



Η επίδραση της άσκησης και της συμπληρωματικής λήψης σπιρουλίνας στο λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών ατόμων

Καλαφάτη Μαρία^{1,2}, Νικολαΐδης Μιχάλης^{2,3}, Πασχάλης Βασίλης^{1,2}, Θεοδώρου Αναστάσιος^{1,2}, Κουρέτας Δημήτριος⁴, Κουτεντάκης Γιάννης^{1,2}, Τζιαμούρτας Αθανάσιος^{1,2}

¹Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τρίκαλα,

²Ινστιτούτο Σωματικής Απόδοσης και Αποκατάστασης, Κέντρο Έρευνας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας, Τρίκαλα

³Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σέρρες

⁴Τμήμα Βιοχημείας-Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λάρισα

Περίληψη

Η Σπιρουλίνα είναι ένα μικροσκοπικό νηματώδες κυανοπράσινο μικροφύκος του γλυκού νερού και αποτελεί την πλουσιότερη σε πρωτεΐνη "πράσινη τροφή". Παράλληλα, στοιχεία που βρίσκονται στη σπιρουλίνα περιλαμβάνουν τοκοφερόλες, β-καροτίνη, φυκοκυανίνες, λινολενικό οξύ και διάφορα ιχνοστοιχεία. Δεν είναι ξεκάθαρο εάν η συμπληρωματική λήψη της σπιρουλίνας μπορεί να επηρεάσει το λιπιδαιμικό προφίλ και κατ' επέκταση να δράσει καρδιοπροστατευτικά. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να εξετάσει την επίδραση της συμπληρωματικής λήψης σπιρουλίνας και της άσκησης στα λιπίδια του αίματος νεαρών ανδρών. Εννέα νεαροί άνδρες (ηλικία = 23.3 ± 1.7 έτη; Ύψος = 174.3 ± 1.7 cm; Βάρος = 70.7 ± 1.9 kg; % λίπους = 9.8 ± 1.3%; VO₂max = 52.2 ± 1.8 mL•kg⁻¹ min⁻¹) συμμετείχαν στην εργασία. Οι συμμετέχοντες έλαβαν σπιρουλίνα (6 γραμμάρια/ημέρα) ή εικονικό συμπλήρωμα (placebo) για μια περίοδο 4 εβδομάδων. Λήψη φλεβικού αίματος έγινε πριν και μετά την περίοδο των 4 εβδομάδων για την ανάλυση λιπιδίων του αίματος. Επιπρόσθετα, εξετάστηκε η οξεία επίδραση της υπομέγιστης (70-75% VO₂max) και μεγάλης χρονικής διάρκειας άσκησης (2 ώρες) στα λιπίδια του αίματος. Δείγματα αίματος ελήφθησαν πριν, αμέσως μετά, 1 ώρα μετά, 24 ώρες μετά και 48 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Εξετάστηκαν τα τριγλυκερίδια, η ολική χοληστερόλη, η λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας (HDL) και η λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας (LDL). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας δε μετέβαλε σημαντικά (p>0.05) καμία από τις μεταβλητές που εξετάστηκαν. Η άσκηση είχε σαν αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση των επιπέδων της ολικής χοληστερόλης (p<0.05) και της HDL (p<0.05) αμέσως μετά το τέλος της άσκησης και της ολικής χοληστερόλης 1 ώρα και 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν πως η συμπληρωματική λήψη της σπιρουλίνας δεν επιφέρει σημαντικές μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών ανδρών. Μεγαλύτερη διάρκεια στη συμπληρωματική λήψη ή μεταβολή στη συμπληρωματική δόση μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα..

Λέξεις κλειδιά: *λιπίδια, διατροφή, ασθένεια*

The Effect of Exercise and Spirulina Supplementation on Blood Lipid Profile of Young Men

Διεύθυνση επικοινωνίας: Αθανάσιος Τζιαμούρτας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
42 100, Τρίκαλα
e - mail: ajamurt@pe.uth.gr

Maria Kalafati^{1,2}, Michalis G. Nikolaidis^{2,3}, Vassilis Paschalis^{1,2}, Anastasios A. Theodorou^{1,2},
Dimitris Kouretas⁴, Yiannis Koutedakis^{1,2} & Athanasios Z. Jamurtas^{1,2}

¹ Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Trikala, Greece

² Institute of Human Performance and Rehabilitation, Center for Research & Technology of Thessaly, Trikala, Greece

³ Department of Physical Education and Sport Science, Aristotle University of Thessaloniki, Serres, Greece

⁴ Department of Biochemistry & Biotechnology, University of Thessaly, Larisa, Greece

Abstract

Spirulina is a cylindrical filamentous microalgae that is found in lakes and is the richest plant food in protein. Furthermore, spirulina is high in tocopherols, beta-carotene, cyanobacteria, alpha-linolenic acid and several other micronutrients. It is not clear whether spirulina supplementation exerts significant effects on the lipid profile and protect from cardiac episodes. The purpose of this study was to examine the effects of spirulina supplementation on blood lipids of young men. Nine healthy young men (age = 23.3 ± 1.7 years; Height = 174.3 ± 1.7 cm; Weight = 70.7 ± 1.9 kg; % body fat = 9.8 ± 1.3%; VO₂max = 52.2 ± 1.8 mL•kg⁻¹ min⁻¹) participated. Participants received daily either spirulina (6 grams per day) or placebo for 4 weeks. Blood was collected prior to and 4 weeks after supplementation in order to analyze for blood lipids. In addition, the effects of long duration (2 hours), acute sub-maximal (70-75% VO₂max) aerobic exercise on blood lipids was examined. Blood samples were collected before, immediately after, 24 and 48 hours after exercise. Triglycerides, total cholesterol, high density lipoprotein (HDL) and low density lipoprotein (LDL) were assessed. The results showed no significant changes in any of the variables assessed. Exercise resulted in significant (p<0.05) increase of total cholesterol and HDL immediately after exercise and in significant increase of total cholesterol 1 hour and 24 hours after the end of exercise. These results suggest that blood lipids of healthy young men are not significantly altered following 4 weeks of spirulina supplementation. Longer supplementation period or different doses could lead to different results.

