

### Επιθυμητά επίπεδα κρεατινικής κινάσης στον ορό εφήβων κολυμβητών και κολυμβητριών

ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΠΑΠΠΑΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΑΛΗΣ,  
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΔΑΜ, ΒΑΣΙΛΗΣ ΜΟΥΓΙΟΣ

#### Περίληψη

Η κρεατινική κινάση είναι ένα μυϊκό ένζυμο, του οποίου η διαρροή στο πλάσμα επιτρέπει την εκτίμηση της μυϊκής καταπόνησης και κάκωσης των αθλητών. Παρ' ότι οι τελευταίοι έχουν γενικά συγκεντρώσεις του ενζύμου στο πλάσμα υψηλότερες από τις φυσιολογικές, δεν είναι γνωστό αν και πώς οι συγκεντρώσεις αυτές σχετίζονται με την αθλητική απόδοση. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν ο εντοπισμός επιθυμητών επιπέδων του ενζύμου στον ορό εφήβων κολυμβητών και κολυμβητριών κατά τη διάρκεια αερόβιας και αναερόβιας προπόνησης (σε δύο μελέτες). Οι συμμετέχοντες σε κάθε μελέτη χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες και ισοδύναμες (από άποψη φύλου, επίδοσης και αρχικής συγκέντρωσης κρεατινικής κινάσης) ομάδες, από τις οποίες η μία ακολούθησε πρόγραμμα διπλάσιου όγκου προπόνησης από την άλλη επί 12 ημέρες. Πραγματοποιήθηκαν αιμοληψίες για τον προσδιορισμό της κρεατινικής κινάσης στην αρχή, κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος κάθε προγράμματος προπόνησης, καθώς και δύο δοκιμασίες επίδοσης (στην αρχή και στο τέλος). Οι τιμές του ενζύμου κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα (μέχρι 667 U/L, 37° C, στη μελέτη με αερόβια προπόνηση και μέχρι 697 U/L, 37° C, στη μελέτη με αναερόβια προπόνηση) και οι επιδόσεις κάθε ομάδας βελτιώθηκαν. Η ανάλυση διακύμανσης δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων κάθε μελέτης ούτε ως προς τη συγκέντρωση του ενζύμου ούτε ως προς την επίδοση. Επομένως, οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ανεπιθύμητες και δε θα πρέπει να ανησυχούν τους προπονητές. Συμπεραίνουμε ότι τιμές κρεατινικής κινάσης μέχρι το τετραπλάσιο των ανώτατων φυσιολογικών τιμών του γενικού πληθυσμού δε φαίνεται να είναι αρνητικές για την απόδοση εφήβων κολυμβητών και κολυμβητριών, τουλάχιστον στη διάρκεια ενός προπονητικού μικρόκυκλου.

Λέξεις κλειδιά: Κρεατινική κινάση, κολύμβηση, απόδοση.

#### Εισαγωγή

Η κρεατινική κινάση είναι το ένζυμο που καταλύει την αλληλομετατροπή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) και φωσφοκρεατίνης. Βρίσκεται σε πλήθος ιστών και κυρίως στα τρία εί-

δη μυών (σκελετικοί, καρδιακοί και λείοι), καθώς και στον εγκέφαλο (Μούγιος, 1996). Καταστροφή κυττάρων με υψηλή περιεκτικότητα σε κρεατινική κινάση αυξάνει τη δραστηριότητά της στο πλάσμα. Έτσι οι τιμές του ενζύμου αυξάνονται σε περιπτώσεις μυϊκής κάκωσης, φτά-

