλευκίνης-6 και της σεροτονίνης (Davis & Bailey 1997, Nybo & Secher 2004, Steensberg et al. 2001, Febbraio et al. 2003). Οι Robson-Ansley και συνεργάτες (2004) έδειξαν πως με την έγχυση ιντερλευκίνης-6 (IL-6) μειώθηκε η απόδοση των δρομέων. Πιθανόν η μη πτώση στην δύναμη του άνω άκρου να οφείλεται στο προ-ασκησιακό γεύμα. Ενδεχόμενος μηχανισμός είναι ότι το προασκησιακό γεύμα διατηρώντας τα επίπεδα του μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου είχαν σαν αποτέλεσμα την μειωμένη έκκριση της ιντερλευκίνης-6. Σύμφωνα με τους Steenberg και συνεργάτες (2001), με την χορήγηση προασκησιακού γεύματος υδατανθράκων παρατηρήθηκε χαμηλότερη έκκριση ιντερλευκίνης-6 η οποία σχετίζεται με την κεντρική κόπωση σε

σύγκριση με την μη χορήγηση γεύματος. Στην παρούσα διατριβή η πτώση της μέγιστης εθελούσιας σύσπασης για το κάτω άκρο σε συνδυασμό με την μη σημαντική μείωση της μέγιστης εθελούσιας σύσπασης για το άνω άκρο συνηγορούν ότι την κυριότερη αιτία κόπωσης αποτελεί η περιφερική, χωρίς ωστόσο να αποκλείονται και κεντρικοί παράγοντες, οι οποίοι όμως είναι δύσκολο να διερευνηθούν στον παιδικό πληθυσμό.

Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης.

Σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιήθηκε 10 βάθμια κλίμακα (OMNI scale) κατάλληλη για παιδιά ηλικίας 14 ετών, ελεγμένη για την εγκυρότητα στο παιδικό πληθυσμό (Roemmich et al. 2006). Χρησιμοποιήθηκε ως κεντρική ένδειξη κόπωσης και ως τοπική (κάτω άκρο). Όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 4.5 (σελ. 46) ο γενικός RPE αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου χωρίς να υπάρχει διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Πιο αναλυτικά, στο τέλος του πρωτοκόλλου προσομοίωσης οι τιμές του RPE ήταν σημαντικά υψηλότερη εν συγκρίσει με όλες τις προηγούμενες μετρήσεις. Επιπλέον, ο RPE στο 5ο λεπτό της άσκησης διέφερε σημαντικά ως προς όλες τις μετρήσεις εκτός από την αρχή του δευτέρου ημιχρόνου. Στην βιβλιογραφία τα αποτελέσματα ως προς τον RPE είναι αμφιλεγόμενα. Αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν πως η πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης διαλειμματικής άσκησης παρατεταμένης διάρκειας βελτιώνει τον κεντρικό

RPE και τη νοητική κατάσταση (Welsh et al. 2002, Winnick et al. 2005, Ali et al. 2009). Οι λόγοι που πιθανώς να βελτιώνουν οι υδατανθράκες την αντιλαμβανόμενη κόπωση και την νοητική κατάσταση δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως. Πιθανώς να οφείλεται στην διατήρηση της γλυκόζης αίματος και στα μειωμένα επίπεδα των ελεύθερων λιπαρών οξέων με συνέπεια μειωμένη παραγωγή σεροτονίνης (Davis et al. 1992). Στον παιδικό πληθυσμό δεν έχει εξεταστεί εν τω βάθει ο ρόλος των υδατανθράκων στην αντιλαμβανόμενη κόπωση και την νοητική κατάσταση. Στην μελέτη των Phillips και συνεργατών (2010), ο RPE παρουσίασε κλιμακωτή τάση ομοίως με την παρούσα εργασία. Φαίνεται ότι στα παιδιά, τουλάχιστον με τις υπάρχουσες μελέτες, η πρόσληψη υδατανθράκων δεν μειώνει αλλά ούτε και σταθεροποιεί τον κεντρικό RPE.

Από την άλλη πλευρά, ο τοπικός δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε ορισμένα χρονικά σημεία με την χορήγηση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης (σχήμα 4.6). Επίσης, σημαντική διαφορά υπήρχε ως προς τον χρόνο με τις τιμές να διαφέρουν σε σχέση με τα πρώτα 5 λεπτά της άσκησης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με τη σημαντική επίδραση των υδατανθράκων στο Δ της πτώσης της μέγιστης εθελούσιας σύσπασης για το κάτω άκρο. Η διατήρηση του τοπικού RPE σε χαμηλότερα επίπεδα με την πρόσληψη

των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης πολύ πιθανόν να οδήγησε στην μείωση της πτώσης του Δ MVC για το κάτω άκρο στην συνθήκη CHO, χωρίς ωστόσο η μείωση αυτή να είναι στατιστικά σημαντική οριακά. Συνδυάζοντας τα δύο αυτά ευρήματα, μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι η περιφερική κόπωση ήταν ο περιοριστικός παράγοντας για την απόδοση των αθλητών, υπό τις παρούσες πειραματικές συνθήκες.

Συμπεραίνεται ότι η κόπωση, όπως αυτή ελέγχθηκε στην παρούσα διατριβή με τις δυναμομετρήσεις και τον RPE, μειώθηκε στη συνθήκη της συνδυαστικής πρόσληψης υδατανθράκων. Είναι πολύ πιθανόν η κόπωση που προκλήθηκε από το πρωτόκολλο άσκησης να πηγάζει από περιφερικούς παράγοντες. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι η μέγιστη δύναμη του κάτω άκρου παρουσίασε πτώση σημαντική ανεξαρτήτως παρέμβασης, ενώ ο τοπικός RPE κατά τη διάρκεια της άσκησης αλλά και στη δοκιμασία απόδοσης ήταν υψηλότερος σε σχέση με τον κεντρικό RPE. Το προασκησιακό γεύμα φαίνεται να διατήρησε την δύναμη στο άνω άκρο.

5.5 Δείκτης πληρότητας στομάχου

Στην ενότητα αυτή θα συζητηθεί η επίδραση που είχαν τα ποτά κατά τη διάρκεια της άσκησης στο ρυθμό εκκένωσης στομάχου. Επιπλέον, θα συζητηθούν οι παράγοντες που πιθανόν να επηρεάζουν την εκκένωση του στομάχου

και την δυσφορία που μπορεί να προκαλέσαν τα ποτά κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Στην παρούσα διατριβή δόθηκε διάλυμα υδατανθράκων 6% πριν και κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης, ενώ στην συνθήκη του εικονικού ποτού νερό με γλυκαντική ουσία χωρίς θερμίδες (πίνακας 3.2). Είναι γνωστό πως ο ρυθμός εκκένωσης στομάχου μειώνεται καθώς γίνεται πρόσληψη υδατανθράκων (Shi & Gisolfi 1998, Costill & Saltin 1974). Ο ρυθμός εκκένωσης στομάχου μειώνονταν συνεχώς με αποτέλεσμα την διαρκή άνοδο του δείκτη πληρότητας σύμφωνα με το σχήμα 4.7 κατά τη διάρκεια της άσκησης και για τις δύο συνθήκες. Ως εκ τούτου, στο τέλος της προσομοίωσης ο δείκτης πληρότητας στομάχου ήταν σημαντικά υψηλότερος σε σχέση με το 12ο λεπτό της άσκησης. Επίσης, άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τον ρυθμό εκκένωσης στομάχου είναι η θερμοκρασία του υγρού. Στην παρούσα εργασία η θερμοκρασία των ποτών διατηρούνταν σταθερή στους 8°C. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η χαμηλή θερμοκρασία των αθλητικών ποτών ωφελεί την γρηγορότερη εκκένωση στομάχου (Shi & Gisolfi 1998). Επιπλέον, κρίνοντας από τη βελτίωση του χρόνου άσκησης στην δοκιμασία απόδοσης, προκύπτει ότι αρκετή ποσότητα υδατανθράκων απορροφήθηκε από το έντερο και σε συνδυασμό με την παρόμοια άνοδο στο δείκτη πληρότητας και για τις δύο συνθήκες καταλήγουμε στο ότι

πιθανόν ο δείκτης πληρότητας του στομάχου να μην είναι κατανοητός για τα παιδιά αυτής της ηλικίας ή ότι το εξέλαβαν ως δείκτη δυσφορίας στομάχου.

