

# Βιοχημικοί δείκτες της επιβάρυνσης της προπόνησης

Βασίλης Μούγιος



Καθηγητής βιοχημείας της άσκησης  
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



Επισκέπτης καθηγητής  
College of Physical Education  
The University of Suwon  
Republic of Korea

# Βιοχημικοί δείκτες της επιβάρυνσης της προπόνησης

## Ένζυμα

- Κρεατινική κινάση
- Αφυδρογονάση γαλακτικού οξέος
- Αμινοτρανσφεράσες

## Ορμόνες

- Κορτιζόλη
- Τεστοστερόνη

## Κρεατινική κινάση



Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στους σκελετικούς μύες, στο μυοκάρδιο, στους λείους μύες και στον εγκέφαλο.

# Κρεατινική κινάση (CK)

Κύριες ισομορφές (ισοένζυμα) στον ορό

- CK-1 ή CK-BB (εγκέφαλος, λείοι μύες)
- CK-2 ή CK-MB (καρδιά)
- CK-3 ή CK-MM (σκελετικοί μύες)

> 94 %

# Κρεατινική κινάση

Η συγκέντρωσή της στον ορό ανεβαίνει, όταν καταστρέφονται κύτταρα που την περιέχουν.

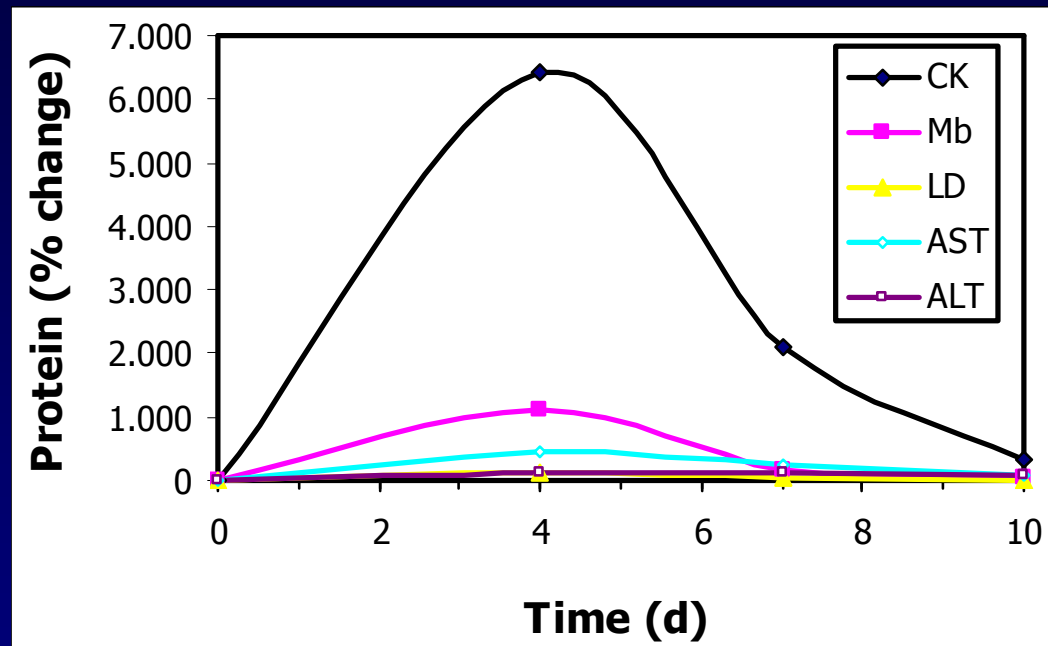
Η συγκέντρωσή της στον ορό αυξάνεται μετά την άσκηση (ιδιαίτερα την έκκεντρη) ως αποτέλεσμα της αυξημένης καταστροφής μυϊκών ινών λόγω της μηχανικής τους καταπόνησης.

# Κρεατινική κινάση

Η συγκέντρωσή της στον ορό είναι:

- Ο πιο ευαίσθητος βιοχημικός δείκτης μυϊκής βλάβης

## Έκκεντρη άσκηση του δικεφάλου



Υψηλή συσχέτιση της CK με τις άλλες πρωτεΐνες  
( $r = 0,80-0,96$ )

Clarkson *et al. Med Sci Sports Exerc* 38, 623, 2006

# Κρεατινική κινάση

Η συγκέντρωσή της στον ορό είναι:

- Ο πιο ευαίσθητος βιοχημικός δείκτης μυϊκής βλάβης
- Άσχετη με την ισχύ του συστήματος ATP-CP
- Άσχετη με την απόδοση
- Άσχετη με άλλες πλευρές του μεταβολισμού