Key words: *lipids, nutrition, disease*

Εισαγωγή

Η σπιρουλίνα (*Spirulina plantensis*) είναι ένα μικροσκοπικό κυανοπράσινο φύκι (κυανοβακτήριο) που αναπτύσσεται σε γλυκό και θαλασσινό νερό, και χρησιμοποιείται ως τροφή εδώ και πάρα πολλά χρόνια (Belay A., 2008). Τα κύτταρα της σπιρουλίνας σχηματίζουν μεταξύ τους νημάτια και στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν ελικοειδή μορφή στην οποία οφείλεται και το όνομα της σπιρουλίνας (μικρός έλικας), έχουν κυανοπράσινο χρώμα που οφείλεται στην περιεκτικότητά τους σε χλωροφύλλη (πράσινο χρώμα) και σε φυκοκυανίνη (μπλε χρώμα) (McCarty MF, 2007). Από διατροφικής άποψης η σπιρουλίνα αποτελεί πλούσια πηγή υψηλής βιολογικής αξίας πρωτεΐνη (τα οχτώ απαραίτητα αμινοξέα και δέκα από τα δώδεκα μη απαραίτητα αμινοξέα) με περιεκτικότητα 55-70%, περιέχει επίσης βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (παλμιτικό οξύ, λινολεϊκό οξύ και γ-λινολενικό οξύ) (Baron et al, 2008). Οι θρεπτικές ουσίες που περιέχονται στη σπιρουλίνα παρουσιάζουν υψηλή βιοδιαθεσιμότητα επειδή το κυτταρικό τοίχωμα της σπιρουλίνας αποτελείται από πεπτιδογλυκάνη, μία ουσία που διασπάται εύκολα από τον οργανισμό, γεγονός που προσδίδει στη σπιρουλίνα μεγάλη πεπτικότητα (95%) σε σχέση με αυτή των περισσότερων φυτικών τροφών (Mani et al, 2008).

Τα τελευταία χρόνια διάφορες επιστημονικές έρευνες έχουν δείξει τη θετική επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης σπιρουλίνας στην αντιμετώπιση του υποσιτισμού, της σιδηροπαινικής αναιμίας, των ιογενών λοιμώξεων, της υπερχοληστερολαιμίας, της παχυσαρκίας, του αλλεργικού άσθματος, της καρκινογένεσης, των ηπατικών ασθενειών, του σακχαρώδη διαβήτη, του νεφρωσικού συνδρόμου, την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και την καλή λειτουργία του γαστρεντερικού συστήματος (Al-Batshan et al, 2001; Hayashi et al, 1993; Hirahashi et al, 2002; Labhe et al, 2001; Mani et al, 2000; Ozdemir et al,

2004).

Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας μπο-
ρεί βελτιώσει την αθλητική απόδοση και να μειώσει το οξειδωτικό στρες που εμφανίζεται με την
άσκηση (Kalafati et al. 2010). Η βελτίωση της απόδοσης σχετίζεται με την επαγωγή της
οξειδωσης των λιπών που επιτυγχάνεται με τη λήψη της σπιρουλίνας (Kalafati et al. 2010).
Ωστόσο, αν και υπάρχουν εργασίες που εξέτασαν την επίδραση της συμπληρωματικής λήψης
σπιρουλίνας στο λιπιδαιμικό προφίλ, δεν έχει εξεταστεί η επίδραση της οξείας άσκησης στα
επίπεδα των λιπιδίων του αίματος. Σκοπός της εργασίας ήταν να εξετάσει την επίδραση της
συμπληρωματικής λήψης σπιρουλίνας και της άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών
ανδρών.