5.6 Περιορισμοί εργασίας

5.6.1 Τυφλές διαδικασίες

Στην παρούσα μελέτη ακολουθήθηκε μονά τυφλή διαδικασία. Οι ιδανικές συνθήκες για να διεξαχθεί ένα πείραμα που περιέχει εργογόνους παράγοντες και εργογενή συμπληρώματα θα πρέπει να περιέχει τυφλές διαδικασίες για την εξάλειψη της μεροληψίας (Katch et al. 2011). Όταν ο δοκιμαζόμενος κάνει πρόσληψη μιας ουσίας για πειραματικούς σκοπούς, για την αποφυγή της ψυχολογικής και της εικονικής επίδρασης, ακολουθείται τυφλή διαδικασία, ώστε να μην γνωρίζει ποιά είναι η εργογόνα ουσία (μονά τυφλή διαδικασία). Για την περαιτέρω εξάλειψη της μεροληψίας από πλευράς ερευνητή, ακολουθούνται διπλά τυφλές διαδικασίες ακόμα και τριπλά τυφλές διαδικασίες.

5.6.2 Γλυκόζη αίματος

Η καταγραφή της γλυκόζης αίματος κατά τη διάρκεια της άσκησης, αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη για το προσδιορισμό της υπογλυκαιμίας. Έρευνες κατά τη διάρκεια των αγώνων ποδοσφαίρου ακόμα και σε παιδιά έδειξαν ότι τα επίπεδα της γλυκόζης αίματος δεν πέφτουν κάτω από τα κρίσιμα επίπεδα των

3,5 mmol·L⁻¹ (Russell et al. 2011). Ωστόσο, μελέτες υποστηρίζουν ότι τα επίπεδα γλυκόζης αίματος επηρεάζουν την νοητική λειτουργία και την ομαλή εκτέλεση τεχνικών δεξιοτήτων (Nybo 2002, Knicker et al. 2011). Στην παρούσα μελέτη δεν έγινε αιμοληψία για την καταγραφή της γλυκόζης αίματος εξαιτίας της πιθανής πειραματικής θνησιμότητας.

5.6.3 Γαλακτικό αίματος

Το γαλακτικό αίματος αποτελεί δείκτη για τον προσδιορισμό της έντασης και της συμμετοχής του αναερόβιου γλυκολυτικού συστήματος κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του αγώνα οι μετρήσεις του γαλακτικού αίματος δεν αντικατοπτρίζουν επακριβώς την ένταση κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης. Οι τιμές του γαλακτικού αίματος επηρεάζονται από την ένταση της άσκησης πριν την δειγματοληψία (Stolen et al. 2005). Στην παρούσα εργασία δεν έγινε αιμοληψία για τον καθορισμό του γαλακτικού αίματος. Αντιθέτως, έγινε καθορισμός της έντασης μέσω των αναπνευστικών αερίων ($\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, VE, RER) των καρδιαγγειακών παραμέτρων (ΚΣ) και του δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης.

5.6.4 Μετρήσεις μεταβολισμού

Οι μεγαλύτεροι περιορισμοί στις μελέτες στον παιδικό πληθυσμό είναι οι επεμβατικές μέθοδοι που θεωρούνται ως μη αντιδεδοντολογικές. Σε μελέτες στους ενήλικες ως μέθοδοι αναφοράς για τον

έλεγχο του μεταβολισμού και των επιπέδων του μυϊκού γλυκόγονου χρησιμοποιούνται οι καθετηριασμοί των αρτηριών και οι μυϊκές βιοψίες, αντίστοιχα. Ως εκ τούτου, οι ερευνητές καταφεύγουν σε αναίμακτους και έμμεσους τρόπους για την μέτρηση του μεταβολισμού κατά την άσκηση στον παιδικό πληθυσμό. Σε αυτή την εργασία οι μετρήσεις του μεταβολισμού και ειδικότερα η διερεύνηση του ενεργειακού υπόστρωματος που χρησιμοποιούσε ο δοκιμαζόμενος, αλλά και του βαθμού οξειδωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης έγινε μέσω των αναπνευστικών αερίων (RER , $\dot{\text{V}}\text{O}_2$, $\dot{\text{V}}\text{CO}_2$). Εντούτοις, θα πρέπει η ερμηνεία των αποτελεσμάτων να είναι προσεκτική διότι οι αναπνευστικές παράμετροι δεν αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τις μεθόδους αναφοράς.

5.6.5 Προσδιορισμός ωρίμανσης

Ο καθορισμός της ωρίμανσης διαθέτει πολλές μεθόδους. Οι μέθοδοι με την μεγαλύτερη ακρίβεια είναι μέσω της σκελετικής ηλικίας και των γεννητικών οργάνων. Παρόλα αυτά η πρώτη μέθοδος μειονεκτεί λόγω του ακριβούς εξοπλισμού, χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό και είναι επισφαλής για την υγεία λόγω της βλαβερής έκθεσης σε ακτινοβολία. Η μέθοδος εξέτασης των γεννητικών οργάνων χρειάζεται εξίσου εξειδικευμένο προσωπικό. Η διαδικασία αυτή όμως θεωρείται ενοχλητική για τον/την εξεταζόμενο/η. Στην παρούσα εργασία

χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση των Mirwald et al. (2002) για τον προσδιορισμό της βιολογικής ηλικίας των δοκιμαζομένων. Η εκτίμηση της ωρίμανσης με αυτή την εξίσωση είναι μέσα στο όριο του ± 1 έτους για το 95% των περιπτώσεων. Επειδή η μέτρηση με τη μέθοδο των γεννητικών οργάνων θεωρείται ως επεμβατική, για εύχρηστους λόγους χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση πρόβλεψης των Mirwald και συνεργατών (2002).

5.7 Συμπεράσματα εργασίας

Για τους σκοπούς της εργασίας 9 νεαροί αθλητές ασκήθηκαν για περίπου 60 λεπτά στο δαπεδοεργόμετρο σε δύο διαφορετικές συνθήκες, με ή χωρίς υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Επίσης, 3 ώρες πριν την άσκηση έγινε πρόσληψη γεύματος υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, το οποίο ήταν παρόμοιο και για τις δύο συνθήκες. Τα συμπεράσματα της διατριβής είναι τα εξής:

- Η συνδυαστική πρόσληψη υδατ-ανθράκων (πριν & κατά την άσκηση) βελτίωσε τον χρόνο εξάντλησης κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας απόδοσης στο κυκλο-εργόμετρο σε σχέση με την συνθήκη του εικονικού ποτού (30%), πιθανότατα μέσω της διατήρησης των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου. (Nicholas et al. 1999, Foskett et al. 2008, Clarke et al. 2008). Η παρούσα εργασία είναι η πρώτη μελέτη που διεξήχθη σε εργαστηριακό περιβάλλον

με ομοιογένεια δείγματος ως προς την ωρίμανση και έλεγξε την επίδραση του προασκησιακού γεύματος 2,2g/kgΣΒ.

- Με την συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων υπήρξε ηπιότερη πτώση της δύναμης στον τετρακέφαλο μυ πριν και μετά την άσκηση (Δ MVC) σε σχέση με το εικονικό ποτό. Το αποτέλεσμα αυτό σε συνδυασμό με την βελτίωση του τοπικού RPE μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συνδυαστική πρόσληψη υδατανθράκων μείωσε την περιφερική κόπωση.
- Η δυναμομέτρηση του άνω άκρου αποτελεί μέτρηση για την διερεύνηση της κεντρική κόπωσης όταν ο μυς δεν συμμετέχει στην άσκηση. Υπό τον παρόντα πειραματικό σχεδιασμό, η δύναμη του άνω άκρου δεν σημείωσε πτώση. Είναι πιθανόν το προασκησιακό γεύμα των 2,2g/kg*ΣΒ να ωφέλησε στην μη εμφάνιση της κεντρική κόπωσης.
- Το πρωτόκολλο προσομοίωσης είναι το πρώτο εργαστηριακό που σχεδιάστηκε με βάση τις κινηματικές αναλύσεις ποδοσφαιρικών αγώνων στα παιδιά. Η μείωση του χρόνου εξάντλησης στην δοκιμασία απόδοσης σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου αποδεικνύει ότι το πρωτόκολλο προσομοίωσης αγώνα παιδικού ποδοσφαίρου προκάλεσε σημαντική κόπωση. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται και από την πτώση της