νοντας μέχρι 34000 U/L (Ebbeling & Clarkson, 1989), αλλά και λόγω της καθημερινής καταπόνησης του μυϊκού συστήματος των αθλητών. Ενδεικτικά, έχουν παρατηρηθεί τιμές 52 φορές υψηλότερες από τις τιμές ηρεμίας (5209 U/L) 36 ώρες μετά από έκκεντρη άσκηση (King et al. 1993). Επίσης έχει προταθεί ως διάστημα αναφοράς (φυσιολογικές τιμές) για (άρρενες) αθλητές το 99-1812 U/L στους 37° C (Paradourouliou et al., 1999).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης στον ορό είναι δείκτης του βαθμού καταπόνησης του μυϊκού συστήματος των αθλητών. Επομένως η παρακολούθησή της μπορεί να πληροφορήσει για την ένταση του προπονητικού ερεθίσματος και για την προσαρμοστική ικανότητα των αθλητών. Ωστόσο, δεν είναι γνωστό αν και πώς τα υψηλά επίπεδα του ενζύμου στον ορό των αθλητών σχετίζονται με την απόδοση. Η έλλειψη επιστημονικής βιβλιογραφίας στο θέμα αυτό αποτέλεσε το ερέθισμα για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια δύο προπονητικών μικρόκυκλων (αερόβιας και αναερόβιας κατεύθυνσης) κολυμβητές και κολυμβήτριες ακολούθησαν προγράμματα διαφορετικού όγκου προπόνησης και εξετάστηκε αν υπήρχαν διαφορές στη συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης και στην επίδοση, τέτοιες που να επιτρέπουν τη διαπίστωση επιθυμητών τιμών του ενζύμου.

## Μεθοδολογία

### Συμμετέχοντες

Πραγματοποιήθηκαν δύο επιμέρους μελέτες, στις οποίες έλαβαν μέρος κολυμβητές και κολυμβήτριες ηλικίας 14-17 ετών και προπονητικής ηλικίας τουλάχιστον τεσσάρων ετών.

Όλοι ήταν μέλη μιας αγωνιστικής κολυμβητικής ομάδας και συμμετείχαν στην έρευνα εθελοντικά, αφού ενημερώθηκαν αναλυτικά και συγκατατέθηκαν, τόσο οι ίδιοι όσο και οι κηδεμόνες τους. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να μην έχουν άλλες αθλητικές δραστηριότητες πέραν της προπόνησής τους κατά τη διάρκεια της έρευνας, έτσι ώστε οι τιμές κρεατινικής κινάσης που θα μετρούνταν να αντανακλούν την επίδραση της κολυμβητικής προπόνησης. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Κώδικα Δεοντολογίας Ερευνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

### Σχεδιασμός

Η πρώτη μελέτη (με προπόνηση αερόβιας κατεύθυνσης) πραγματοποιήθηκε το μήνα Οκτώβριο και συμμετείχαν σε αυτήν 11 κολυμβητές και 11 κολυμβήτριες. Η δεύτερη μελέτη (με προπόνηση αναερόβιας κατεύθυνσης) πραγματοποιήθηκε το μήνα Ιανουάριο και συμμετείχαν σε αυτή 10 κολυμβητές και 18 κολυμβήτριες. Τέσσερις ημέρες πριν την έναρξη κάθε μελέτης οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε δοκιμασία απόδοσης, η οποία ήταν 2 χιλιόμετρα ελεύθερης κολύμβησης για την πρώτη μελέτη και 100 μέτρα κολύμβησης στο στίλ του καθενός για τη δεύτερη. Επιπλέον, μία ή δύο ημέρες πριν την έναρξη κάθε μελέτης οι συμμετέχοντες έδωσαν ένα δείγμα αίματος για τον προσδιορισμό της κρεατινικής κινάσης στον ορό (όπως περιγράφεται παρακάτω). Στη βάση των επιδόσεων και του παραπάνω προσδιορισμού οι συμμετέχοντες σε κάθε μελέτη χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με όμοια κατανομή φύλου, όμοια συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης και όμοια επίδοση. Στη συνέχεια ορίστηκε με κλήρωση ποια ομάδα θα ακολουθούσε κάθε προπονητικό πρόγραμμα. Οι ομάδες της πρώτης μελέτης ονομάστηκαν Α (6 αγόρια και 5 κο-

ρίτσια) και Β (5 αγόρια και 6 κορίτσια), ενώ της δεύτερης μελέτης Γ και Δ (5 αγόρια και 9 κορίτσια σε κάθε ομάδα).