Μέθοδος και Διαδικασία

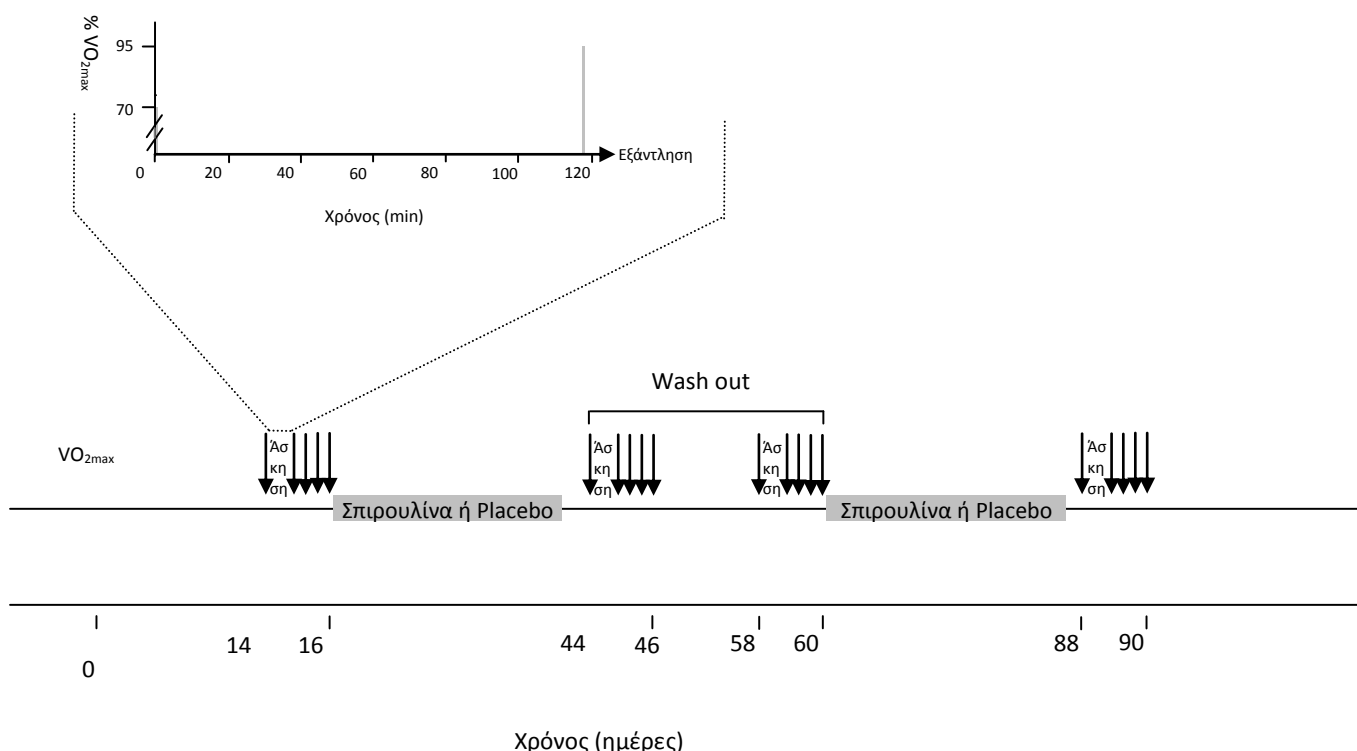
Δείγμα

Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 12 υγιείς και γυμνασμένοι εθελοντές (μη αθλητές),
ηλικίας 20-33 ετών, από τους οποίους οι 3 αποχώρησαν κατά τη διάρκεια της έρευνας. Οι
συμμετέχοντες ήταν δρομείς που γυμνάζονταν συστηματικά για τουλάχιστον ένα χρόνο ($3.4 \pm$
 1.1 χρόνια) και με συχνότητα το λιγότερο δύο φορές την εβδομάδα (3.1 ± 0.9 φορές /
εβδομάδα), επιπλέον η διάρκεια της κάθε προπόνησης ήταν το λιγότερο 45 λεπτά (56 ± 10
λεπτά/προπόνηση). Όλοι οι εθελοντές ήταν ενδιάμεσου επιπέδου όσον αφορά την
προπονητική τους κατάσταση και απείχαν από κάθε προπονητική δραστηριότητα για
τουλάχιστον 8 εβδομάδες πριν την έναρξη της έρευνας. Τα χαρακτηριστικά του δείγματος
καταγράφονται στον Πίνακα 1. Όλοι οι εθελοντές πριν τη συμμετοχή τους στην έρευνα
ενημερώθηκαν ατομικά για τους πιθανούς κινδύνους, αλλά και για τα οφέλη της έρευνας και
υπέγραψαν σχετικό έγγραφο οικειοθελούς συναίνεσης για τη συμμετοχή τους στην έρευνα,
όπου αναγράφονταν τα πλεονεκτήματα και οι κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους, οι
προσδοκώμενες ωφέλειες και οι υποχρεώσεις τους σύμφωνα με τις δεοντολογικές αρχές του
Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης και τη Διακήρυξη του Ελσίνκι (1975) σχετικά με την
χρησιμοποίηση ανθρώπων σε ερευνητικές διαδικασίες. Επιπρόσθετα, συμπλήρωσαν αναλυτικό
ιατρικό και διατροφικό ιστορικό, και απάντησαν σε ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας
για να επιβεβαιωθεί ότι πληρούσαν τις προϋποθέσεις για να συμμετάσχουν στην έρευνα. Όλοι
οι εθελοντές ήταν μη-καπνιστές και κατά τη διάρκεια της έρευνας δεν κατανάλωσαν
οποιοδήποτε διατροφικό συμπλήρωμα ή αντιφλεγμονώδες φάρμακο. Ο σχεδιασμός της
έρευνας πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Κώδικα
Δεοντολογίας Ερευνών του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης και του Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας.

Ερευνητικός Σχεδιασμός

Αρχικά, οι εθελοντές προσέρχονταν ατομικά στο χώρο όπου θα πραγματοποιούνταν οι
μετρήσεις της έρευνας για να ενημερωθούν για το σχεδιασμό της, να υπογράψουν το έντυπο
της συναίνεσης και να ενημερωθούν με γραπτές οδηγίες για τον τρόπο και το ακριβές
διάστημα που θα συμπλήρωναν το ιατρικό και διατροφικό ιστορικό καθώς και το
ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας και το ημερολόγιο διατροφής. Στη συνέχεια μία έως
δύο εβδομάδες πριν από τη συμμετοχή τους στην πρώτη δοκιμή της έρευνας, οι εθελοντές
έρχονταν στο χώρο των μετρήσεων για να παραδώσουν τα συμπληρωμένα έντυπα και
πραγματοποιούνταν οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις (βάρος, ύψος και ποσοστό λίπους) και η
αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}). Μία έως δύο εβδομάδες αργότερα
οι εθελοντές προσέρχονταν στο χώρο του εργαστηρίου, όπου έτρεχαν για 2 ώρες σε διάδρομο
στο 70-75% VO_{2max} . Μετά το τέλος των 2 ωρών η ταχύτητα αυξάνονταν στο 95% VO_{2max} και
οι αθλητές έτρεχαν μέχρι εξάντλησης. Η πρόσληψη οξυγόνου μετρούταν κάθε 10 λεπτά κατά
τη διάρκεια της άσκησης για να επιβεβαιωθεί ότι η άσκηση εκτελούνταν στο 70-75% VO_{2max} .
Για την αποφυγή πιθανής αφυδάτωσης των συμμετεχόντων εξαιτίας της παρατεταμένης
άσκησης, δίνονταν 250ml νερό κάθε είκοσι λεπτά κατά τη διάρκεια της άσκησης. Μετά το τέλος
της άσκησης δίνονταν σε κάθε εθελοντή το διατροφικό συμπλήρωμα με τη μορφή αδιαφανούς
κάψουλας (1gr / κάψουλα) και με τη προϋπόθεση να λαμβάνει 2 κάψουλες πρωί, μεσημέρι και

βράδυ πριν το φαγητό, κάθε μέρα για 4 εβδομάδες. Η κάθε κάψουλα περιείχε είτε σπι είτε 100% πρωτεΐνη αυγού (placebo). Την επόμενη μέρα της λήξης της πρόσληψης του συμπληρώματος ο εθελοντής προσέρχονταν στο εργαστήριο για να επαναλάβει την άσκηση με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Στη συνέχεια μεσολαβούσε ένα διάστημα δύο εβδομάδων μεταξύ της δεύτερης και της τρίτης δοκιμής για να αποβληθεί το συμπλήρωμα από τον οργανισμό και να αποφευχθεί μία πιθανή επιρροή του αποτελέσματος. Μετά το διάστημα των δύο εβδομάδων ο εθελοντής επέστρεψε στο εργαστήριο για να πραγματοποιήσει την τρίτη και τέταρτη δοκιμή με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και υπό τις ίδιες συνθήκες που πραγματοποιήθηκε η πρώτη και δεύτερη δοκιμή. Η πρώτη και τρίτη δοκιμή πραγματοποιήθηκαν για να επιβεβαιωθεί ότι οι δύο εβδομάδες ήταν επαρκές χρονικό διάστημα για να εξασφαλιστούν οι ίδιες φυσιολογικές και βιοχημικές συνθήκες και για τις δύο περιόδους πρόσληψης των συμπληρωμάτων. Επιπρόσθετα, σε όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν λαμβάνονταν δείγματα αίματος πριν και μετά την άσκηση, καθώς και 1 ώρα, 24 ώρες και 48 ώρες μετά την άσκηση, υπό τις ίδιες συνθήκες και με την ίδια ακριβώς διαδικασία. Το Σχήμα 1 παρουσιάζει σχεδιαγραμματικά τη ροή της έρευνας.