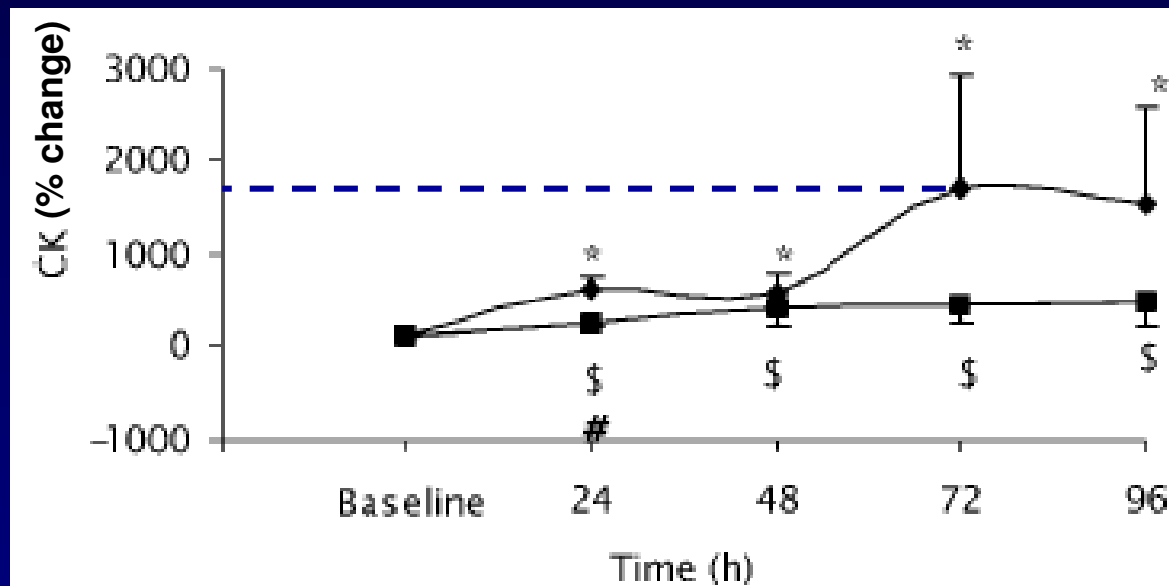


«Μεταβολική κόπωση, που μεταφράζεται σε ταλαιπωρημένο σκελετό που δεν μπορεί να βοηθήσει τον οργανισμό να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις του πρωταθλητισμού» ήταν η εκτίμηση των επιστημόνων που ασχολούνται με το θέμα και κλήθηκαν να προσφέρουν τα φώτα τους.

Σύμφωνα με πληροφορίες, στις αιματολογικές εξετάσεις που υποβλήθηκαν πρόσφατα οι παίκτες, οι τέσσερις διεθνείς βρέθηκαν να έχουν τον δείκτη CRK πολύ πάνω από το φυσιολογικό όριο που είναι το «200». Ίδιες πηγές

*Κόσμος των Σπορ 22/9/1998*

## Έκκεντρη άσκηση του τετρακεφάλου



Υψηλής έντασης  
Χαμηλής έντασης

Paschalis et al. *J Strength Cond Res* 19: 184, 2005

# 温和灸结合拔罐对运动员血清肌酸激酶的影响

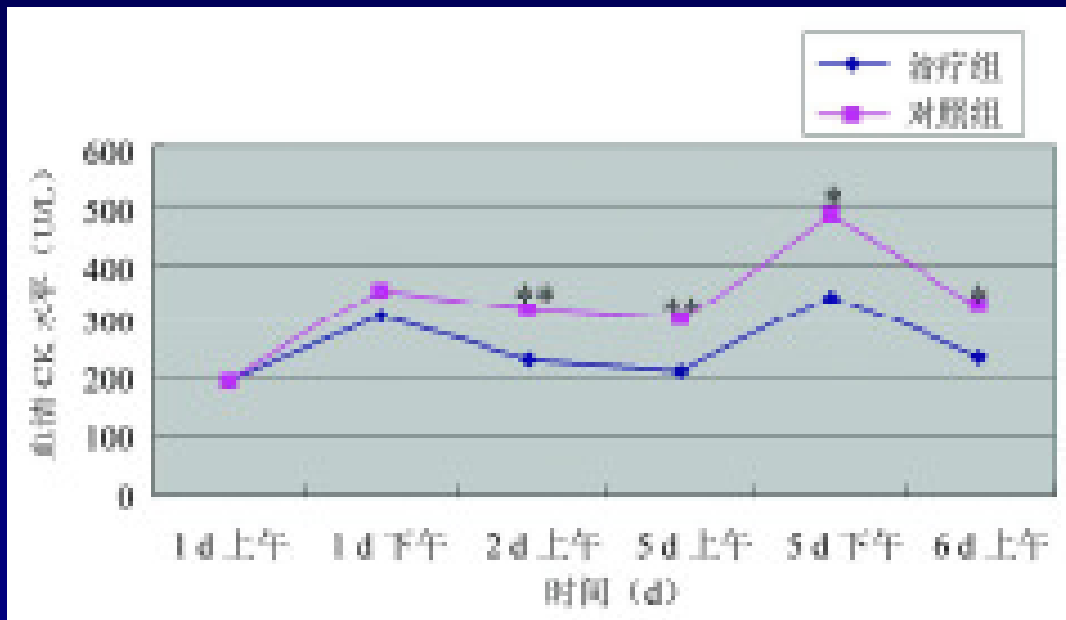
Study on the effect of mild moxibustion combined with cupping therapy on serum creatine kinase in gym athletes



Sun et al. *Chin Acup Moxib* 27, 6, 2007

# 温和灸结合拔罐对运动员血清肌酸激酶的影响

Study on the effect of mild moxibustion combined with cupping therapy on serum creatine kinase in gym athletes