μέγιστης εθελούσιας σύσπασης για το κάτω άκρο και την σημαντική άνοδο του RPE κατά τη διάρκεια της άσκησης. Τέλος, η συνολική καλυπόμενη απόσταση για το πρωτόκολλο άσκησης πλησιάζει την απόσταση που καλύπτεται σε επίσημους αγώνες ποδοσφαίρου από παιδιά κάτω των 14 ετών.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aaserud, R., Gramvik, P., Olsen, S.R. & Jensen, J. (1998). Creatine supplementation delays the onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **8**, 247-251.
- Armstrong N (ed). (2007). Paediatric exercise physiology. Churchill Livingstone Elsevier, Philadelphia.
- Ali, A., Williams, C., Nicholas, C.W. & Fosskett, A. (2007). The influence of carbohydrate-electrolyte ingestion on soccer skill performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **39**(11), 1969-1976.
- Ali, A. & Williams, C. (2009). Carbohydrate ingestion and soccer skill performance during prolonged intermittent exercise. *Journal of Sports Sciences*, **27** (14), 1499-508.
- Ali, A., Gardiner, R., Fosskett, A., & Gant, N. (2011). Fluid balance, thermoregulation and sprint and passing skill performance in female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **21**(3), 437-45.
- Abbey, E.L. & Rankin JW. (2009). Effect of ingesting a honey-sweetened beverage on soccer performance and exercise-induced cytokine response. *International Journal of Sports Nutrition & Exercise Metabolism*, **19**, 659-72.
- American Dietetic Association. Position stand of the American Dietetic Association and the Canadian Dietetic Association. (1993). Nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. *Journal American Dietetic Association*, **93**, 691-696.
- American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand.(2009). Nutrition and athletic performance. *Medicine Science Sports Exercise*, **41**, 709-731.
- Ament, W., & Verkerke, G.J. (2009). Exercise and fatigue. *Sports Medicine*, **39** (5): 389-422.
- Aucouturier, J., Baker, J.S, & Duche' P. (2008). Fat and carbohydrate metabolism during submaximal exercise in children. *Sports Medicine*, **38**, 213-238.
- Backhouse, S.H., Ali, A., Biddle, S.J.H., & Williams, C. (2007). Carbohydrate ingestion during prolonged high-intensity intermittent exercise: impact on affect and perceived exertion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **17**: 605-610.
- Baker, L.B., Conroy, D.E. & Kenney, W.L. (2007α). Dehydration impairs vigilance-related attention in male basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **39**(6), 976-983.
- Baker, L.B., Dougherty, K.A., Chow, M. & Kenney, W.L. (2007β). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **39**(7), 1114-1123.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, **13** (2), 152-7
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer – with special reference to intense

- intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, **151**(suppl. 619), 1 – 155.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, **24** (7), 665-74.
- Bangsbo, J., Iaia, M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **2**(2), 111-27.
- Belanger, A.Y. & McComas, A.J. (1981). Extent of motor unit activation during effort. *Journal of Applied Physiology*, **51**, 1131–1135.
- Bendiksen, M., Biscoff, R., Randers, M.B., Mohr, M., Rollo, I., Suetta, C., Bangsbo, J., & Krstrup, P. (2012). The Copenhagen soccer test: physiological response and fatigue development. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, **44**(8), 1595-1603.
- Bennett, C., Chilibeck, P.D., Barss, T., Vatanparast, H., Vandenberg, A., & Zello, G.A. (2012). Metabolism and performance during extended high-intensity intermittent exercise after consumption of low- and high-glycaemic index pre-exercise meals. *British Journal of Nutrition*, **108** Suppl. 1: S81-90.
- Burgess, M.L., Robertson, R.J., Davis, J.M., & Norris, J.M. (1990). RPE, blood glucose, and carbohydrate oxidation during exercise: effects of glucose feedings. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, **23**, 353-9.
- Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E. & Saltin, B. (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, **71**, 140–150.
- Bigland-Ritchie, B., Jones, D.A., Hosking, G.P. & Edwards, R.H.T. (1978). Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. *Clinical Science and Molecular Medicine*, **54**, 609-14.
- Buchheit, M., Simpson, B.M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Repeated high-speed activities during youth soccer games in relation to changes in maximal sprinting and aerobic speeds. *International Journal of Sports Medicine*, **34** (1), 40-8.
- Bradley, P.S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., et al. (2011). The effects of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, **29**, 821–30.
- Boisseau, N., Delamarche, P. (2000). Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. *Sports Medicine*, **30**, 405– 422.
- Brouns, F., Rehrer, N.J., Saris, W.H.M., Beckers, E., Menheere, P., & ten Hoor, F. (1989). Effect of carbohydrate intake during warming up on the regulation of blood glucose during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, **10**, S568–S575.
- Burke, L.,M., Claassen, A., Hawley, J.,A., & Noakes, T.D. (1998). Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes the effect of glycemic index of preexercise meal. *Journal of Applied Physiology*, **85**, 2220-6.
- Burke, L.,M., Cox, G.,R., Cummings, N.,K., Desbrow, B. (2001). Guidelines for daily CHO intake: do athletes achieve them? *Sports Medicine*, **31**, 267–299.
- Burke, L.,M., Kiens, B., Ivy, J.,L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, **22**, 15–30.
- Burke, ER., Ekblom, B. (1982). The influence of fluid ingestion and dehydration on precision and endurance in tennis. *Athletic Training*, **17**, 275-7.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B.M., & Bourdon, P.C. (2010a). Match running performance fitness in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, **31**, 818 – 825.

- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B.M., & Bourdon, P.C. (2010β). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *International Journal of Sports Medicine*, **31**, 709 – 716.
- Cairns, S.P., Knicker, A.J., Thompson, M.W., & Sjodaard, G. (2005). Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, **33**(1),9-16.
- Capranica, L., Tessitore, A., Guidetti, L., & F. Figura (2001): Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *Journal of Sports Sciences*, **19**:6, 379-384.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer. Contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine*, **38**, 839-62
- Casey, A., Mann, R., Banister, K., Fox, J., Morris, P.G., MacDonald, I.A. & Greenhaff, P.L. (2000). Effect of carbohydrate ingestion on glycogen resynthesis in human liver and skeletal muscle, measured by ¹³C MRS. *American Journal of Physiology*, **278**, E65–E75.
- Castagna, C., D'Ottavio, S., & Abt, G. (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play.[abstract]. *Journal of Strength & Condition Research*, **17**(4),775-780.
- Clarke, N.D., Drust, B., Maclaren, D.P. & Reilly, T. (2008). Fluid provision and metabolic responses to soccer-specific exercise. *European Journal of Applied Physiology*, **104** (6), 1069-7.
- Chamari K, Moussa-Chamari I, Boussaïdi L, Hachana Y, Kaouech F, Wisløff U. (2005). Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer pl-ayers. *British Journal of Sports Medicine*, **39**(2), 97-101.
- Chen YJ, Wong SHS, Chan C.O., Wong, C.J., Lam, C.W., & Siu, P.M . (2009). Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. *Journal of Science & Medicine in Sports*, **12**, 697-703.
- Chin ER, Allen DG (1998).The contribution of pH-dependent mecha-nisms to fatigue at different intensities in mammalian single muscle fibres. *Journal of Physiology*, **512**, 831–840.
- Cheung, S.S., & Sleivert, G.G. (2004). Multiple triggers for hyperthermic fatigue and exhaustion. *Exercise and Sports Science Reviews*, **32**, 100-6.
- Chryssanthopoulos, C., Hennessy, L., & Williams, C. (1994α). The influence of pre-exercise glucose ingestion on endurance exercise capacity. *British Journal of Sports Medicine*, **28**,105-109.
- Chryssanthopoulos, C., Williams, C., Wilson, W., Asher, L., & Hearne L. (1994β). Comparison between carbohydrate feedings before and during exercise on running performance during a 30-km treadmill time trial. *International Journal of Sports Nutrition*, **4**, 374-386.
- Chryssanthopoulos, C., C. Williams, C. Novitz, C. Kotsipoulou, & V. Vleck (2002). The effect of a high carbohydrate meal on endurance running capacity. *International Journal of Sports Nutrition & Exercise Metabolism*, **12**, 157-171.
- Coggan, A., & Coyle, E. (1989). Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **21**, 59 – 65.
- Costill, D.L., Coyle, E., Dalsky, G., Evans, W., Fink, W. & Hoopes, D. (1977).

- Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *Journal of Applied Physiology*, **43**, 695–699.
- Coyle, E., Hagberg, J., Hurley, B., Martin, W., Ehsani, A., & Holloszy, J. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *Journal of Applied Physiology*, **55**, 230 – 235.
- Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hemmert, M.K., Lowe, R.C. & Walters, T.J. (1985). Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *Journal of Applied Physiology*, **59**, 429–433.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hemmert, M. K., & Ivy, J. L. (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology*, **61**, 165 – 172.
- Currie, D., Bonen, A., Belcastro, A.N., Kirby, R.L., Sopper, M., & Richards, A.L. (1981) Glycogen utilization and circulating substrate responses during match play soccer and soccer training sessions[abstract]. *International Journal of Sports Medicine*, **2**, 271.
- Davis JM, Bailey SP, Woods JA, Galiano, F., Hamilton M.T. & Bartoli, W.P. (1992). Effect of carbohydrate feedings on plasma free tryptophan and branch-chain amino acids during prolonged cycling. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **65** (6), 513-9.
- Davis, J.M., & Bailey, S.P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, **29**, 45-57.
- Delamarche, P., Monnier, M., Gratas-Delamarche, A., Koubi, H.,E., Mayet, M.,H., Favier, R. (1992). Glucose and free fatty acid utilization during prolonged exercise in prepubertal boys in relation to catecholamine responses. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **65**, 66–72.
- Delamarche, P., Gratas-Delamarche, A., Monnier, M., Mayet, M.,H., Koubi, H.,E., Favier, R. (1994). Glucoregulation and hormonal changes during prolonged exercise in boys and girls. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **68**, 3– 8.
- Dougherty, K.A., Baker, L.B., Chow, M. & Kenney, L.B. (2006). Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **38**(9), 1650-1658.
- Drust, B., Rasmussen, P., Mohr, M., Nielsen, B., & Nybo, L. (2005). Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, **183**, 181–190.
- Duffield, R., Reid, M., Baker, J., & Spratford, W. (2009). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **13**, 523–525.
- Duhamel, T.A, Green, H.J., Perco, J.G., & Ouyang, J. (2006α). Effects of prior exercise and a low-carbohydrate diet on muscle sarcoplasmic reticulum function during cycling in women. *Journal of Applied Physiology*, **101**, 695-706.
- Duhamel, T.A., Perco, J.G., & Green, H.J. (2006β). Manipulation of dietary carbohydrates after prolonged effort modifies muscle sarcoplasmic reticulum responses in exercising males. *Americal Journal of Physiology*, **291**, R1100-1110.
- Edwards, R.H.T. (1981). Human muscle function and fatigue. In: Human

- Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms, edited by R. Porter and J. Whelan. London: Pitman Medical, 1981, p. 1-18. (Ciba Found. Symp. 82).
- Enoka, R.M. & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: What, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*, **586** (1), 11-23.
- Eriksson, B.,O., Karlsson, J., Saltin, B. (1971). Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatrica Scandinavica*, Suppl **217**, 154 –157.
- Eriksson, B.,O., Gollnick, P.D., & Saltin, B. (1973). Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiologica Scandinavica*, **87**(4), 485-97.
- Erith, S., Williams, C., Stevenson, E., Chamberlain, S., Crews, P., & Rushbury, I. (2006). The effect of high carbohydrate meals with different glycemic indices on recovery of performance during prolonged intermittent high intensity shuttle running. *International Journal of Sport Nutrition Exercise and Metabolism*, **16** (4), 393-404.
- Esposito, F., Impellizzeri, F.M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G. & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, **93** (1-2), 167-172.
- Febbraio, M.A., Keenan, J., Angus, D.J., Campbell, S.E. & Garnham, A.P. (2000α). Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *Journal of Applied Physiology*, **89**, 1845–1851.
- Febbraio, M.A., Chiu, A., Angus, D.J., Arkinstall, M.J., & Hawley, J.A. (2000β). Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *Journal of Applied Physiology*, **89**, 2220–2226.
- Febbraio, M.A., Steensberg, A., Keller, C., Starkie, R.L., Nielsen, H.B., Krstrup, P., Ott, P., Secher, N.H., & Pedersen, B.K. (2003). Glucose ingestion attenuates interleukin-6 release from contracting skeletal muscle in humans. *Journal of Physiology*, **549**(2), 607-612.
- Fitts, R.H. (1994). Cellular mechanisms of fatigue. *Physiological Reviews*, **8**, 165-9.
- Foskett, A., Williams, C., Boobis, L. & Tsintzas, K. (2008). Carbohydrate availability and muscle energy metabolism during intermittent running. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, **40**(1), 96-103.
- Galassetti, P.,R., Iwanaga, K., Crisostomo, M., Zaldivar, F.,P., Larson, J., Pescatello, A. (2006). Inflammatory cytokine, growth factor and counter regulatory responses to exercise in children with type 1 diabetes and healthy controls. *Pediatric Diabetes*, **7**, 16 –24.
- Galbo, H. (1983). Hormonal and metabolic adaptations to exercise (pp. 1 – 144). New York: Thime-Stratton.
- Galbo, H. (1992). Exercise physiology: Humoral function. *Sport Science Reviews*, **1**, 65 – 93.
- Gandevia, S.C., Allen, G.M., Butler, J.E. & Taylor, J.L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *Journal of Physiology*, **490**, 529 –536.
- Gleeson, N.P., Reilly, T., Mercer, T.H., Rakowski, S. & Rees, D. (1998). Influence of acute endurance activity on leg neuromuscular and musculoskeletal performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **30**, 596 – 608.

- Glaister M., (2005). Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, **35** (9), 757-77.
- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Bellow, P.R. & Coyle, E.F. (1995). Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *Journal of Applied Physiology*, **79**, 1487-1496.
- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P.R., & Coyle, E.F. (1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *Journal of Applied Physiology*, **82**, 1229-36.
- Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S., Jensen, F., Hyldeg, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, **86**, 1032-9.
- Gonzalez-Alonso, J., Grandall, C.G., Johnson, J.M. (2008). The cardiovascular challenge of exercise in the heat. *Journal of Physiology*, **586** (1), 45-53.
- Hargreaves, M., Costill, D. L., Coggan, A., Fink, W. J. & Nishibata, I. (1984). Effect of carbohydrate feedings on muscle glycogen utilisation and exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **16**, 219-222.
- Harley, J.A., Barnes, C.A., Portas, M., Lovell, R., Barrett, S., Paul, D., & Weston, M. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players . *Journal of Sports Sciences*, **28**, 1391 - 1397.
- Hawley, J.A., Burke, L.M., Angus, D.J., Fallon, K.E., Martin, D.T. & Febbraio, M.A. (2000). Effect of altering substrate availability on metabolism and performance during intense exercise. *British Journal of Nutrition*, **84**, 829-838.
- Hendelman, D.L., Ornstein, K., Debold, E.P., Volpe, S.L., Freedson, P.S. (1997). Preexercise feeding in untrained adolescent boys does not affect responses to endurance exercise or performance. *International Journal of Sport Nutrition* **7**(3), 207-18.
- Herbert, R.D. & Gandevia, S.C. (1999). Twitch interpolation in human muscles: Mechanisms and implications for measurement of voluntary activation. *Journal of Neurophysiology* **82**, 2271-2283.
- Holloszy, J.O., & Kohrt, W.M. (1996). Regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Annual Review of Nutrition*. **16**, 121-38.
- Hornery, D.J., Farrow, D., Mujika, I., & Young, W. (2007). Fatigue in tennis. Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Medicine*, **37**, 199-212.
- Hultman, E. (1967). Studies on muscle metabolism of glycogen and active phosphate in man with special reference to exercise and diet. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, **94**, 1-63.
- Hulton, A.T., Gregson W., Maclaren D., & Doran, D. A. (2012). Effects of GI meals on intermittent exercise. *International Journal of Sports Medicine*, **33**, 756-762.
- Hulton, A.T., Eddwards, G.P., Gregson W., Maclaren D., Doran, D. A. (2013). Effect of fat and CHO meals on intermittent exercise in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, **34**, 165-169.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L.C., Kemi, O.J. & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, **36**(3), 218-212.