Μετρήσεις σωματομετρικών χαρακτηριστικών

Το σωματικό βάρος των αθλητών μετρήθηκε πρωινή ώρα, μετά από νηστεία 8-10 ωρών μέσω της ζυγαριάς ακριβείας (Beam Balance 710, Seca, UK) βαθμονομημένη σε 0.5kg. Όλοι οι εθελοντές κατά το ζύγισμα ήταν ντυμένοι με ελαφριά ενδυμασία και χωρίς υποδήματα. Η μέτρηση του σωματικού αναστήματος πραγματοποιήθηκε την ίδια ώρα και στον ίδιο χώρο με αναστημόμετρο τοίχου (Stadiometer 208, Seca, UK) με κλίμακα μέτρησης 0.5 cm.

Το ποσοστό του λιπώδη ιστού προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των δερματοπιτυχών σύμφωνα με τις επίσημες κατευθυντήριες οδηγίες για τις τεχνικές της λιπομέτρησης της Αμερικάνικης Αθλητιατρικής Εταιρείας (ACSM, 2006). Η διαδικασία της λιπομέτρησης βασίστηκε στη μέτρηση επτά δερματοπιτυχών (θώρακα, τρικέφαλο, μεσομασχαλιαία, υπερλαγόνιο, κοιλία, μοιριαίο και υποπλάτιο) με τη χρήση δερματοπιτυχομέτρου (Harpenden skinfold caliper, John Bull, UK). Η μέτρηση των δερματοπιτυχών πραγματοποιήθηκε στη δεξιά πλευρά του σώματος και κάθε δερματοπιτυχή μετρήθηκε στο ίδιο ακριβώς σημείο τρεις φορές για μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Ο μέσος όρος της κάθε μέτρησης ξεχωριστά χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του ποσοστού του σωματικού λίπους (ACSM, 2006). Ο υπολογισμός της

πυκνότητας του σώματος βασίστηκε στην εξίσωση των Jackson & Pollock (1978). Τα των ανθρωπομετρικών μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν από το ίδιο άτομο.

Μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου προσδιορίστηκε σε κλιόμενο διάδρομο

(GXC200 treadmill, Powerjog, UK) μέχρι εξάντλησεως και για τη διεξαγωγή της δοκιμασίας χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα (SensorMedics 2900c, SensorMedics Corporation) το οποίο κατέγραφε και αποθήκευε, στην κάθε αναπνοή του συμμετέχοντα, το εισπνεόμενο οξυγόνο και το εκπνεόμενο διοξείδιο του άνθρακα. Πριν από κάθε μέτρηση VO_{2max} , ο αναλυτής αερίων (Vmax29, SensorMedics, USA) και ο αγωγός αέρα υπόκεινταν σε διαδικασία βαθμονόμησης και ακεραιότητας αντιστοίχα. Κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης ο αναλυτής λαμβάνει ένα μείγμα αερίων προκαθορισμένης συγκέντρωσης σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα (16% O_2 , 4% CO_2 , SensorMedics, CA), ενώ η ακεραιότητα ελέγχεται από έναν ειδικό κύλινδρο όγκου 5 λίτρων, όπως περιγράφηκε προηγούμενα (Douroudos et al, 2006). Σε κάθε δοκιμασία καταγράφονταν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η βαρομετρική πίεση του περιβάλλοντα χώρου, καθώς και τα στοιχεία που αφορούσαν την καθαυτή μέτρηση όπως ο όγκος του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα (l/min), το αναπνευστικό ηλικίο (RQ), ο καρδιακός σφυγμός (HR) και ο χρόνος εξάντλησης. Όλες οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν στις ίδιες περίπου συνθήκες θερμοκρασίας (21 ± 2 °C) και υγρασίας (45 ± 4 %) του περιβάλλοντα χώρου. Ο καρδιακός σφυγμός παρακολουθούνταν συνεχώς (κάθε 5 δευτερόλεπτα) μέσω φορητού τηλεμετρικού παλμογράφου (Polar Tester S610TM, Electro Oy, Finland) και μιας ζώνης η οποία εφάρμοζε κάτω από το στήρνο του συμμετέχοντα καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης. Ο δοκιμαζόμενος ξεκινούσε τη μέτρηση τρέχοντας με ταχύτητα 10 km/h και κάθε δύο λεπτά η ταχύτητα αυξάνονταν κατά 1 km μέχρι να φτάσει στο 70-75% VO_{2max} . Οι μετρήσεις καταγράφονταν από το ειδικό πρόγραμμα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονταν και σε μέσους όρους των 20 δευτερολέπτων για να περιοριστεί ο αριθμός των αποτελεσμάτων και να γίνει πιο εύκολη η διαχείρισή τους. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για να επιβεβαιωθεί η καταγραφή της VO_{2max} ήταν τα εξής: α) επίτευξη αναπνευστικού ηλικίου ίση ή μεγαλύτερη από 1.1, β) η κόπωση του συμμετέχοντα, γ) η VO_{2max} να παρουσιάζει σταθερότητα (< 2 ml/kg/min) παρόλη την αύξηση της ταχύτητας, δ) ο καρδιακός σφυγμός να είναι μεταξύ των 10 χτύπων ανά λεπτό από το μέγιστο καρδιακό σφυγμό (220-ηλικία), δηλαδή επίτευξη του μέγιστου καρδιακού σφυγμού. Θεωρούνταν επιτυχής η καταγραφή της VO_{2max} αρκεί να πληρούνταν τουλάχιστον ένα από τα παραπάνω κριτήρια. Η καταγραφή της υποκειμενικής κόπωσης του συμμετέχοντα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της κλίμακας Borg 6-20 τόσο κατά τη διάρκεια όσο και στο τέλος της κάθε δοκιμασίας.

Διαιτητική πρόσληψη

Το καθημερινό διαιτολόγιο των συμμετεχόντων καταγράφηκε από τους ίδιους σε τριήμερα διατροφικά ημερολόγια (diet recalls) πριν από τη συμμετοχή τους στην πρώτη δοκιμή και στη συνέχεια τους ζητήθηκε να επαναλάβουν την ίδια διατροφή το διάστημα των τριών ημερών πριν από τη συμμετοχή τους στις επόμενες τρεις δοκιμασίες. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίστηκε ότι η απόδοση των εθελοντών στις δοκιμασίες της έρευνας δεν επηρεάστηκε από την διατροφή που ακολούθησαν τις ημέρες πριν από τις μετρήσεις, επιπλέον διαπιστώθηκε ότι όλοι οι συμμετέχοντες ήταν στα ίδια επίπεδα πρόσληψης μακροθρεπτικών συστατικών και αντιοξειδωτικών. Σε όλους του συμμετέχοντες της έρευνας δόθηκαν έγγραφες οδηγίες σχετικά με τη συμπλήρωση των διατροφικών ημερολογίων και ειδικό έντυπο καταγραφής του καθημερινού τους διαιτολογίου. Τα διατροφικά ημερολόγια αναλύθηκαν ηλεκτρονικά χρησιμοποιώντας το διατροφικό πρόγραμμα ScienceTech Diet 200A (ScienceTech, Αθήνα, Ελλάδα).