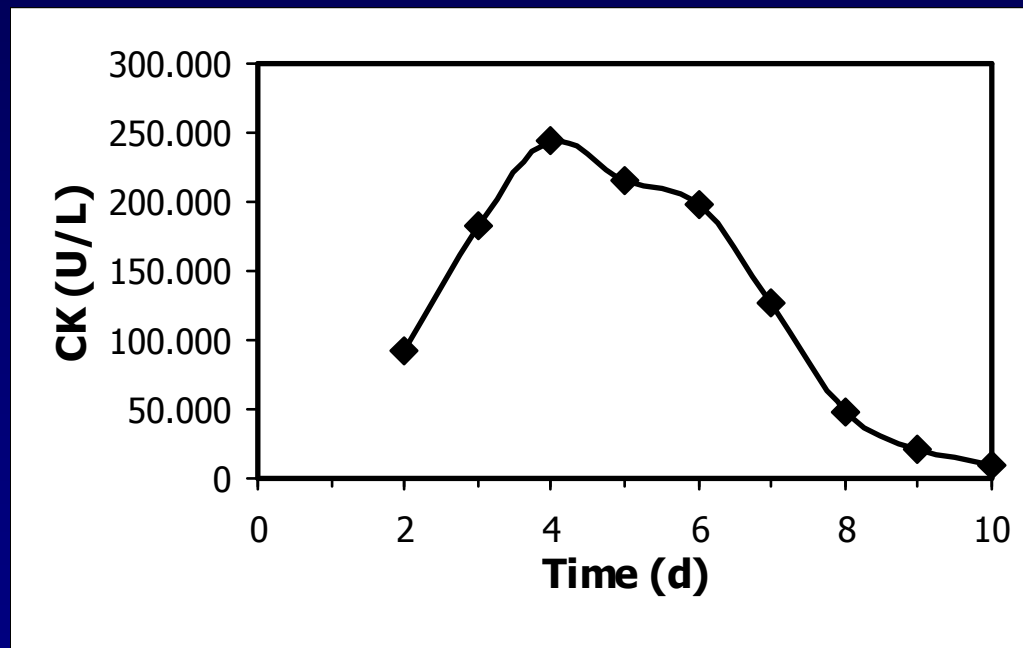


Εφαρμογή της  
θεραπείας οδήγησε  
σε μείωση των  
τιμών της CK

Sun et al. *Chin Acup Moxib* 27, 6, 2007

# Ακραίο περιστατικό

Δωδεκάχρονο αγόρι υποχρεώθηκε να κάνει > 250 άλματα από ημικάθισμα ως τιμωρία, γιατί μιλούσε στο μάθημα...



Clarkson. *Med Sci Sports Exerc* 38, 197, 2006

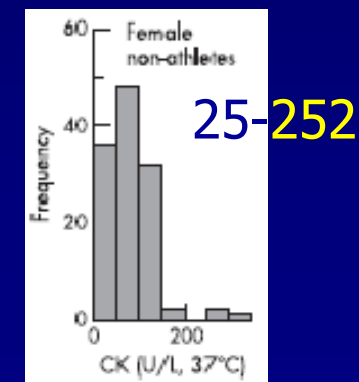
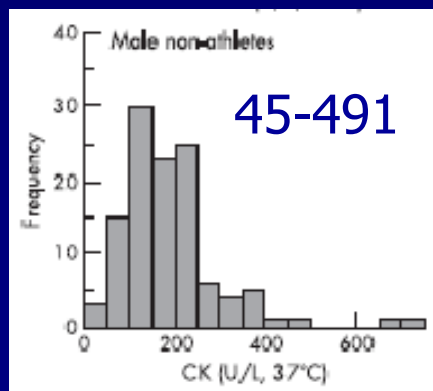
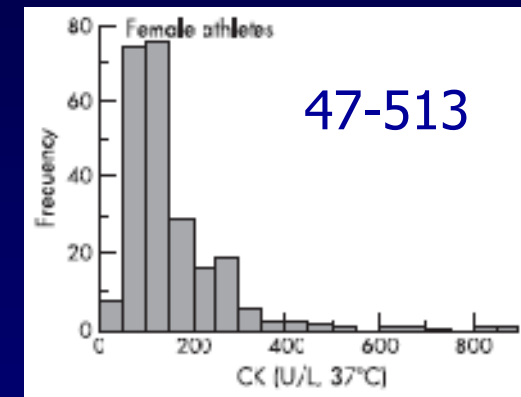
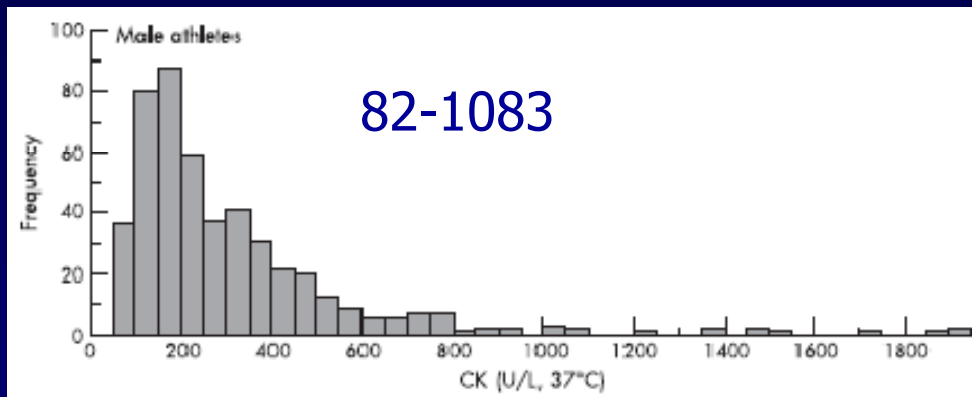
## Ποιες τιμές CK είναι επιθυμητές στον ορό αθλητών;

Τιμές μέχρι περίπου 700 U/L, 37 °C, στον ορό  
κολυμβητών δεν φαίνεται να είναι αρνητικές για  
την απόδοση, τουλάχιστον στη διάρκεια ενός  
προπονητικού μικρόκυκλου.