Κάθε προπονητικό πρόγραμμα διήρκησε 12 ημέρες. Οι αθλητές της ομάδας Α κολύμβησαν καθημερινά, μετά από το προθέρμανση, 24 x100 μέτρα ελεύθερης κολύμβησης στο 75 % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (περίπου 150 σφυγμοί ανά λεπτό) με διάλειμμα 15 δευτ., ενώ αυτοί της ομάδας Β 48 x100 μέτρα ελεύθερης κολύμβησης με τα ίδια στοιχεία επιβάρυνσης. Οι αθλητές της ομάδας Γ κολύμβησαν κάθε δεύτερη ημέρα, μετά την προθέρμανση, 4 x50 μέτρα στο στίλ του καθενός με μέγιστη ένταση και διάλειμμα τετραπλάσιο της προσπάθειας. Την ημέρα μετά την προπόνηση μέγιστης έντασης ακολουθούσε προπόνηση χαμηλής έντασης και μικρής διάρκειας. Τέλος, οι αθλητές της ομάδας Δ κολύμβησαν κάθε δεύτερη ημέρα 8 x50 μέτρα στο στίλ του καθενός, με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά ίδια με της ομάδας Γ.

### Μετρήσεις

Οι εθελοντές της πρώτης μελέτης έδωσαν τέσσερα δείγματα αίματος πέραν του προκαταρκτικού: την τρίτη, έκτη και δέκατη ημέρα του προπονητικού προγράμματος (μετά την εκάστοτε προπόνηση), καθώς και δύο ημέρες μετά τη λήξη του προγράμματος, στις οποίες δε μεσολάβησε προπόνηση. Οι εθελοντές της δεύτερης μελέτης έδωσαν τρία δείγματα αίματος πέραν του προκαταρκτικού: την τρίτη και δέκατη ημέρα του προπονητικού προγράμματος (μετά την εκάστοτε προπόνηση), καθώς και δύο ημέρες μετά τη λήξη του προγράμματος χωρίς τη μεσολάβηση προπόνησης. Οι αιμοληψίες γίνονταν από φλέβα του χεριού, σε καθιστή θέση και σε ώρα απογευματινή. Ο λαμβανόμενος όγκος αίματος ήταν 5 mL.

Τα δείγματα αίματος αφήνονταν να πήξουν

και στη συνέχεια φυγοκεντρούνταν στα 1500 x g επί 10 min για την παρασκευή ορού, ο οποίος καταψυχόταν μέχρι να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της κρεατινικής κινάσης. Ο προσδιορισμός έγινε σε φασματοφωτόμετρο U-1100 της εταιρείας Hitachi (Τόκυο, Ιαπωνία) με κινητική μέθοδο. Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο αντιδραστηρίων της εταιρείας Dialab (Βιέννη, Αυστρία) με αριθμό καταλόγου D94581.

Τέλος, τρεις ημέρες μετά το πέρας κάθε προγράμματος οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε δοκιμασία απόδοσης, η οποία ήταν ίδια με την αρχική (2 χιλιόμετρα ελεύθερης κολύμβησης για την πρώτη μελέτη και 100 μέτρα κολύμβησης στο στίλ του καθενός για τη δεύτερη).

### Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Συγκρίσεις των δύο ομάδων κάθε μελέτης ως προς τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά έγιναν με τη δοκιμασία t του Student. Η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στις δύο ομάδες κάθε μελέτης ως προς τη συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης ή την επίδοση εξετάστηκε με ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (προπονητικό πρόγραμμα χρώνος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο δεύτερο παράγοντα. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < .05$ .