Αιμοληψίες

Η συλλογή φλεβικού αίματος (10 ml) πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εργαστηρίου το πρωί (7-9 π.μ.) από τη μεσοβασική φλέβα, μετά από ολονύχτια νηστεία και σε καθιστή θέση. Οι συμμετέχοντες κατά τη συμμετοχή τους σε όλες τις δοκιμασίες απείχαν από οποιαδήποτε πρόσληψη αλκοόλ και καφεΐνης για τουλάχιστον 48 ώρες, καθώς και από έντονη φυσική

δραστηριότητα για τουλάχιστον 4 ημέρες πριν από τη δειγματοληψία.

Για την απομόνωση του ορού του αίματος, το αίμα τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικούς σωλήνες οι οποίοι παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου για 20 λεπτά και στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν στις 1500 στροφές, στους 4°C, για 10 λεπτά. Ο ορός του αίματος συλλέχθηκε σε πολλαπλά σωληνάκια erpendorf και καταψύχθηκε στους -80°C μέχρι να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ολικής χοληστερόλης (CHOL), της λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας (HDL), της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL) και των τριγλυκεριδίων (TRG). Η ανάλυση των λιπιδίων έγινε σε αναλυτή COBAS INREGRA 800 Clinical Chemistry System (Roche Diagnostics) και χρησιμοποιήθηκαν αναλώσιμα της εταιρείας Spinreact (Sant Esteve, Spain).

Όλα τα παραπάνω δείγματα αποψύχθηκαν μόνο την ημέρα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση των παραπάνω δεικτών.

Στατιστική ανάλυση

Οι τιμές των μετρήσεων παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (SEM). Η κατανομή όλων των εξαρτημένων μεταβλητών ελέγχθηκε με τη δοκιμασία Shapiro-Wilks και βρέθηκε να μη διαφέρει σημαντικά από την κανονική. Για να διασφαλιστεί ότι το διάστημα των 2 εβδομάδων ήταν αρκετό για την αποβολή του συμπληρώματος από τον οργανισμό, στα δεδομένα από την πρώτη και την τρίτη δοκιμασία εφαρμόστηκε αμφίδρομη ανάλυση διακύμανσης (δοκιμασία x χρόνο) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ως προς το χρόνο. Στη συνέχεια για να προσδιορίσουμε την επίδραση του συμπληρώματος και της άσκησης, στα δεδομένα από την δεύτερη και την τέταρτη δοκιμασία εφαρμόστηκε αμφίδρομη ανάλυση διακύμανσης (δοκιμασία x χρόνο) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ως προς το χρόνο. Στην περίπτωση που ανιχνεύθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές εφαρμόστηκε post hoc ανάλυση για τον εντοπισμό των διαφορών. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$. Για τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS v. 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Αποτελέσματα

Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην έρευνα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας και λιπιδαιμικό προφίλ

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο καταστάσεων (λήψη σπιρουλίνας, λήψη συμπληρώματος) όσον αφορά τα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης (Fig. 2Α), της HDL (Fig. 2Β), της LDL (Fig. 2Γ) και των τριγλυκεριδίων (Fig. 2Δ).

Συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας, άσκηση και λιπιδαιμικό προφίλ

Ολική Χοληστερόλη

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρξαν κύριες επιδράσεις ως προς την ομάδα ή την ομάδα x χρόνο για την ολική χοληστερόλη (Fig. 3Α). Ωστόσο, παρουσιάστηκε σημαντική κύρια επίδραση όσον αφορά το χρόνο, με την ολική χοληστερόλη να είναι σημαντικά αυξημένη αμέσως μετά, 1h και 24h μετά το τέλος της άσκησης και στις δύο καταστάσεις.

HDL

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρξαν κύριες επιδράσεις ως προς την ομάδα ή την ομάδα x χρόνο για την ολική χοληστερόλη (Fig. 3Β). Ωστόσο, παρουσιάστηκε σημαντική κύρια επίδραση όσον αφορά το χρόνο, με την HDL να είναι σημαντικά αυξημένη αμέσως μετά το τέλος της άσκησης και στις δύο καταστάσεις.

LDL

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρξαν κύριες επιδράσεις ως προς την ομάδα, το χρόνο ή την ομάδα x χρόνο για την LDL (Fig. 3Γ).

Τριγλυκερίδια

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρξαν κύριες επιδράσεις ως προς την ομάδα ή την ομάδα x χρόνο για την ολική χοληστερόλη (Fig. 3Δ). Ωστόσο, παρουσιάστηκε μία τα 34 σημαντική κύρια επίδραση όσον αφορά το χρόνο ($p < 0.07$), με τα τριγλυκερίδια να σημαντικά αυξημένα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης και στις δύο καταστάσεις.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν πως η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας για 4 εβδομάδες δεν μεταβάλλει τα επίπεδα των λιπιδίων του αίματος ενώ η υπομέγιστη άσκηση για 2 ώρες μπορεί να μεταβάλλει το προφίλ των λιπιδίων.

Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας, ακόμα και με μικρότερη δόση αυτής που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, μπορεί να μεταβάλλει τα επίπεδα των λιπιδίων του αίματος τόσο σε πειραματόζωα (Cheong και συν. 2010) όσο και ανθρώπους (Parikh και συν. 2001; Samuels και συν. 2002; Torres-Duran συν. 2007). Πιο συγκεκριμένα, οι Parikh και συν. (2001) έδειξαν πως η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας 2 γραμμαρίων την ημέρα για ένα χρονικό διάστημα δύο μηνών βελτίωσε το λιπιδαιμικό προφίλ ατόμων με διαβήτη τύπου 2, με πιο σημαντική τη μείωση των τριγλυκεριδίων. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους Samuels και συν. (2002) μόνο που η ομάδα των ασθενών ήταν άτομα πάσχοντα από νεφρωτικό σύνδρομο. Μείωση στα επίπεδα των τριγλυκεριδίων και της ολικής χοληστερόλης παρατηρήθηκε και σε μια ακόμα εργασία (Torres-Duran συν. 2007) μετά τη χορήγηση μεγαλύτερης δόσης σπιρουλίνας (4.5 γραμμάρια την ημέρα) αλλά για μικρότερο χρονικό διάστημα (6 εβδομάδες) από τις δύο προηγούμενες εργασίες, με τη μεγαλύτερη μείωση να σημειώνεται στην ομάδα των ατόμων της τρίτης ηλικίας (> 65 ετών). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν πως η μεταβολή της ολικής χοληστερόλης ήταν +1%, της HDL -9%, των τριγλυκεριδίων +1% και της LDL -17%. Αν και η μείωση των λιποπρωτεϊνών φαίνεται να είναι σημαντική ωστόσο η μεγάλη τυπική απόκλιση των τιμών δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά. Θα πρέπει να τονιστεί πως όλες οι προηγούμενες εργασίες που βρήκαν σημαντικές διαφορές με τη συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας πραγματοποιήθηκαν σε πληθυσμούς που παρουσίαζαν υπερλιπιδαιμία. Τα άτομα τα οποία πήραν μέρος στη συγκεκριμένη εργασία ήταν νεαρά άτομα τα οποία γυμναζόταν συστηματικά και τα επίπεδα των λιπιδίων ήταν μέσα στα φυσιολογικά όρια. Αυτό ίσως να εξηγεί τη μη-σημαντική μεταβολή των τιμών των λιπιδίων με τη συμπληρωματική λήψη της σπιρουλίνας. Φαίνεται λοιπόν πως σε ασυνήθιστα υψηλές τιμές λιπιδίων η σπιρουλίνα μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις μειώνοντας τις τιμές αυτών στο αίμα. Αναφορές στη βιβλιογραφία υποδεικνύουν πως η μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης μετά τη λήψη της σπιρουλίνας μπορεί να οφείλεται στη δράση μιας πρωτεΐνης που βρίσκεται στη σπιρουλίνα, της φυκοκυανίνης, που μειώνει την απορρόφηση της χοληστερόλης από τη νήστιδα και αυξάνει την απέκκριση της χοληστερόλης στη χολή (Nagaoka και συν. 2005).

Προηγούμενες εργασίες έχουν δείξει πως η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας μπορεί να βελτιώσει την απόδοση (Lu και συν. 2006; Kalafati και συν. 2010) και πως αυτή σχετίζεται με την αυξημένη χρησιμοποίηση των λιπών σαν πηγή ενέργειας κατά τη διάρκεια υπομέγιστης άσκησης (Kalafati και συν. 2010). Επιπρόσθετα έχει βρεθεί πως η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας μειώνει τα επίπεδα οξειδωτικού στρες, τόσο στην ηρεμία όσο και κατά μετά από άσκηση μεγάλης χρονικής διάρκειας (Kalafati και συν. 2010) με κύρια έμφαση τη μειωμένη λιπιδική υπεροξειδωση μετά την άσκηση. Υποθέσαμε λοιπόν πως εξαιτίας αυτής της επίδρασης η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας μπορεί να είχε σημαντική επίδραση και στη συγκέντρωση των λιπιδίων μετά από άσκηση μεγάλης χρονικής διάρκειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως, αν και υπήρξαν μεταβολές στα επίπεδα των λιπιδίων μετά την άσκηση, αυτές δεν ήταν διαφορετικές σε σχέση με την κατάσταση ελέγχου όπου οι συμμετέχοντες έλαβαν εικονικό συμπλήρωμα πριν κάνουν την άσκηση. Αύξηση στα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης και της HDL έχει παρατηρηθεί και σε προηγούμενες εργασίες όπου η ολική χοληστερόλη και η HDL παρουσίασαν σημαντική αύξηση κατά 13% και 17%, αντίστοιχα (Pay και συν. 1992) ενώ άλλες εργασίες έχουν βρει σημαντική αύξηση τόσο στην ολική χοληστερόλη, την HDL και την LDL (Hernandez-Torres και συν. 2009). Δεν υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία που να αναφέρουν ποια είναι η επίδραση της συμπληρωματικής λήψης σπιρουλίνας στα επίπεδα των λιπιδίων μετά από οξεία άσκηση. Προηγούμενες

αναφορές υποδεικνύουν πως συστηματική αερόβια προπόνηση μπορεί να μειώσει τα 35 της HDL και LDL πειραματόζων (Moura και συν. 2011). Υπάρχουν επίσης ορισμένες αναφορές που υποδεικνύουν ότι η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας δεν επηρεάζει το γλυκαιμικό έλεγχο διαβητικών αρουραίων μετά από άσκηση (Moura και συν. 2012).

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν πως η συμπληρωματική λήψη της σπιρουλίνας δεν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών νορμολιπιδικών ανδρών ενώ η άσκηση μπορεί να επηρεάσει το μεταβολισμό των λιπιδίων ανεξάρτητα από τη συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας.

Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Πολλά άτομα χρησιμοποιούν διάφορες φυσικές τροφές και αντιοξειδωτικές ουσίες για να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν προβλήματα που σχετίζονται με διαταραχές στα λιπίδια του αίματος. Επομένως, η συγκεκριμένη έρευνα έρχεται να συμβάλλει στον εμπλουτισμό των γνώσεων που υπάρχει στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η συμπληρωματική λήψη σπιρουλίνας για 4 εβδομάδες δε μεταβάλλει τα επίπεδα των λιπιδίων. Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στην απόκριση των λιπιδίων μετά την άσκηση μετά τη λήψη σπιρουλίνας και εικονικού συμπληρώματος. Η συστηματική άσκηση και η σωστή διατροφή αποτελούν δύο κύριους παράγοντες για την αντιμετώπιση πολλών χρόνιων παθήσεων, που μαστίζουν σήμερα τον δυτικό κόσμο. Υιοθέτηση των δύο προαναφερθέντων παραγόντων θα οδηγήσει σε ένα πιο υγιεινό τρόπο ζωής και καλύτερη ποιότητα ζωής.