Πάππας και συν.  
*Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός* 47: 2, 2002

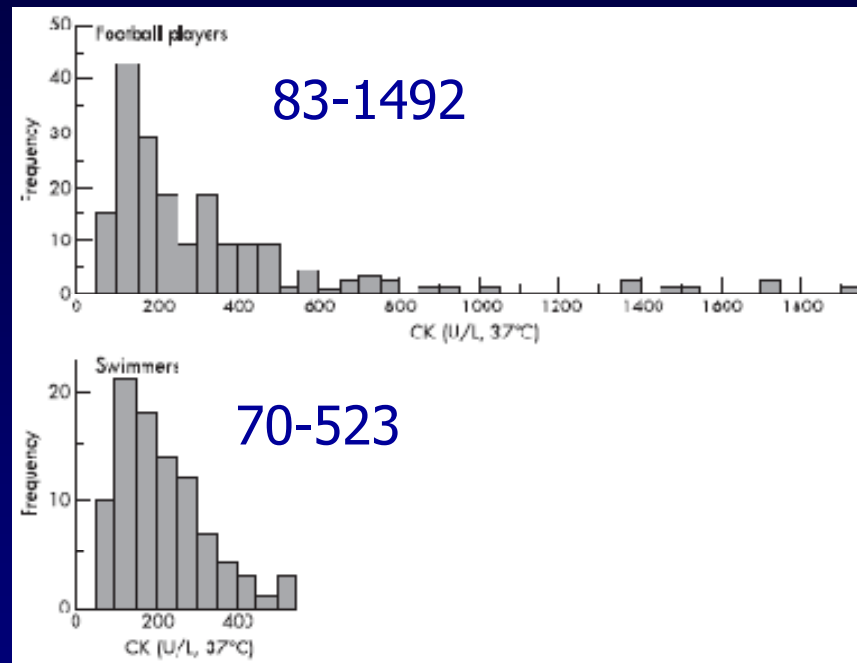
Ανάγκη καθιέρωσης ιδιαίτερων  
διαστημάτων αναφοράς  
(φυσιολογικών τιμών)  
για αθλητές/-ήτριες

Mougiou. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med* 41: 674, 2007





Mougiou. *Br J Sports Med* 41: 674, 2007



Lazarim *et al. J Sci Med Sports* 12: 85, 2009

Άνω όριο αναφοράς σε ποδοσφαιριστές, 1338 U/L, 37 °C

# Κρεατινική κινάση

Αθλητές

Υψηλότερες τιμές λόγω της συχνής καταπόνησης του μυϊκού ιστού

Μη αθλούμενοι

Μεγαλύτερη αύξηση μετά από δεδομένη επιβάρυνση

Το φαινόμενο της επανειλημμένης επιβάρυνσης  
(repeated-bout effect)

Επανάληψη μιας επιβάρυνσης προκαλεί μικρότερη μυϊκή καταστροφή από εκείνην που προκάλεσε η προηγούμενη.

# Χρησιμότητα της μέτρησης κρεατινικής κινάσης σε αθλητές και αθλούμενους

Μας πληροφορεί:

- (αν μετρηθεί μετά από μία συνεδρία άσκησης) για το πόσο επιβαρύνθηκε το μυϊκό σύστημα
- (αν ξαναμετρηθεί μετά από παρόμοια άσκηση) για την προσαρμογή του μυϊκού συστήματος στη δεδομένη επιβάρυνση
- (αν μετριέται τακτικά σ' έναν αθλητή) για πιθανές υπερβολές της προπονητικής επιβάρυνσης ή άλλα προβλήματα

# Ορμόνες

- Κορτιζόλη
- Τεστοστερόνη

# Γιατί ενδιαφέρουν στην άσκηση;

## Κορτιζόλη

- Αυξάνεται μετά από σωματικό και πνευματικό στρες
- Προάγει την πρωτεϊνόλυση στους μύες
- Σε υψηλές συγκεντρώσεις, προκαλεί ανοσοκαταστολή
- Αυξάνει τη γλυκόζη του αίματος

# Γιατί ενδιαφέρουν στην άσκηση;

## Τεστοστερόνη

- Προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση στους μύες
- Περιορίζει την πρωτεϊνόλυση στους μύες
- Μεταβάλλεται με αρκετά είδη άσκησης

# Οξείες επιδράσεις της άσκησης

Η κορτιζόλη αυξάνεται στο αίμα μετά από:

- Άσκηση αντοχής που ξεπερνά το 60% της  $VO_2max$
- Έντονη άσκηση με αντιστάσεις

# Οξείες επιδράσεις της άσκησης

Η τεστοστερόνη του αίματος:

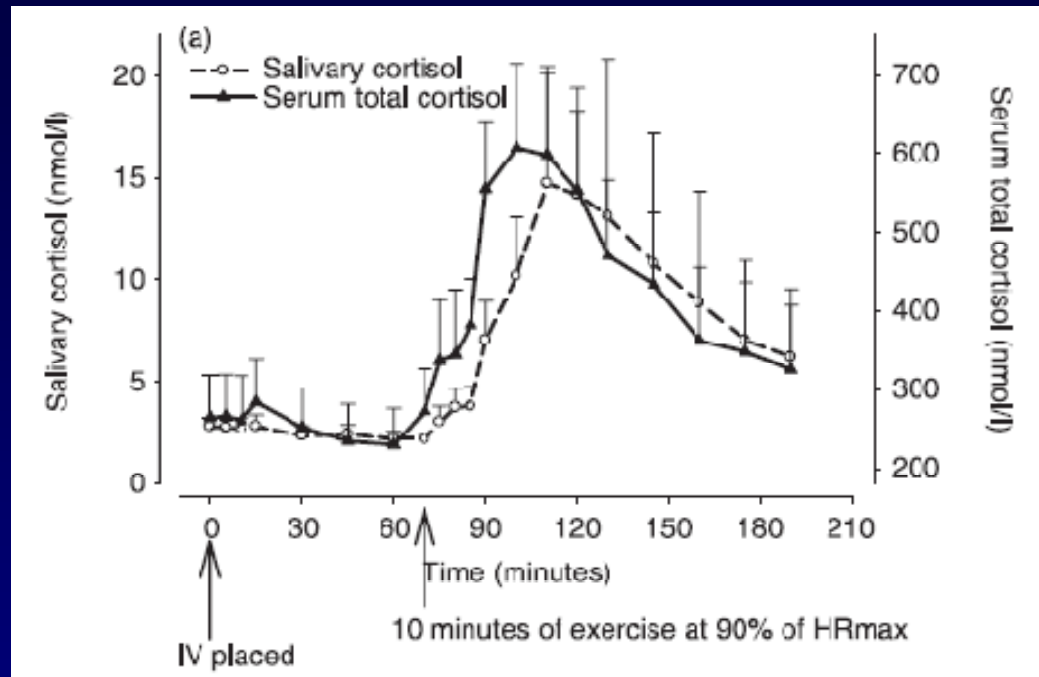
- Δεν μεταβάλλεται μετά από ασκήσεις διάρκειας κάτω από 1 min.
- Σε ασκήσεις πάνω από 1 min, αυξάνεται ανάλογα με το συνολικό έργο.
- Σε ασκήσεις πάνω από 1 h, αρχίζει να μειώνεται και στις 3 h πέφτει κάτω από την τιμή ηρεμίας.
- Μειώνεται κατά την αποκατάσταση από αερόβια άσκηση.



# Μέτρηση ορμονών στο σάλιο

Πλεονεκτήματα έναντι του αίματος:

- Η λήψη του είναι ανώδυνη, γρήγορη, συχνή και χωρίς στρες.
- Δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερα μέτρα υγιεινής.
- Οι συγκεντρώσεις κορτιζόλης και τεστοστερόνης στο σάλιο αντανακλούν τις συγκεντρώσεις των ελεύθερων (μη δεσμευμένων) ορμονών στο αίμα.
- Η κορτιζόλη και η τεστοστερόνη του σάλιου δείχνουν μεγαλύτερες αποκρίσεις στην άσκηση σε σύγκριση με το αίμα.



Gozansky et al. *Clin Endocr* 63: 336, 2005

Ικανοποιητική συσχέτιση κορτιζόλης και τεστοστερόνης αίματος και σάλιου ( $r = 0,52-0,97$ ,  $P < 0,05$ )

# Χρόνιες επιδράσεις της άσκησης

## Κορτιζόλη του αίματος

- Η προπόνηση μετριάζει την αύξηση που προκαλεί μια συνεδρία άσκησης.
- Οι αθλητές έχουν ίδια ή υψηλότερη συγκέντρωση ηρεμίας από μη ασκούμενους.
- Δρομείς ταχύτητας και αρσιβαρίστες τείνουν να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση ηρεμίας από αθλητές αντοχής.