### Αποτελέσματα

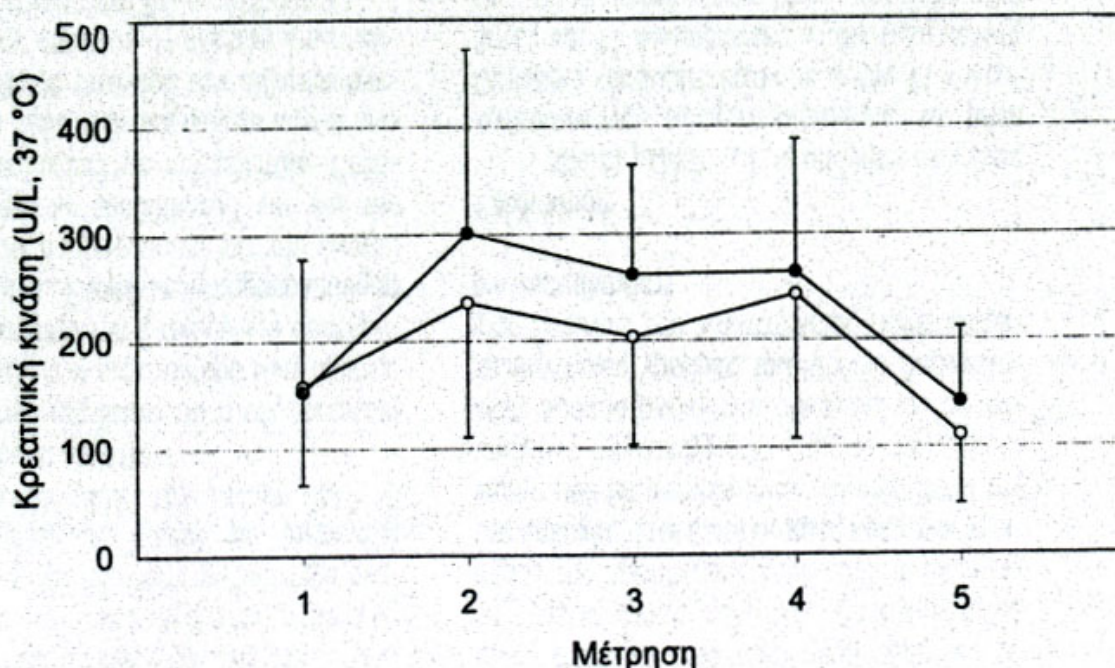
Στον πίνακα 1 βρίσκονται οι τιμές από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων κάθε μελέτης ως προς κανένα σωματομετρικό χαρακτηριστικό. Κατά τη διάρκεια και των δύο μελετών οι αθλητές ακολούθησαν πιστά τόσο το προπονητικό πρόγραμμα όσο και τις οδηγίες που τους δόθηκαν.

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

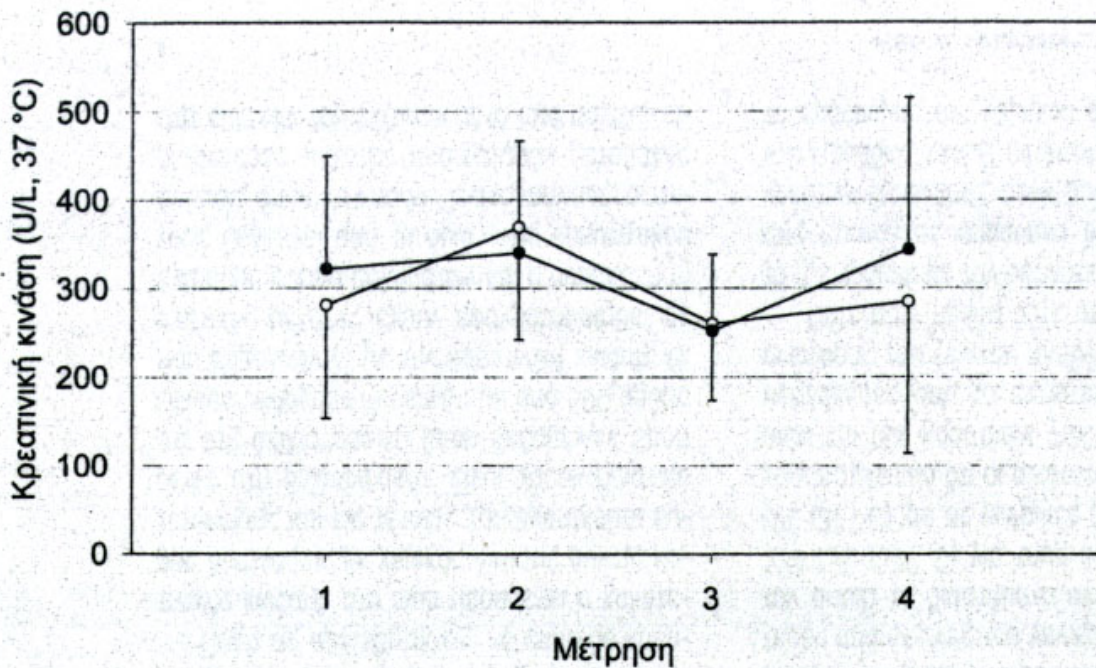
	Πρώτη μελέτη		Δεύτερη μελέτη	
	Ομάδα Α (N = 11)	Ομάδα Β (N = 11)	Ομάδα Γ (N = 14)	Ομάδα Δ (N = 14)
Ηλικία (έτη)	15,7 ± 0,6	15,7 ± 0,6	15,5 ± 0,7	15,5 ± 1,2
Σωματική μάζα (kg)	60,9 ± 7,4	59,5 ± 7,0	59,3 ± 7,3	54,4 ± 6,5
Ύψος (m)	1,73 ± 0,07	1,68 ± 0,08	1,69 ± 0,07	1,70 ± 0,07

Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της συγκέντρωσης της κρεατινικής κινάσης (εκφρασμένης σε μονάδες ενζυμικής δραστηριότητας ανά λίτρο στους 37° C) στον ορό των αθλητών της πρώτης μελέτης. Με την έναρξη εφαρμογής των προπονητικών προγραμμάτων τα επίπεδα του ενζύμου ανέβηκαν και παρέμειναν υψηλότερα από εκείνα της πρώτης μέτρησης μέχρι το τέλος των προγραμμάτων, ενώ μετά τη λήξη τους (πέμπτη μέτρηση) κατέβηκαν χαμηλότερα από τα αρχικά.

Από την έναρξη μέχρι το τέλος των προγραμμάτων η ομάδα Β (48 x 100 m ημερησίως) είχε υψηλότερη μέση τιμή κρεατινικής κινάσης από την ομάδα Α (24 x 100 m ημερησίως). Ωστόσο, ανάλυση διακύμανσης δεν έδειξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση προπονητικού προγράμματος και χρόνου, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι τιμές της κρεατινικής κινάσης δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά ανάμεσα στα δύο προγράμματα. Την υψηλότερη μέση τιμή και οι δύο ομάδες εμφάνισαν στη δεύτερη μέτρηση.



Σχήμα 1. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση της συγκέντρωσης κρεατινικής κινάσης στον ορό των κολυμβητών των ομάδων Α (○) και Β (●).



Σχήμα 2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση της συγκέντρωσης κρεατινικής κινάσης στον ορό των κολυμβητών των ομάδων Γ (○) και Δ (●).

Στην ίδια μέτρηση καταγράφηκε και η υψηλότερη μεμονωμένη τιμή της μελέτης (667 U/L στους 37° C), σε αθλήτη της ομάδας Β.

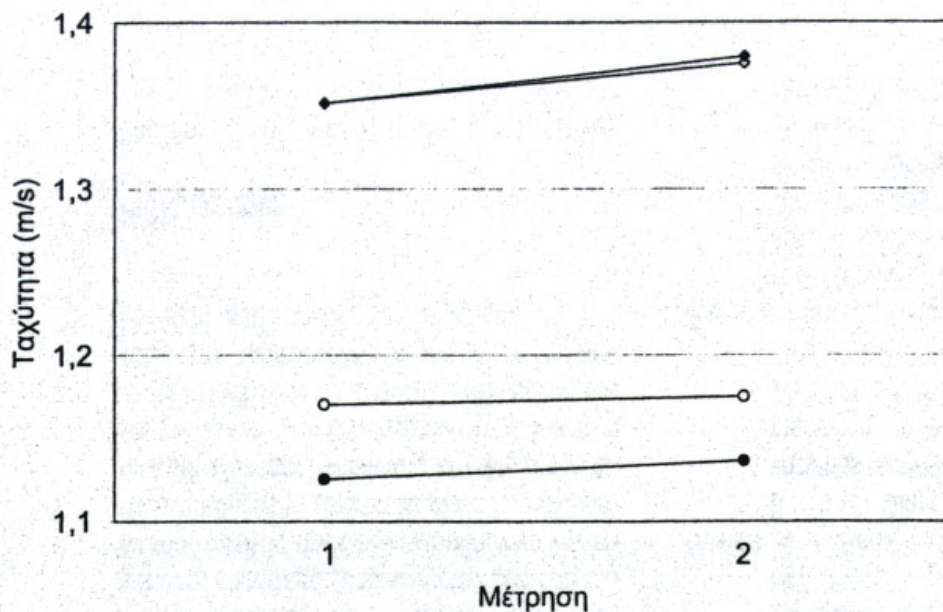
Στο σχήμα 2 εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις της κρεατινικής κινάσης στον ορό των κολυμβητών της δεύτερης μελέτης. Οι τιμές των δύο ομάδων κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα, τόσο μεταξύ τους όσο και σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση. Ούτε στη μελέτη αυτή βρέθηκε σημαντική αλληλεπίδραση προπονητικού προγράμματος και χρόνου. Η υψηλότερη μεμο-