Βιβλιογραφία

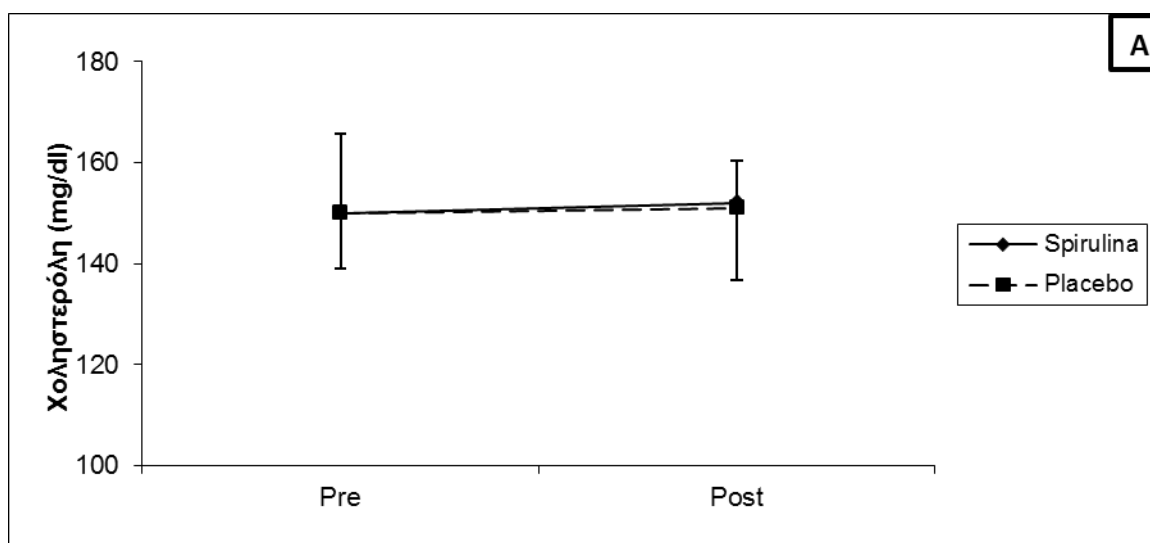
- Al-Batshan, H.A., Al-Mufarrej, S.I., Al-Homaidan, A.A., & Qureshi, M.A. (2001). Enhancement of chicken macrophage phagocytic function and nitrite production by dietary *Spirulina platensis*. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 23(2), 281-9.
- American College of Sports Medicine. (2006). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (pp. 55-92). Oxford, UK: Lippincott Williams & Wilkins.
- Barron, B.L, Torres-Valencia, J.M., Chamorro-Cevallos, G., & Zuniga-Estrada, A. (2008). "Spirulina as an Antiviral Agent" in "Spirulina in human nutrition and health" (pp. 227-242). Edited by M.E. Gershwin and Amha Belay, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Belay, Amha. (2008). "Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Assurance". *Spirulina in Human Nutrition and Health* (pp.1-25). CRC Press.
- Cheong, S.H., Kim, M.Y., Sok, D.E., Hwang, S.Y., Kim, J.H., Kim, H.R., Lee, J.H., Kim, Y.B., Kim, M.R. (2010). Spirulina prevents atherosclerosis by reducing hypercholesterolemia in rabbits fed a high-cholesterol diet. *J Nutr Sci Vitaminol, Tokyo*, 56(1),34-40.
- Douroudos, I., Fatouros, I.G., Gourgoulis, V., Jamurtas, A.Z., Tsitsios, T., Hatzinikolaou, A., Margonis, K., Mavromatidis, K., & Taxildaris, K. (2006). Dose-related Effects of Prolonged NaHCO₃ Ingestion During High-Intensity Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(10), 1746-1753.
- Jackson, A.S., Pollock, M.L. (1978). "Generalized equations for predicting body density of men". *British Journal of Nutrition.*, 40(3), 497-504.
- Hayashi, K., Hayashi, T., Morita, N. & Kojima, I. (1993). "An extract from *Spirulina platensis* is a selective inhibitor of herpes simplex virus type 1 penetration into HeLa cells". *Phytother. Res.*, 7(1), 76-80.
- Hernandez-Torres, R.P., Ramos-Jimenez, A., Torres-Duran, P.V., Romero-Gonzalez, J., Mascher, D., Posadas-Romero, C., & Juarez-Oropeza, M.A. (2009). Effects of single sessions of low-intensity continuous and moderate-intensity intermittent exercise on blood lipids in the same endurance runners. *J Sci Med Sport.*, 12(2), 323-31.
- Hirahashi, T., Matsumoto, M., Hazeke, K., Saeki, Y., Ui, M., & Seya, T. (2002). "Activation of the human innate immune system by *Spirulina*: augmentation of interferon production