- Jacobs, I., Westlin, N., Karlson, J., Rasmusson, M., & Houghton, B. (1982). Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, **48**, 297-302.
- Jeukendrup, A.E., & Killer, S.C. (2010). The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *Annals of Nutrition and Metabolism*, **57**(suppl 2), 18-25.
- Katch, V.L., McArdle, W.D., & Katch, F.I. (2011). *Essentials of exercise physiology*. 4th ed.
- Kendall, F.P., McCreary E.K., Provance P.G. (1993). *Muscles testing and function*, Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Knicker, Axel J., Renshaw, Ian, Oldham, Anthony R.H., & Cairns, Simeon, P. (2011) Interactive processes Link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Medicine*, **41**(4), pp. 307-328.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine Science Sports Exercise*, **38**(6), 1165-1174
- Krustrup, P., Ortenblad, N., Nielsen, J., Nybo, L., Gunnarsson, P.T.H., Iaia, F.M., Madsen, K., Stephens, F., Greenhaff, P., & Bangsbo, J. (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72h after a high-level competitive soccer game. *European Journal of Applied Physiology*, **111**, 2987-2995.
- Kuno, S., Takahashi, H., Fujimoto, K., Akima, H., Miyamaru, M., Nemoto, I., Itai, Y., Katsuta, S. (1995). Muscle metabolism during exercise using phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy in adolescents. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **70**, 301-304.
- Leatt, P.B., & Jacobs, I. (1989). Effect of glucose polymer ingestion on glycogen depletion during a soccer match. *Canadian Journal of Sports Science*, **14**(2), 112-116.
- Little JP, Chilibeck PD, Ciona D, Vandenberg, A., & Zello G.A. (2009). The effect of low- and high-glycemic index foods on high-intensity intermittent exercise. *International Journal of Sports Nutrition & Exercise Metabolism*, **4** (3), 367-80
- Little JP, Chilibeck PD, Ciona D, Forbes, S., Rees, H., Vandenberg, A., & Zello G.A. (2010). Effect of low- and high-glycemic index meals on metabolism and performance during high-intensity, intermittent exercise. *International Journal of Sports Nutrition & Exercise Metabolism*, **20** (6), 447-56
- Marjerrison, A.D., Lee, J.D., Mahon, A.D. (2007). Preexercise carbohydrate consumption and repeated anaerobic performance in pre- and early-pubertal boys. *International Journal of Sport Nutrition Exercise and Metabolism*. **17**(2), 140-51.
- Martinez, L.,R., Haymes, E.,M. (1992). Substrate utilization during treadmill run-ning in prepubertal girls and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **24**, 975-983.
- McGregor, S.J., Nicholas, C.W., Lakomy H.K., & Williams, C. (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *Journal of Sports Sciences*, **17**, 895-903
- Meckel, Y., Cottlieb, R. & Eliakim, A. (2009). Repeated sprint tests in young basketball players at different game

- stages. *European Journal of Applied Physiology*, **107**(3), 273-279.
- Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernandez, J., & Bishop, D. (2007). Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by singles tennis match play with reference to development of fatigue. *British Journal of Sports Medicine*, **41**, 717-22.
- Merton, P.A. (1954). Voluntary strength and fatigue. *Journal of Physiology*, **123**, 553-564.
- Meyer, F., O'Connor, H., & Shirreffs, S. (2007). *Journal of Sports Sciences*, **25**(S1), S73 – S82.
- Millet, G.Y., Martin, V., Lattier, G., Ballay, Y. (2003). Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after prolonged running exercise. *Journal of Applied Physiology*, **94**(1), 193-8.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J.J., & Bangsbo, J. (2004) Muscle temperature and sprint performance during soccer matches – beneficial effects of re-warm up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **14**, 156-162.
- Mohr, M., Rasmussen, P., Drust, B., Nielsen, B., & Nybo, L. (2006). Environmental heat stress, hyperammonemia and nucleotide metabolism during intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, **97**, 89-95
- Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J., & Racinais, S. (2012). Physiological responses and physical performance during football in the heat. *Plos One*, **7**(6), e39202
- Mohr, M. & Krstrup, P. (2013). Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *Journal of Strength and Condition Research*, **27**(3), 683-689.
- Morse, M., Schlutz, F.W., Cassels, D.E. (1949). Relation of age to physiological responses of the older boy (10-17 years) to exercise. *Journal of Applied Physiology*, **1**, 683-709.
- Moseley, L., Lancaster, G.I., & Jeukendrup, A.E. (2003). Effects of timing of pre-exercise ingestion of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *European Journal of Applied Physiology*, **88**: 453-458.
- Mujika, I., Padilla, S., Ibanez, J., Izquierdo, M. & Gorostiaga, E. (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **32**, 518-525.
- Nassis, G.P., Williams, C. & Chisnall, P. (1998). Effect of a carbohydrate-electrolyte drink on endurance capacity during prolonged intermittent high-intensity running. *British Journal of Sports Medicine*, **32**, 248-52
- Nemet, D., & Eliakim, A. (2004). Pediatric sports nutrition: An update. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, **12**, 304-309.
- Neufer, P.D., Costill, D.L., Flynn, M.G., Kirwan, J.P., Mitchell, J.B., & Houmard, J. (1987). Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feedings and diet. *Journal of Applied Physiology*, **62** (3), 983-8.
- Nicholas, C.W., Tsintzas, K., Boobis, L. & Williams, C. (1999). Carbohydrate-electrolyte ingestion during intermittent high-intensity running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **31** (9), 1280-67.
- Nicholas, C.W., Williams, C., Lakomy, H.K.A., & Nowitz, A. (1995) Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Science*, **13**, 283-290.
- Nielsen, B., Hales, J.R.S., Strange, N.J., Christensen, N.J., Warberg, J., &

- Saltin, B. (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *Journal of Physiology*, **460**, 467–85.
- Nielsen, J., Holmberg, H.C., Schrober, H.D., Saltin, B., & Ortenblad, N. (2011). Human skeletal muscle glycogen utilization in exhaustive exercise: Role of subcellular localization and fiber type. *Journal of Physiology*, **589**, 2871–2885.
- Nielsen, J., Krstrup, P., Nybo, L., Gunarsson, T.P., Madsen, K., Scrober, H.D., Bangsbo, J., & Ortenblad, N. (2012). Skeletal muscle glycogen content and particle size of distinct subcellular localizations in the recovery period after a high-level soccer match. *European Journal of Applied Physiology*, **112**, 3559–3567.
- Nilsson, L. H. S., Furst, P., & Hultman, E. (1973). Carbohydrate metabolism of the liver in normal man under varying dietary conditions. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigations*, **32**, 331 – 337.
- Nilsson, L. H. S., & 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 Investigations*, **32**, 325 – 330.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Middle cerebral artery blood flow velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. *Journal of Physiology*, **534**, 279–86.
- Nybo, L., Møller, K., Volianitis, S., Nielsen, B., Secher, N.H. (2002). Effects of hyperthermia on cerebral blood flow and metabolism during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, **93**, 58–64.
- Nybo, L., Møller, K., Pedersen, B.K., Nielsen, B., & Secher, N.H. (2003a). Association between fatigue and failure to preserve cerebral energy turnover during prolonged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, **179**, 67–74.
- Nybo, L. & Secher, N.H. (2004). Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Progress in Neurobiology*, **72**, 223–261.
- O'Connor FG, Casa DJ, Bergeron MF, Carter, R., Deuster, P., Heled, Y., Kark, J., Leon, L., McDermott, B., O'Brien, K., Roberts, W.O., & Sawka, M. (2010). American College of Sports Medicine roundtable on exertional heat stroke-return to duty/return to play: conference proceedings. *Current Sports Medicine Reports*, **9**, 314–21.
- Okano, G., Takeda, H., Morita, I., Katoh, M., Mu, Z., & Miyake, S. (1988). Effect of pre-exercise fructose ingestion on endurance performance in fed man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **20**, 105–109.
- Okano, G., Sato, Y., Takumi, Y. and Sugawara, M. (1996). Effect of 4h preexercise high carbohydrate and high fat meal ingestion on endurance performance and metabolism. *International Journal of Sports Medicine*, **17**, 530–534.
- Ortenblad, N., Nielsen, J., Saltin, B., & Holmberg H.C. (2011). Role of glycogen availability in sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} kinetics in human skeletal muscle. *Journal of Physiology*, **589**, 711–725.
- Ortenblad, N., Westerblad, H., & Nielsen, J. (2013). Muscle glycogen stores and fatigue. *Journal of Physiology*, **591**, 4405–13.
- Oseid, S., Hermansen, L. (1971). Hormonal and metabolic changes during and after prolonged muscular work in pre-pubertal boys. *Acta Paediatrica Scandinavica*, Suppl **217**, 147–153.