νωμένη τιμή (697 U/L στους 37° C) σημειώθηκε σε αθλητή της ομάδας Δ κατά την τέταρτη μέτρηση.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική των συγκεντρώσεων της κρεατινικής κινάσης στις δύο μελέτες. Οι τιμές δε διαχωρίζονται ως προς την ομάδα (αφού δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων κάθε μελέτης) αλλά ως προς το φύλο, επειδή τα διαστήματα αναφοράς διαφέρουν.

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις της κρεατινικής κινάσης (U/L στους 37°C) στον ορό σε όλες τις μετρήσεις των δύο μελετών.

	Πρώτη μελέτη		Δεύτερη μελέτη	
	Αγόρια (55 τιμές)	Κορίτσια (55 τιμές)	Αγόρια (40 τιμές)	Κορίτσια (72 τιμές)
Μέση τιμή	282	133	400	253
Τυπική απόκλιση	130	60	119	119
Εύρος	75-667	45-313	219-697	72-551



Σχήμα 3. Μέση ταχύτητα των κολυμβητών των ομάδων Α (○), Β (●), Γ (◇) και Δ (◆).

Στο σχήμα 3 φαίνεται η μέση ταχύτητα των αθλητών στις δοκιμασίες απόδοσης πριν και μετά τα προπονητικά προγράμματα. Η ταχύτητα αυξήθηκε και στις τέσσερις ομάδες, αν και σε μικρότερο βαθμό στην πρώτη μελέτη (κατά 0,005 m/s στην ομάδα Α και κατά 0,011 m/s στην ομάδα Β) σε σύγκριση με τη δεύτερη μελέτη (κατά 0,024 m/s στην ομάδα Γ και κατά 0,028 m/s στην ομάδα Δ). Ανάλυση διακύμανσης δεν έδειξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ του προπονητικού προγράμματος και του χρόνου ούτε στην πρώτη ούτε στη δεύτερη μελέτη, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι επιδόσεις δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά ανάμεσα στα δύο προγράμματα κάθε μελέτης.

## Συζήτηση

Στην παρούσα έρευνα επιχειρήθηκε η οριοθέτηση επιθυμητών επιπέδων της κρεατινικής

κινάσης στον ορό εφήβων κολυμβητών κατά τη διάρκεια δύο προπονητικών μικρόκυκλων, ενός αερόβιας και ενός αναερόβιας κατεύθυνσης. Η γνώση τέτοιων επιπέδων θα μπορούσε να προσανατολίσει αθλητές και προπονητές στην επιλογή προπονητικών προγραμμάτων που, από τη μια πλευρά, θα αντιπροσωπεύουν ερεθίσματα ικανά να επιφέρουν τις επιθυμητές προσαρμογές και, από την άλλη, δε θα οδηγούν σε υπερβολική μυϊκή καταστροφή με αρνητικά αποτελέσματα για την απόδοση αλλά και την υγεία.

Πριν προχωρήσουμε στη συζήτηση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η χρησιμότητα της κρεατινικής κινάσης ως δείκτης μυϊκής καταπόνησης έχει αμφισβητηθεί τα τελευταία χρόνια. Σε ανασκόπησή τους οι Warren και συν. (1999) παραθέτουν μελέτες που δείχνουν ότι οι αλλαγές στα επίπεδα της κρεατινικής κινάσης του αίματος δε σχετίζονται με τη μείωση της μυϊκής λειτουργίας. Σε μια συγκεκριμένη

μυϊκή λειτουργία η μεγαλύτερη μείωση της ροπής της μέγιστης εθελούσιας συστολής συμβαίνει αμέσως μετά την έναρξη της κάκωσης, ενώ μέγιστα επίπεδα κρεατινικής κινάσης στο αίμα παρατηρούνται το νωρίτερο μετά από μία ημέρα. Αντίθετα, οι Rodenburg και συν. (1993) βρήκαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα κρεατινικής κινάσης στο αίμα και στις μειώσεις της ροπής της μέγιστης εθελούσιας συστολής, καθώς και ανάμεσα στα επίπεδα κρεατινικής κινάσης και στο εύρος της κίνησης. Ωστόσο, η συσχέτιση δεν ήταν υψηλή.