# Χρόνιες επιδράσεις της άσκησης

## Τεστοστερόνη του αίματος

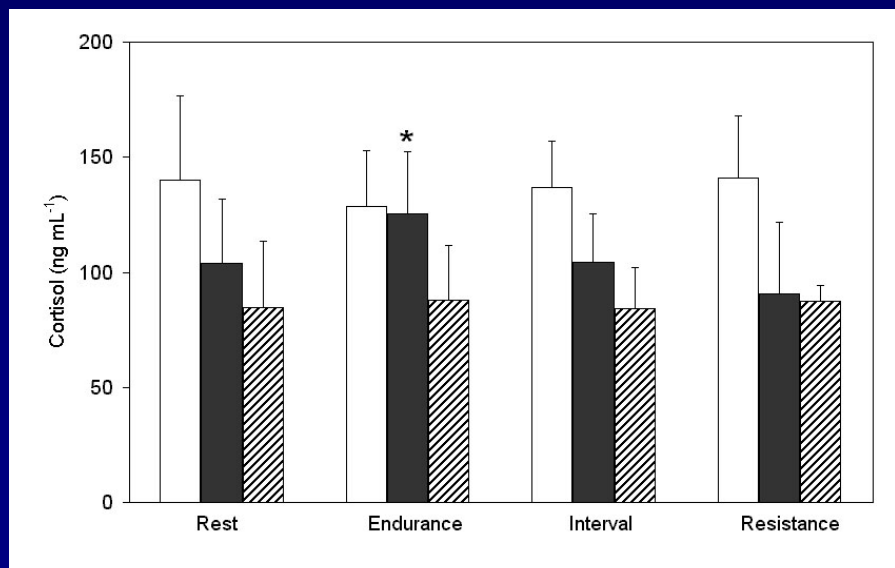
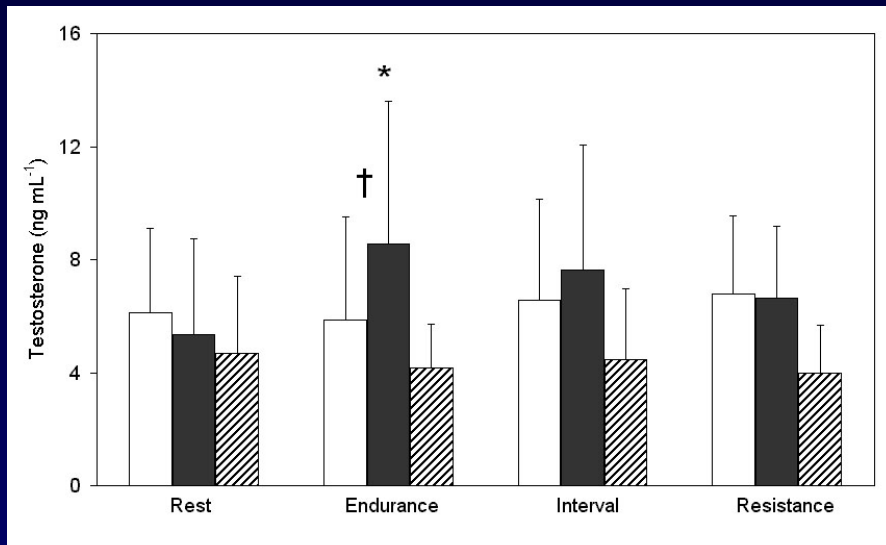
- Αθλητές αντοχής έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση ηρεμίας από μη αθλητές.
- Αρσιβαρίστες έχουν υψηλότερη συγκέντρωση ηρεμίας από μη αθλητές.
- Μπορεί να παρουσιάζει διακύμανση κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής περιόδου.

# Χρησιμότητα της μέτρησης κορτιζόλης σε αθλητές και αθλούμενους

- Σε ηρεμία, δείκτης στρες
- Μετά από άσκηση, πώς δέχεται ο οργανισμός μια συγκεκριμένη επιβάρυνση

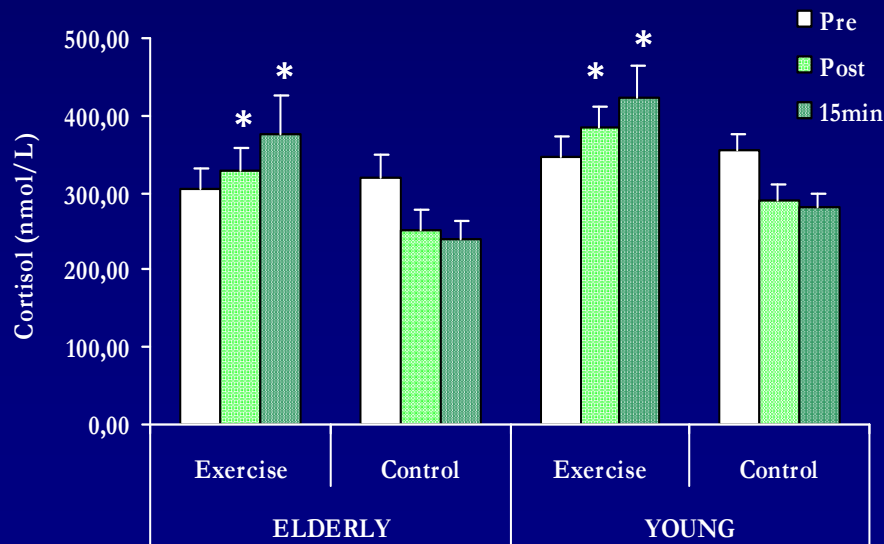
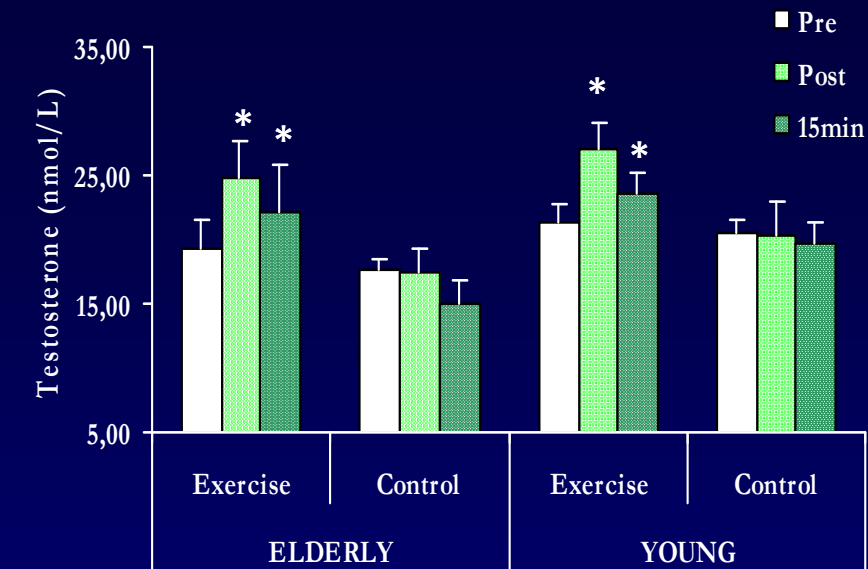
# Χρησιμότητα της μέτρησης τεστοστερόνης σε αθλητές και αθλούμενους