- Peronnet, F., Massicotte, D., Brisson, G., Hillaire-Marcel, C. (1990). Use of ¹³C substrates for metabolic studies in exercise: methodological considerations. *Journal Applied Physiology*, **69**, 1047–1052.
- Petrie, H., Stover, E., & Horswill, G. (2004). Nutritional concerns for the child and adolescent competitor. *Nutrition*, **20**, 620 – 631.
- Phillips, S.M., Turner, A.P., Gray, S., Sanderson, M.F., & Sproule, J. (2010). Ingesting a 6% carbohydrate-electrolyte solution improves endurance capacity, but not sprint performance, during intermittent, high intensity shuttle running in adolescent team games players aged 12-14 years. *European Journal of Applied Physiology*, **109**, 811-821.
- Phillips, S.M., Sproule, J. & Turner, A.P. (2011). Carbohydrate ingestion during team games exercise: current knowledge for future areas investigation. *Sports Medicine*, **41** (7), 559-585.
- Phillips S. (2012). Carbohydrate supplementation and prolonged intermittent high-intensity exercise in adolescents. *Sports Medicine*, **42** (10), 817-828.
- Pitsiladis, Y.P., Smith, I. and Maughan, R.J. (1999). Increased fat availability enhances the capacity of trained individuals to perform prolonged exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **31**, 1570–1579.
- Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A. & Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer . *Journal of Sports Sciences*, **21**, 933 – 942.
- Ratel, S., Duche, P., & Williams, G. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*, **36** (12), 1031-1065.
- Reilly, T., & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match play. *Journal of Human Movement Studies*, **97**.
- Reilly, T., Drust, B., & Clarke, N. (2008). Muscle fatigue during soccer match play. *Sports Medicine*, **38** (5), 357-67.
- Rico-Sanz, J., Zehnder., Buchli R., Dambach, M., & Boutellier, U. (1999). Muscle glycogen degradation during simulation of a fatiguing soccer match in elite soccer players noninvasively by ¹³C-MRS. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **31** (11), 1587-93.
- Riddell, M.C. (2008). The endocrine response and substrate utilization during exercise in children and adolescents. *Journnal of Applied Physiology*, **105**,725–733.
- Riddell, M.,C., Bar-Or, O., Hollidge-Horvat, M., Schwarcz, H.P., Heigen-hauser, G.,J. (2000A). Glucose ingestion and substrate utilization during exercise in boys with IDDM. *Journal Applied Physiology*, **88**, 1239 –1246.
- Riddell, M.,C., Bar-Or, O., Schwarcz, H.,P., Heigenhauser, G.,J. (2000B). Substrate utilization in boys during exercise with [¹³C]-glucose ingestion. *European Journal of Applied Physiology*, **83**, 441– 448.
- Riddell, M.,C., Bar-Or, O., Wilk, B., Parolin, M.,L., Heigenhauser, G.,J. (2001). Substrate utilization during exercise with glucose and glucose plus fructose ingestion in boys ages 10 –14 yr. *Journal Applied Physiology*, **90**, 903–911
- Robinson, S. (1938). Experimental studies of physical fitness in relation to age. 10: 251–323, 1938.
- Romijn, J.A., Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Gastaldelli, A., Horowitz, J.F., Endert, E., & Wolfe, R.,R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation

- to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiology Endocrinology & Metabolism*, **265**, E380–E391.
- Rowland, T.,W., Maresh, C.,M., Charkoudian, N., Vanderburgh, P.,M., Castellani, J.,W., Armstrong, L.,E. (1996). Plasma norepinephrine responses to cycle exercise in boys and men. *International Journal of Sports Medicine*, **17**, 22–26.
- Rowland, T. (2011). Fluid replacement requirements for children athlete. *Sports Medicine*, **41** (4), 279-288.
- Rowland, T. (2013). Oxygen uptake and endurance fitness in children, revisited. *Pediatric Exercise Science*, **25**, 508-514.
- Robson-Ansley, P.J., de Milander, L., Collins, M., & Noakes, T.D. (2004). Acute interleukin-6 administration impairs athletic performance in healthy, trained male runners. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **29**, 411-8.
- Russell, M., Rees, G., Benton, B., & Kingsley, M. (2011). An exercise protocol that replicates soccer match-play. *International Journal of Sports Medicine*, **32**(7): 511-8.
- Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine & Science in Sports*, **5**, 137-46.
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., & Soderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta physiologica*, **162**, 261-266.
- Sawka, M.N., Knowlton, R.G., & Critz, J.B. (1979). Thermal and circulatory responses to repeated bouts of prolonged running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **11**, 177–180.
- Sejersted, O. M., & Sjogaard, G. (2000). Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiological Reviews*, **80**(4), 1411 – 1481.
- Sherman, W.M., Brodowicz, G., Wright, D.A., Allen, W.K., Simonsen, J. & Dernbach, A. (1989). Effects of 4 h preexercise carbohydrate feedings on cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **21**, 598–604.
- Sherman, W., M. Peden, and D. Wright (1991). Carbohydrate feedings 1 h before exercise improves cycling performance. *American Journal of Clinical Nutrition*, **54**, 866-870.
- Steensberg, A., Febbraio, M.A., Osada, T., Schjerling, P., van Hall, G., Saltin, B. & Pedersen, B.K. (2001). Interleukin-6 production in contracting human skeletal muscle is influenced by pre-exercise muscle glycogen content. *Journal of Physiology*, **537**, 633–639.
- Stephens, B.,R., Cole, A.,S., Mahon, A.,D.(2006).The influence of biological maturation on fat and carbohydrate metabolism during exercise in males. *International Journal of Sport Nutrition Exercise and Metabolism*, **16**, 66 –179.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, **35**(6), 501-536.
- Stroyer, J., Hansen, L., & Klausen K. (2004). Physiological profile activity pattern of young soccer players during match play . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **36**, 168 – 174.
- Taylor, J.L., Todd, G. & Gandevia, S.C. (2006). Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, **33**, 400–405.
- Thomas, D.E., Brotherhood, J.R., & Brand, J.C. (1991). Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index *International Journal of Sports Medicine*, **12**, 180–186.

- Thomas, C.K., Woods, J.J. & Bigland-Ritchie, B. (1989). Impulse propagation and muscle activation in long maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology*, **67**, 1835-42.
- Thorlund, J.B., Michalsik, L.B., Madsen, K. & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **18**(4), 462 – 472.
- Thorlund, J.B., Aagaard, P. & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *International Journal of Sports Medicine*, **30**, 273-278.
- Timmons, B.W., Bar-Or, O., & Riddell, M.C. (2003). Oxidation rate of exogenous carbohydrate during exercise is higher in boys than in men. *Journal of Applied Physiology*, **94**, 278 –284.
- Timmons, B.W., Bar-Or, O., Riddell, M.C. (2007). Influence of age and pubertal status on substrate utilization during exercise with and without carbohydrate intake in healthy boys. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* **32**, 416–425
- Tonson, A., Ratel, S., Le Fur, Y., Vilmen, C., Cozzone, P., Bendahan, D. (2010). Muscle energetics changes throughout maturation: a quantitative 31 P-MRS analysis. *Journal Applied Physiology*, **109**, 1769–1778
- Venables, M.,C., Achten, J., Jeukendrup, A.,E. (2005). Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study *Journal Applied Physiology*, **98**, 160 –167.
- Vukovich, M.D., Costill, D.L., Hickey, M.S., Trappe, S.W., Cole, K.J. & Fink, W.J. (1993). Effect of fat emulsion infusion and fat feeding on muscle glycogen utilization during cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, **75**, 1513–1518.
- Wasserman, K., & McIlroy, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *American Journal of Cardiology*, **14**, 844–852.
- Welsh, R.S., Davis, M., Burke, J.R. & Williams, H.G. (2002). Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**(4), 723-731.
- Westerblad, H., Lee, J.A., Lannergren, J., & Allen, D.G. (1991). Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, **261**, C195-209.
- Whitley, H.A., Humphreys, S.M., Campbell, I.T., Keegan, M.A., Jayanetti, T.D., Sperry, D.A., MacLaren, D.P., Reilly, T. and Frayn, K.N. (1998). Metabolic and performance responses during endurance exercise after high-fat and high-carbohydrate meals. *Journal of Applied Physiology*, **85**, 418–424.
- Williams, C., & Serratos, L. (2006): Nutrition on match day. *Journal of Sports Sciences*, **24**:07, 687-697.
- Wilk, B., Yuxiu, H. & Bar-Or, O. (2002) Effect of hypohydration on aerobic performance of boys who exercise in the heat [abstract]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, S48.
- Winnick, J.J., Davis, M., Welsh, R.S., Carmichael, M.D., Murphy, E.A. & Blackmon, J.A. (2005). Carbohydrate feeding during team sport exercise preserve physical and CNS function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **37**(2), 306-315.
- Yaspelkis, B.B., Patterson, J.G., Anderla, P.A., Ding, Z., & Ivy, L. (1993). Carbohydrate supplementation spares muscle glycogen during variable-