Ως πρόσθετη ένδειξη απουσίας συσχέτισης μεταξύ των επιπέδων κρεατινικής κινάσης του αίματος και της μείωσης της μυϊκής λειτουργίας οι Warren και συν. (1999) αναφέρουν το ότι οι επαναλήψεις μιας έκκεντρης άσκησης σε επόμενες ημέρες εξαφανίζουν την αύξηση των επιπέδων κρεατινικής κινάσης στο αίμα, ενώ οι μειώσεις στη συσταλτική ικανότητα απαλύνονται ελάχιστα. Επίσης υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στα επίπεδα της κρεατινικής κινάσης ανάμεσα σε διαφορετικά άτομα παρά τις παρόμοιες μειώσεις της συσταλτικής λειτουργίας εξαιτίας έκκεντρης άσκησης. Τέλος, τα επίπεδα της κρεατινικής κινάσης στο πλάσμα δε σχετίζονται με ιστολογικά σημεία κάκωσης.

Παρά τις αμφισβητήσεις, το επίπεδο κρεατινικής κινάσης στο αίμα παραμένει ο καλύτερος διαθέσιμος βιοχημικός δείκτης μυϊκής καταπόνησης και ως τέτοιος χρησιμοποιείται ευρέως στη βιβλιογραφία. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη βιβλιογραφική βάση δεδομένων Sport Discus υπάρχουν περισσότερα από 500 άρθρα που ασχολούνται με την κρεατινική κινάση. Οι σχετικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα αθλημάτων και η ανασκόπησή τους ξεφεύγει από τα όρια ενός ερευνητικού άρθρου, όπως το παρόν. Γενικά, πάντως, οι περισσότερες μελέτες περιγράφουν μεταβολές στα επίπεδα του ενζύμου μετά από ποικίλα εί-

δη άσκησης, τόσο σε οξεία όσο και σε χρόνια φάση, χωρίς να τα συσχετίζουν με την αθλητική απόδοση. Στο ίδιο πλαίσιο έχουν εξεταστεί άλλα μυϊκά ένζυμα, όπως η γαλακτική αφυδρογονάση και η αλδολάση, καθώς και η αποθηκευτική πρωτεΐνη μουσφαιρίνη. Οι ουσίες αυτές αυξάνονται επίσης στο πλάσμα μετά από μυϊκή καταπόνηση, συνήθως όμως σε μικρότερο βαθμό από ό,τι η κρεατινική κινάση (π.χ. Mougios et al., 1991. Nuviala et al., 1992).

Οι σχετικές με την κρεατινική κινάση έρευνες στο χώρο της κολύμβησης είναι περιορισμένες. Από μελέτη σε κολυμβητές υψηλού επιπέδου (Symanski et al., 1983) βρέθηκε ότι ούτε κολύμβηση σταδιακά αυξανόμενης επιβάρυνσης μέχρι εξάντλησης (για περίπου 25 λεπτά) ούτε κολύμβηση στο 70 % της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου για 60 λεπτά επέφερε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης στον ορό. Από άλλη μελέτη (Kirwan et al., 1988) βρέθηκε ότι η αύξηση της κρεατινικής κινάσης στον ορό κολυμβητών, όταν αυτοί ακολουθούν πρόγραμμα υψηλής έντασης, δεν επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στην απόδοση, ούτε όμως και σημαντική βελτίωσή της.

Οι τιμές κρεατινικής κινάσης που παρατηρήθηκαν στην έρευνά μας είναι σαφώς υψηλότερες από εκείνες του γενικού πληθυσμού, για τον οποίο τα διαστήματα αναφοράς είναι 38-174 U/L (37° C) για τους άντρες και 26-140 U/L (37° C) για τις γυναίκες (Tietz, 1995). Είναι χαρακτηριστικό ότι οι ανώτατες τιμές των αγοριών και των κοριτσιών (πίν. 2) ήταν 4 φορές υψηλότερες από το αντίστοιχο ανώτατο όριο αναφοράς του γενικού πληθυσμού.