Επιλογή του κατάλληλου προπονητικού πρωτοκόλλου  
για μεγιστοποίηση της αύξησης της τεστοστερόνης και,  
κατ' επέκταση, των αναβολικών οφελών.



Μεταξύ τριών προπονητικών πρωτοκόλλων κωπηλασίας, το πρωτόκολλο αντοχής προκάλεσε μεγαλύτερες ορμονικές αποκρίσεις στο αίμα από το διαλειμματικό πρωτόκολλο και το πρωτόκολλο με αντιστάσεις.

Kokallas et al. *Eur J Appl Physiol* 92: 128, 2004



Ένα πρωτόκολλο άσκησης με αντιστάσεις μέτριας έντασης με πολλές επαναλήψεις για τη βελτίωση της αντοχής στη δύναμη ήταν εξίσου αποτελεσματικό για την αύξηση της τεστοστερόνης του αίματος σε ηλικιωμένους και νέους άντρες.

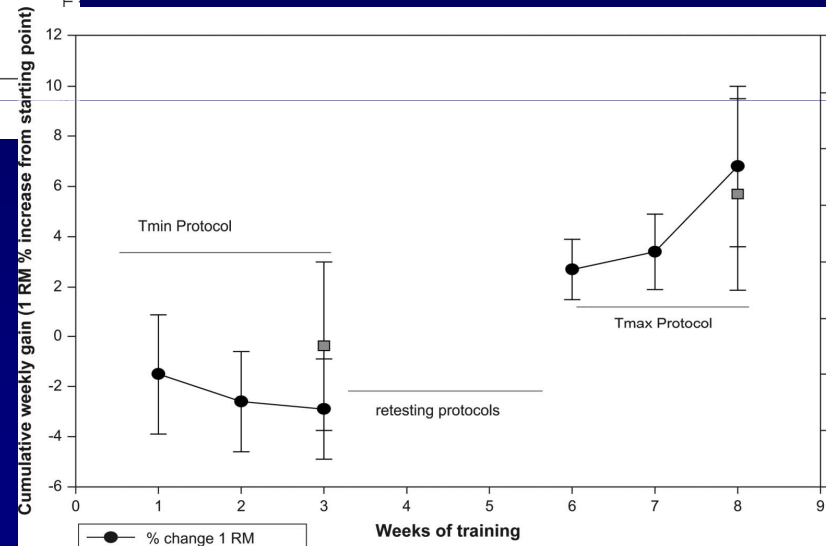
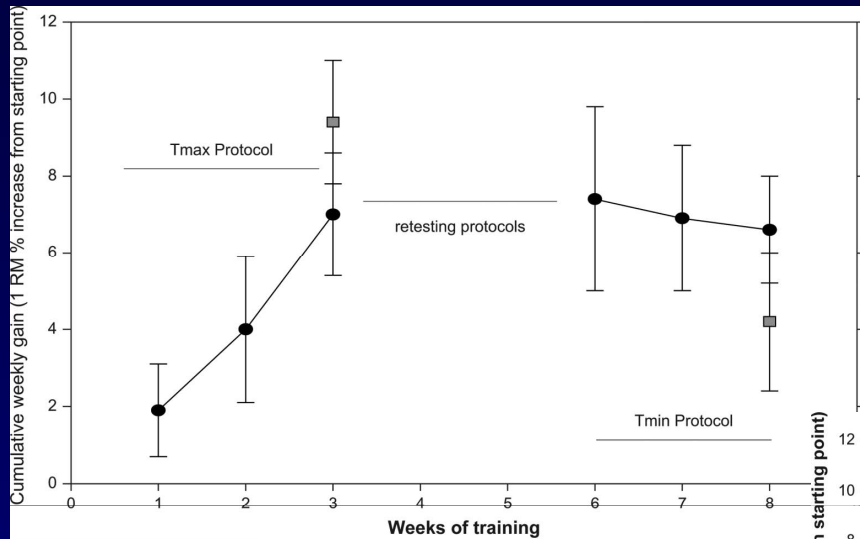
Smiliios et al. *Int J Sports Med* 28: 401, 2007



## Συσχέτιση ορμονικών αποκρίσεων με προπονητικά οφέλη

- Ατομικές διαφορές στην απόκριση της τεστοστερόνης του σάλιου σε τέσσερα πρωτόκολλα προπόνησης με αντιστάσεις
- Προπόνηση τριών εβδομάδων στο πρωτόκολλο που προκάλεσε τη μεγαλύτερη απόκριση τεστοστερόνης έφερε αύξηση της μέγιστης δύναμης, ενώ προπόνηση στο πρωτόκολλο που προκάλεσε τη μικρότερη απόκριση τεστοστερόνης δεν αύξησε τη μέγιστη δύναμη.