- intensity exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75, 1477-1485.
- Zakrzewski, J.K., Stevenson, E.J., Tolfrey, K. (2012). Effect of breakfast glycemic index on metabolic response during rest and exercise in overweight and non-overweight adolescents girls. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(4), 436-42.
- Zakrzewski, J., & Tolfrey, K. (2012). Comparison of fat oxidation over a range of intensities during treadmill and cycling exercise in children, *European Journal of Applied Physiology*, 112 (1), 163-71.
- Zanconato, S., Cooper, D.M., Barstow, T.J., & Landaw, E. (1992). $^{13}\text{CO}_2$ washout dynamics during intermittent exercise in children and adults. *Journal Applied Physiology*, 73, 2476–2482.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ ΕΝΗΛΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



**ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ -ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ ΚΗΛΕΜΟΝΑ ΚΑΙ
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ.**

Η έρευνα στην οποία πρόκειται να προσυπογράψετε τη συμμετοχή σας διεξάγεται στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τα πειράματα θα λάβουν χώρα στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας εντός του τμήματος. Το κύριο μέρος του πειράματος περιλαμβάνει δυναμομετρήσεις των άκρων, δοκιμασία απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο και η άσκηση προσομοίωσης ενός αγώνα ποδοσφαίρου, αναλυτικότερα:

Προσομοίωση αγώνα ποδοσφαίρου: Πρόκειται για άσκηση παρατεταμένης διάρκειας (70') αυξομειούμενης έντασης και ενδιάμεσο διάλειμμα 15 λεπτών, που προκαλεί νευρομυϊκές και φυσιολογικές αποκρίσεις παρόμοιες με έναν αγώνα ποδοσφαίρου. Εκτελείται σε δαπεδοεργόμετρο (εξειδικευμένος διάδρομος). Η συγκεκριμένη άσκηση θα επιφέρει κόπωση ανάλογη με έναν αγώνα ποδοσφαίρου, ωστόσο υπάρχουν ελάχιστες πιθανότητες για συμβάν λιποθυμίας.

Δυναμομετρήσεις: Πρόκειται για δοκιμασία που εκτελείται πριν και μετά την προσομοίωση του αγώνα ποδοσφαίρου, με την συμμετοχή των άνω και κάτω άκρων για την μέτρηση της μέγιστης ισχύος.

Δοκιμασία εξάντλησης: Εκτελείται σε κυκλοεργόμετρο (ποδήλατο) μετά την προσομοίωση του αγώνος ποδοσφαίρου, σε σταθερή ένταση μέχρι την κόπωση και την αδυναμία περαιτέρω ποδηλάτησης. Είναι πιθανόν κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας να αισθανθείτε κόπωση στα κάτω άκρα με ελάχιστες πιθανότητες τάσης λιποθυμίας.

Είναι σημαντικό να γνωρίζετε πως το εργαστήριο διαθέτει πλήρη μηχανισμό πρώτων βοηθειών κι εξειδικευμένο προσωπικό για να προλάβει και να επιληφθεί επικίνδυνων καταστάσεων. Είναι υποχρέωσης, ωστόσο, να μην αποκρύψετε οποιαδήποτε πληροφορία γνωρίζετε και σχετίζεται με την τωρινή κατάσταση υγείας ή πρότερο λιποθυμικό επεισόδιο. Σας τονίζουμε ότι μπορείτε να διακόψετε τη συμμετοχή σας στο πείραμα οποιαδήποτε στιγμή αισθανθείτε αδιαθεσία, πόνο ή οποιοδήποτε λόγο εσείς κρίνετε σοβαρό.

Σε κάθε περίπτωση δυσκολίας, προβληματισμού ή και ένστασης για την διαδικασία μπορείτε να απευθυνθείτε σε μένα τον ίδιο, στη Λέκτορα Αθλητικής Διατροφής & Υγείας κα. Ιφιγένεια Γιαννοπούλου ή στον Καθηγητή κ. Νίκο Γελαδά.

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας είναι εμπιστευτικά για χρήση δική σας και της ερευνητικής ομάδας. Σε περίπτωση δημοσιοποίησης των δεδομένων, αυτή θα είναι ανώνυμη.

Σας ευχαριστώ πολύ,

Μηλιώτης Παναγιώτης

Διάβασα το παραπάνω κείμενο και κατανόησα πλήρως τις διαδικασίες στις οποίες θα υποβληθώ. Συγκατατίθεμαι να συμμετάσχω αβίαστα και διατηρώ το δικαίωμα να σταματήσω ή να αποσυρθώ σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση.

Αθήνα, / / 2013

Ον/μο ερευνητή	Υπεύθυνος κηδεμόνας- ενήλικας	Ον/μο δοκιμαζομένου
Υπογραφή:	Υπογραφή:	Υπογραφή:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΥΓΕΙΑΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

Πριν την συμμετοχή σας σε οποιαδήποτε ερευνητική δραστηριότητα πρέπει να γνωρίζουμε την κατάσταση της υγείας σας. Για το λόγο αυτό καλείστε να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις, ώστε η συμμετοχή σας στην έρευνα να γίνει με την μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια. Παρακαλώ να διαβάσετε τις ερωτήσεις προσεκτικά και να απαντήσετε με ειλικρίνεια συμπληρώνοντας ή σημειώνοντας ΝΑΙ ή ΟΧΙ.

Ονοματεπώνυμο

.....

ΝΑΙ ΟΧΙ

1. Πότε ήταν η τελευταία φορά που έκανες πλήρη ιατρικό έλεγχο;

.....

2. Έχεις εξεταστεί σε εργομετρικό εργαστήριο; Αν ναι, πότε;.....

3. Σου έχουν αναφέρει ότι πάσχεις από κόποια χρόνια ή σοβαρή ασθένεια: Αν ναι, ποια ή ποιες;

.....

4. Έχετε οικογενειακό ιστορικό καρδιαγγειακού νοσήματος (π.χ. έμφραγμα, υπέρταση); Αν ναι, αναφέρατε το νόσημα, τα συγγενικά πρόσωπα καθώς και την ηλικία στην οποία τους παρουσιάστηκε.

.....

.....

.....

5. Σας έχει πει ποτέ ο γιατρός ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την καρδιά σας και ότι πρέπει να εκτελείτε φυσική δραστηριότητα που προτείνεται από κάποιο γιατρό;
6. Αισθάνεστε πόνο στο στήθος όταν εκτελείτε οποιαδήποτε δραστηριότητα;
7. Έχετε αισθανθεί την καρδιά σας να χτυπά ασυνήθιστα (σαν φτερουγίσματα);
8. Υπάρχουν φορές που η καρδιά σας χτυπά πολύ γρήγορα χωρίς ιδιαίτερο λόγο (ταχυκαρδίες);
9. Σας έχουν αναφέρει ποτέ ότι η πίεση του αίματος σας δεν είναι φυσιολογική;
10. Χάνετε την ισορροπία σας λόγω ζαλάδας;
11. Έχετε χάσει ποτέ τις αισθήσεις σας; Αν ναι για ποιο λόγο σας συνέβη;.....
.....
12. Έχετε κάποιο πρόβλημα στα οστά σας ή στις αρθρώσεις σας που χειροτερεύει όταν εκτελείτε φυσική δραστηριότητα;
13. Είστε αναιμικός;

14. Έχετε πρόβλημα με τη λήψη αίματος;

15. Κάνετε χρήση φαρμάκων ή διατροφικών συμπληρωμάτων;

Αν ναι, ποια;

16. Πως θα αξιολογούσατε τη γενική σας υγεία;

α) Άριστη β) Πολύ καλή γ) Καλή δ) Μέτρια ε) Κακή

17. Γυμνάζεστε συστηματικά; Πόσες φορές την εβδομάδα; Για πόσα χρόνια;

.....