Ούτε στην πρώτη ούτε στη δεύτερη μελέτη το πρόγραμμα με τον υψηλότερο όγκο προπόνησης προκάλεσε σημαντικά διαφορετικές τιμές κρεατινικής κινάσης στον ορό των συμμετεχόντων (ομάδες Β και Δ, αντίστοιχα) σε σύγκριση με το πρόγραμμα του χαμηλού όγκου προπόνησης

(ομάδες Α και Γ, αντίστοιχα). Το ίδιο παρατηρήθηκε και με τις επιδόσεις των τεσσάρων ομάδων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα προαναφερθέντα των Kirwan και συν. (1988).

Το γεγονός ότι και τα τέσσερα προπονητικά προγράμματα που ακολουθήθηκαν οδήγησαν σε βελτίωση της απόδοσης, έστω και μη στατιστικά σημαντική, υποδεικνύει ότι πέτυχαν τους προπονητικούς στόχους, αφού σε αθλητές αγωνιστικού επιπέδου και στις συγκεκριμένες προπονητικές περιόδους δεν αναμένονται θεαματικές βελτιώσεις σε διάστημα δύο εβδομάδων. Από την άλλη πλευρά, οι αθλητές εκτέλεσαν τα προγράμματα χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία και δεν παραπονέθηκαν για κακώσεις. Επομένως, οι συγκεντρώσεις κρεατινικής κινάσης που μετρήθηκαν δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ανεπιθύμητες και δε θα πρέπει να ανησυχούν τους προπονητές.

Συνοψίζοντας, συγκεντρώσεις κρεατινικής κινάσης μέχρι το τετραπλάσιο των ανώτατων τιμών αναφοράς του γενικού πληθυσμού δε φαίνεται να είναι αρνητικές για την υγεία και την απόδοση εφήβων κολυμβητών και κολυμβητριών, τουλάχιστον στη διάρκεια ενός προπονητικού μικρόκυκλου 12 ημερών είτε αερόβιας είτε αναερόβιας κατεύθυνσης. Απαιτείται, ωστόσο, παραπέρα έρευνα για την εξέταση του αν τόσο υψηλές τιμές εξακολουθούν να μην είναι ανεπιθύμητες κατά τη διάρκεια προγραμμάτων μεγαλύτερης διάρκειας, επειδή, όπως είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία (π.χ. Nuttall & Jones, 1968), αναμένεται σταδιακή μείωση των τιμών της κρεατινικής κινάσης με την εξακλούθηση μιας ανάλογης επιβάρυνσης.

## Βιβλιογραφία

Ebbeling, C. B., and Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and

- adaptation. *Sports Medicine* 7: 207-234.
- King, D. S., Feltmeyer, T. L., Baldus, P. J., Sharp, R. L., and Nespor, J. (1993). Effects of eccentric exercise on insulin secretion and action in humans. *Journal of Applied Physiology* 75: 2151-2156.
- Kirwan, J. P., Costill, D. L., Flynn, M. G., Mitchell, J. B., Fink, W. J., Neuffer, P. D., and Houmard, J. A. (1988). Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20: 255-259.
- Μούγιος, Β. (1996). *Βιοχημεία της Άσκησης*. Θεσσαλονίκη.
- Mougiou, V., Deligiannis, A., Kalpakis, J., and Mastrantoni, A. (1991). Biochemical evaluation of muscle function during long distance fin swimming. *Medical Science Research* 19: 649-650.
- Nuttall, F. Q., and Jones, B. (1968). Creatine kinase and glutamic oxalacetic transaminase activity in serum: kinetics of changes with exercise and effect of physical conditioning. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 71: 847-854.
- Nuviala, R. J., Roda, L., Lapieza, M. G., Boned, B., and Giner, A. (1992). Serum enzymes activities at rest and after a marathon race. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 32: 180-186.
- Papadopoulou, E., Petridou, A., Nikolaidis, M., and Mougiou, V. (1999). Proposal of special normal values of biochemical and hematological parameters for elite athletes. *Proceedings of the 4th Annual Congress of the European College of Sport Science*: 368.