Beaven et al. *J Strength Cond Res* 22: 419, 426, 2008



Beaven et al. *J Strength Cond Res* 22: 419, 2008

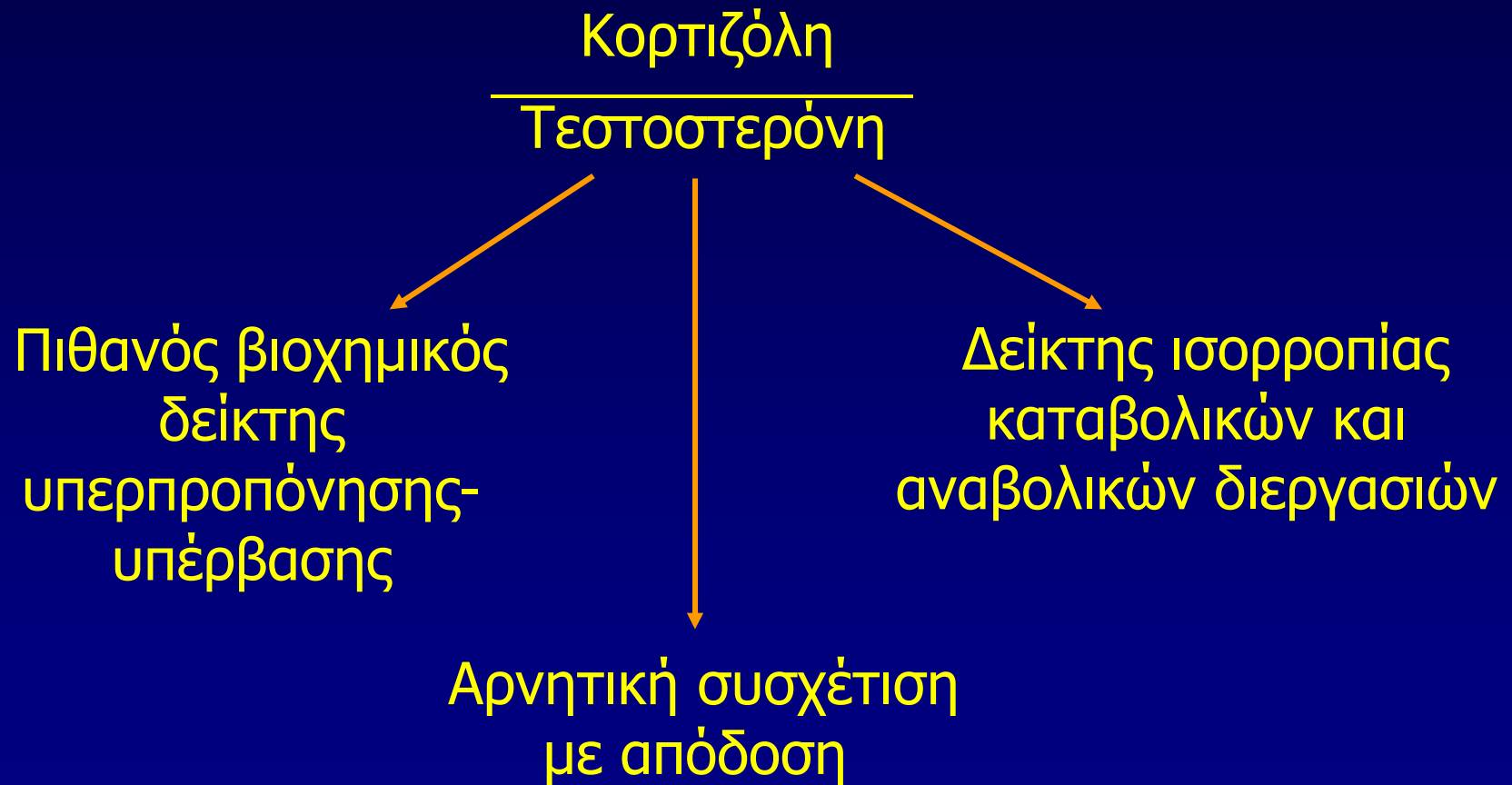
# Σύνδρομο υπερπροπόνησης

Σύνολο σημείων και συμπτωμάτων (πτώση απόδοσης, χρόνιος κόπιατος, διαταραχές της καρδιακής λειτουργίας, ευπάθεια σε λοιμώξεις και τραυματισμούς) που εμφανίζονται όταν οι ρυθμοί προπόνησης ξεπερνούν τις φυσικές δυνατότητες του αθλητή

Υπέρβαση: Πτώση απόδοσης που αναστρέφεται σε 1-2 εβδομάδες.


Υπερπροπόνηση: Απαιτεί ανάπαυση πολλών εβδομάδων

# Υπερπροπόνηση-υπέρβαση



# Υπερπροπόνηση-υπέρβαση

Περιορισμένη αύξηση της κορτιζόλης μετά  
από εξαντλητική άσκηση



Πιθανός βιοχημικός  
δείκτης  
υπερπροπόνησης-  
υπέρβασης