18. Θεωρείτε ότι η φυσική σας κατάσταση είναι:

α) Χαμηλή β) Μέτρια γ) Καλή δ) Πολύ καλή ε) Άριστη

Διάβασα κατανόησα και συμπλήρωσα το παρόν ερωτηματολόγιο. Δηλώνω ότι μπορώ να συμμετέχω στις πειραματικές μετρήσεις.

Υπογραφή δοκιμαζόμενου

Υπογραφή κηδεμόνα

Υπογραφή ερευνητή

ή υπεύθυνου ενήλικα

Ονομ/μο υπεύθυνου

Ονομ/μο ερευνητή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Συλλογή δεδομένων

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ	
ΟΝΟΜΑ	
ΕΠΩΝΥΜΟ	
ΒΑΡΟΣ	
ΥΨΟΣ	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΡΓ.	
ΥΓΡΑΣΙΑ	
ΑΤΜ. ΠΙΕΣΗ	
WATT ⇒ T.T.E	
ΧΡΟΝΟΣ-ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗΣ	

TIME	Km/h	HR	VO ₂	RER	Borg	
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
15sec						
5sec						
15sec						
10sec						
70sec						
10sec						
50sec						
5sec						
50sec						
10sec						
60sec						
120sec						

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ:

Μ.Ο ΚΣ:

ΜΚΣ:

TIME	Km/h	HR	VO ₂	RER	Borg	
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
15sec						
5sec						
15sec						
10sec						
70sec						
10sec						
50sec						
5sec						
50sec						
10sec						
60sec						
120sec						

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ:

Μ.Ο ΚΣ:

ΜΚΣ:

2^ο ΗΜΙΧΡΟΝΟ

TIME	Km/h	HR	VO₂	RER	Borg	
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
15sec						
5sec						
15sec						
10sec						
70sec						
10sec						
50sec						
5sec						
50sec						
10sec						
60sec						
120sec						

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ:**Μ.Ο ΚΣ:****ΜΚΣ:**

TIME	Km/h	HR	VO ₂	RER	Borg	
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
7sec						
60sec						
15sec						
5sec						
15sec						
10sec						
70sec						
10sec						
50sec						
5sec						
50sec						
10sec						
60sec						
120sec						

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ:

Μ.Ο ΚΣ:

ΜΚΣ:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Πίνακας 7.1. Χρόνος σε δευτερόλεπτα, στη δοκιμασία εξάντλησης στο κυκλοεργόμετρο για τις 3 συνθήκες

AA	CON	PLC	CHO
1	195	69	124
2	206	74	173
3	295	138	158
4	121	49	61
5	198	79	119
6	214	72	122
7	130	88	102
8	168	103	106
9	189	95	144
AVG	191	85	123
STDEV	51	25	33

Πίνακας 7.2. Μέγιστη ισομετρική δύναμη τετρακεφάλου (Newton), πριν και μετά την άσκηση και για τις δύο συνθήκες

	CHO		PLC	
AA	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1	156,3	125,2	174,3	130,3
2	265,5	254,8	319,8	251,3
3	369,6	307,6	399,3	234,4
4	314,2	273,9	292,5	269,2
5	302,3	266,5	288,0	245,7
6	306,0	237,7	278,1	186,1
7	375,8	327,7	385,9	318,9
8	298,4	256,4	378,7	321,8
AVG	298,5	256,2	314,6	244,7
STDEV	68,3	60,6	74,2	64,1

Πίνακας 7.3. Μέγιστη ισομετρική δύναμη λαβής (Newton), πριν και μετά την άσκηση και για τις δύο συνθήκες

	CHO		PLC	
ΑΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1	70	66	69	73
2	41	35	49	47
3	117	97	115	103
4	95	85	95	88
5	99	109	103	99
6	110	104	110	94
7	118	94	124	87
8	93	84	67	68
AVG	93	84	92	82
STDEV	26	24	27	19

Πίνακας 7.4. Καρδιακή συχνότητα (%HRmax) για την συνθήκη PLC κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα στο δαπεδοεργόμετρο

AA	5min	10min	15min	20min	25min	30min	35min	40min	45min	50min	55min	60min
1	80	87	84	84	88	85	84	88	82	86	89	90
2	86	88	88	91	94	90	90	88	90	89	93	88
3	88	93	92	89	96	89	87	93	87	90	94	90
4	77	83	81	78	83	80	79	83	82	80	86	83
5	84	91	87	83	86	87	86	91	89	86	90	88
6	82	89	87	80	87		78	84	82	83	88	
7	89	95	92	92	92	90	92	94	88	92	91	86
8	82	90	87	85	90	88	85	91	88	85	90	88
9	77	86	85	84	89	88	80	88	87	82	90	88
AVG	83	89	87	85	89	87	85	89	86	86	90	88
STDEV	4	4	4	5	4	4	5	4	3	4	2	2

Πίνακας 7.5. Καρδιακή συχνότητα (% HRmax) για την συνθήκη CHO κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα στο δαπεδοεργόμετρο

AA	5min	10min	15min	20min	25min	30min	35min	40min	45min	50min	55min	60min
1	79	86	83	84	89	80	85	88	85	85	86	81
2	87	88	88	92	94	88	89	85	89	89	88	87
3	87	93	92	88	93	89	87	89	87	89	93	88
4	74	83	78	78	85	94	82	84	83	80	84	81
5	82	89	77	85	91	88	86	91	86	88	92	87
6	82	90	76	84	90		83	85	84	87	84	
7	80	88	87	89	89	84	87	92	85	88	90	88
8	88	90	88	85	92	90	87	92	90	89	93	91
9	76	76	84	81	90	88	78	87	88	80	89	90
AVG	82	87	84	85	90	88	85	88	86	86	89	87
STDEV	5	5	6	4	3	4	3	3	2	4	4	4

Πίνακας 7.6. Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (τοπικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα και για την συνθήκη CHO

AA	5min	15min	20min	30min	35min	45min	50min	60min
1	3	4	4	4	4	6	4	6
2	1	2	4	4	3	5	4	3
3	1	1	1	2	1	2	2	4
4	4,5	6,5	7	8	5	6	6	8
5	1	7,5	7	7	3	6	7	8
6	4	7	6		7	9	10	
7	1	2	3	4	5	6	6	7,5
8	5	7	7	9	7	9	9	10
9	1	1	2	3	3	4	3	2
AVG	2	4	5	5	4	6	6	6
STDEV	2	3	2	3	2	2	3	3

Πίνακας 7.6. Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (τοπικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα και για την συνθήκη PLC

AA	5min	15min	20min	30min	35min	45min	50min	60min
1	4	4	4	4	4	5	5	6
2	3	3,5	5	6	3,5	5	4	7
3	3	5	4	6	3	6	6	7
4	3	4	5	7	5	7	7	9
5	1	7	5	8	5	8	7	10
6	5	9	8		8	8,5	9	
7	1	2	4	5	7	8	8	9
8	3	6	7	9	9	10	6	9
9	0	2	2	3	2	4	3	2
AVG	3	5	5	6	5	7	6	7
STDEV	2	2	2	2	2	2	2	3

Πίνακας 7.7. Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (κεντρικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα και για την συνθήκη CHO

AA	5min	15min	20min	30min	35min	45min	50min	60min
1	2	4	4	4	4	5	6	7
2	1	2	3	4	3	5	4	5
3	1	2	2	4	2	3	4	5
4	3	5	6	7	4	6	5	7
5	2	5	5	6	2	5	6	7
6	4	7	7		6	8	10	
7	1	2	3	4	4	5	5	7
8	4	6	6	7	6	7	7	9
9	1	2	2	3	3	4	4	5
AVG	2	4	4	5	4	5	6	7
STDEV	1	2	2	2	1	2	2	1

Πίνακας 7.8. Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (κεντρικός) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου προσομοίωσης ποδοσφαιρικού αγώνα και για την συνθήκη PLC

AA	5min	15min	20min	30min	35min	45min	50min	60min
1	2	3	4	3	4	5	5	6
2	2	4	5	6	4	4	4	7
3	3	5	4	5	2	5	7	6
4	2	3	4	5	3	6	6	9
5	3	5	6	7	4	6	7	9
6	4	6	9		7	8	9	
7	1	2	4	5	5	7	7	8
8	3	4	4	6	8	9	9	9
9	2	2	2	3	2	4	3	4
AVG	2	4	5	5	4	6	6	7
STDEV	1	1	2	1	2	2	2	2