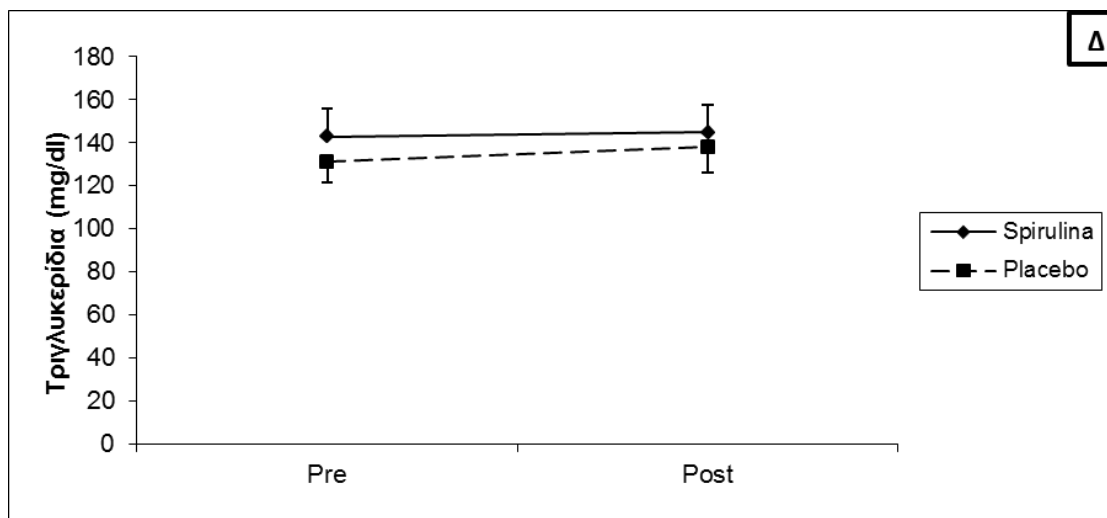
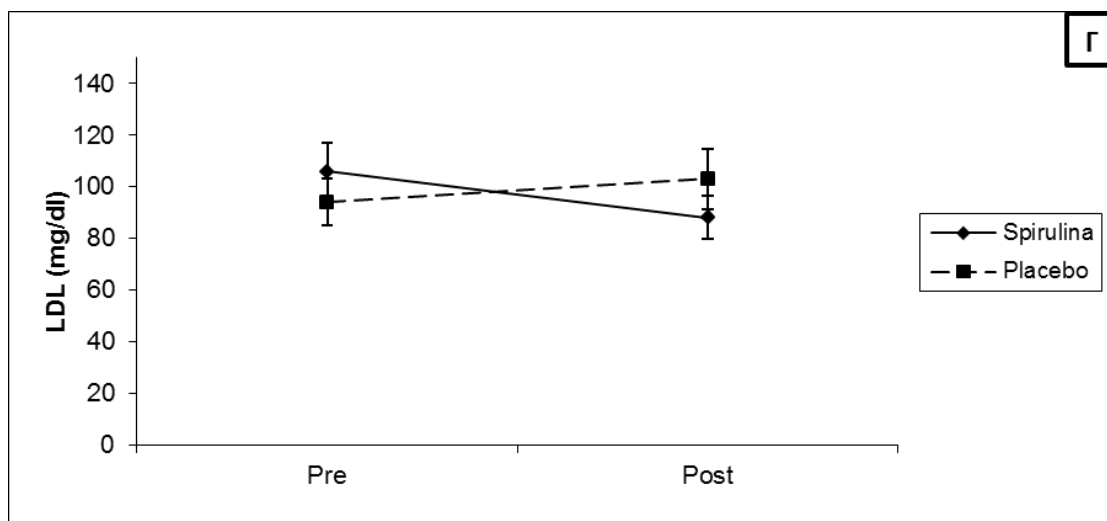
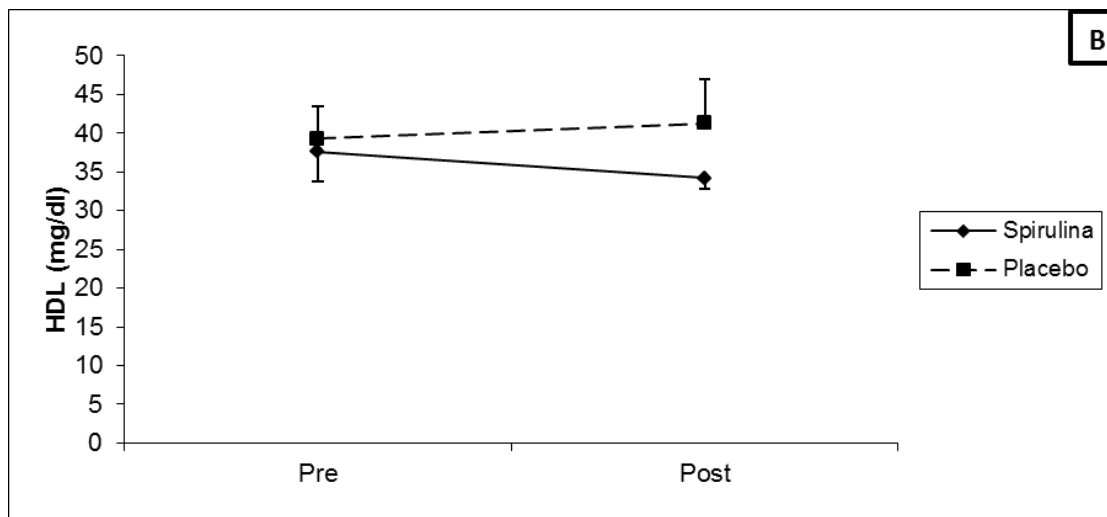
- and NK cytotoxicity by oral administration of hot water extract of *Spirulina platensis*." *Int. Immunopharmacol.*, 2(4), 423-434.
- Kalafati, M., Jamurtas, A.Z., Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Theodorou, A.A., Sakellariou, G.K., Koutedakis, Y., & Kouretas, D. (2010). Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Med Sci Sports Exerc.*, 42(1), 142-51.
- Labhe, R.V., Mani, U.V., Iyer, U.M., Mishra, M., Jani, K., & Bhattacharya, A., (2001). The effect of spirulina in the treatment of bronchial asthma. *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*, 3 (4), 53-61.
- Lu, H.K., Hsieh, C.C. Hsu, J.J., Yang, Y.K., & Chou, H.N. (2006). "Preventative effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise induced oxidative stress". *European Journal of Applied Physiology*, 98 (2), 220-226.
- Mani, U.V., Desai, S., & Iyer, U. (2000). Studies on the long-term effect of Spirulina supplementation on serum lipid profile and glycosylated proteins in NIDDM patients. *J Nutraceut, Funct Med Foods*, 2, 25-32.
- Mani, U.V., Iyer, U.M., Dhruv, S.A., Mani, I.U., & Sharma, K.S. (2008). "Therapeutic utilities of Spirulina" in "Spirulina in human nutrition and health" (pp. 71-99). Edited by M.E. Gershwin and Amha Belay, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- McCarty, M.F. (2007). Clinical potential of Spirulina as a source of phycocyanobilin. *J Med Food*, 10(4), 566-70.
- Moura, L.P., Puga, G.M., Beck, W.R., Teixeira, I.P., Ghezzi, A.C., Silva, G.A., & Mello, M.A. (2011). Exercise and spirulina control non-alcoholic hepatic steatosis and lipid profile in diabetic Wistar rats. *Lipids Health Dis.*, 15(10), 77.
- Moura, L.P., Gurjyo, A.L., Jambassi Filho, J.C., Mizuno, J., Suemi, C., & Mello, M.A. (2012). Spirulina, exercise and serum glucose control in diabetic rats. *Arq Bras Endocrinol Metabol.*, 56(1), 25-32.
- Nagaoka, S., Shimizu, K., Kaneko, H., Shibayama, F., Morikawa, K., Kanamaru, Y., Otsuka, A., Hirahashi, T., & Kato, T. (2005). A novel protein C-phycocyanin plays a crucial role in the hypocholesterolemic action of *Spirulina platensis* concentrate in rats. *J Nutr*, 135(10), 2425-30.
- Ozdemir, G., Karabay, N.U., Dalay, M.C., & Pazarbasi, B. (2004). "Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina platensis*". *Phytother. Res.*, 18(9), 754-757.
- Parikh, P., Mani, U., & Iyer, U. (2001). Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. *J Med Food.*, 4(4), 193-199.
- Pay, H.E., Hardman, A.E., Jones, G.J., & Hudson, A. (1992). The acute effects of low-intensity exercise on plasma lipids in endurance-trained and untrained young adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 64(2), 182-6.
- Samuels, R., Mani, U.V., Iyer, U.M., & Nayak, U.S. (2002). Hypocholesterolemic effect of spirulina in patients with hyperlipidemic nephrotic syndrome. *J Med Food.*, 5(2), 91-6.
- Torres-Duran, P.V., Ferreira-Hermosillo, A., & Juarez-Oropeza, M.A. (2007). "Antihyperlipemic and antihypertensive effects of *Spirulina maxima* in an open sample of Mexican population: a preliminary report". *Lipids Health Dis*, 6, 33.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Τα χαρακτηριστικά του δείγματος της έρευνας (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα δείγματος)

Μεταβλητή	Μέση Τιμή ± SEM
Ηλικία (έτη)	23.3 ± 1.7
Ύψος (cm)	174.3 ± 1.7
Σωματικό Βάρος (kg)	70.7 ± 1.9
Σωματικό λίπος (%)	9.8 ± 1.3
VO _{2max} (ml/kg/min)	52.2 ± 1.8





Ερευνητική

