

Χαρακτηριστικά Κόπωσης

Κόπωση είναι η ανικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να διατηρήσει σταθερό, ένα δοσμένο επίπεδο έντασης ανεξαρτήτως της επιλεγόμενης έντασης.

Τοπογραφία Κόπωσης

- Κεντρική κόπωση
(κεντρικό νευρικό
σύστημα)
- Περιφερική κόπωση
(Μυϊκό σύστημα)



*Το σχήμα είναι παρμένο από το διαδίκτυο

Κέντρα που επηρεάζουν την νευρική κόπωση

Φλοιικά νευρωνικά κέντρα

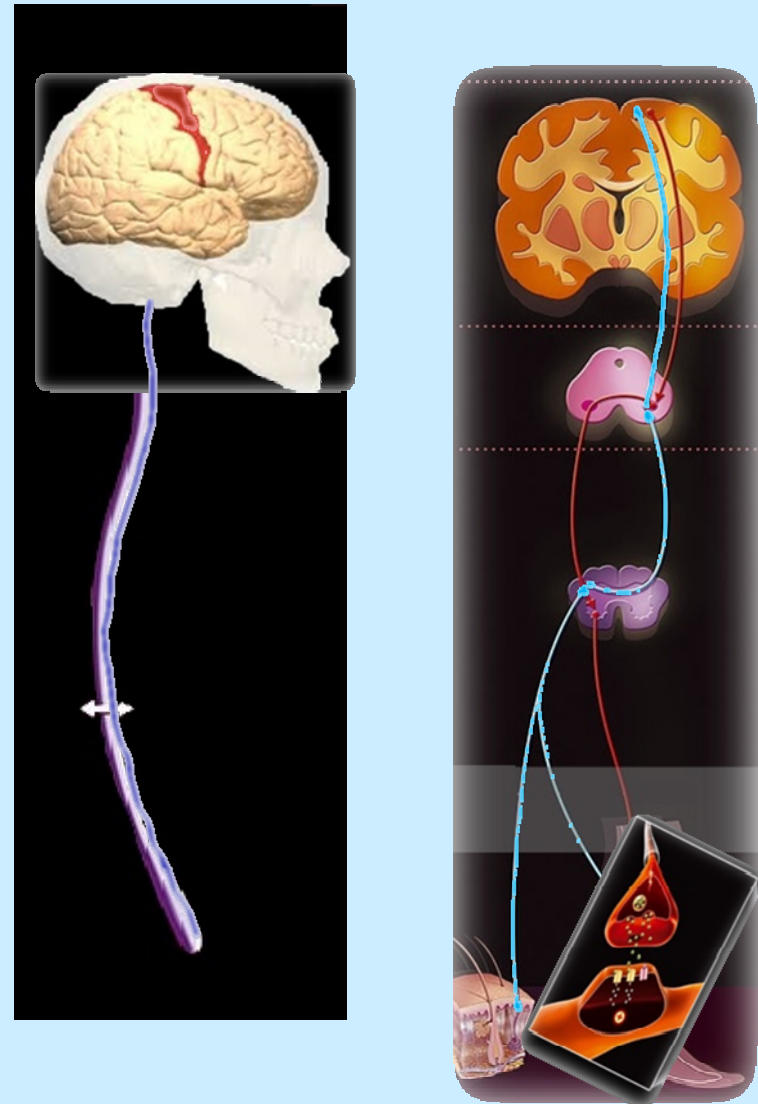
Νευρωνικά δίκτυα νωτιαίου μυελού

Κινητικός νευρώνας τύπου α

Νευρομυϊκή Σύναψη/Προσύναψη

Αισθητήρια όργανα

Το σχήμα είναι παρμένο από το διαδίκτυο



Αίτια Κεντρικής Κόπωσης

Μείωση αρτηριακού κορεσμού O₂-
οξυγόνωση εγκεφάλου

Μείωση διεγερσιμότητας κεντρικών
φλοιικών περιοχών

Μείωση διεγερσιμότητας κιν.νευρώνα
τύπου α

Μείωση συχνότητας διέγερσης μυϊκής
ατράκτου

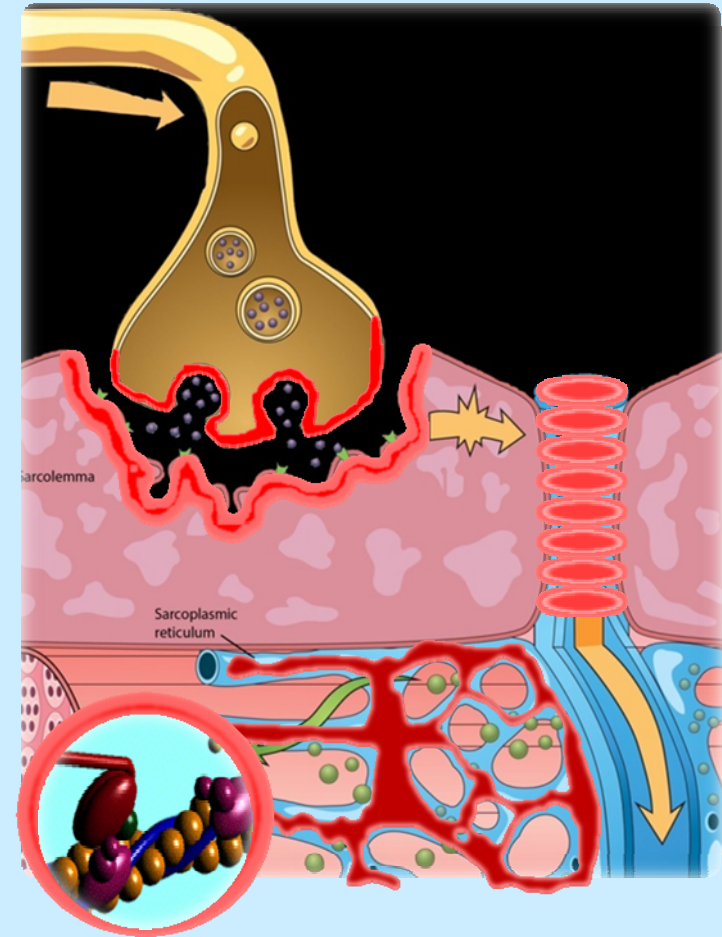
Αύξηση προσυναπτικής αναστολής

Μη ιδανική επιστράτευση κινητικών
μονάδων



Περιφερειακή Κόπωση

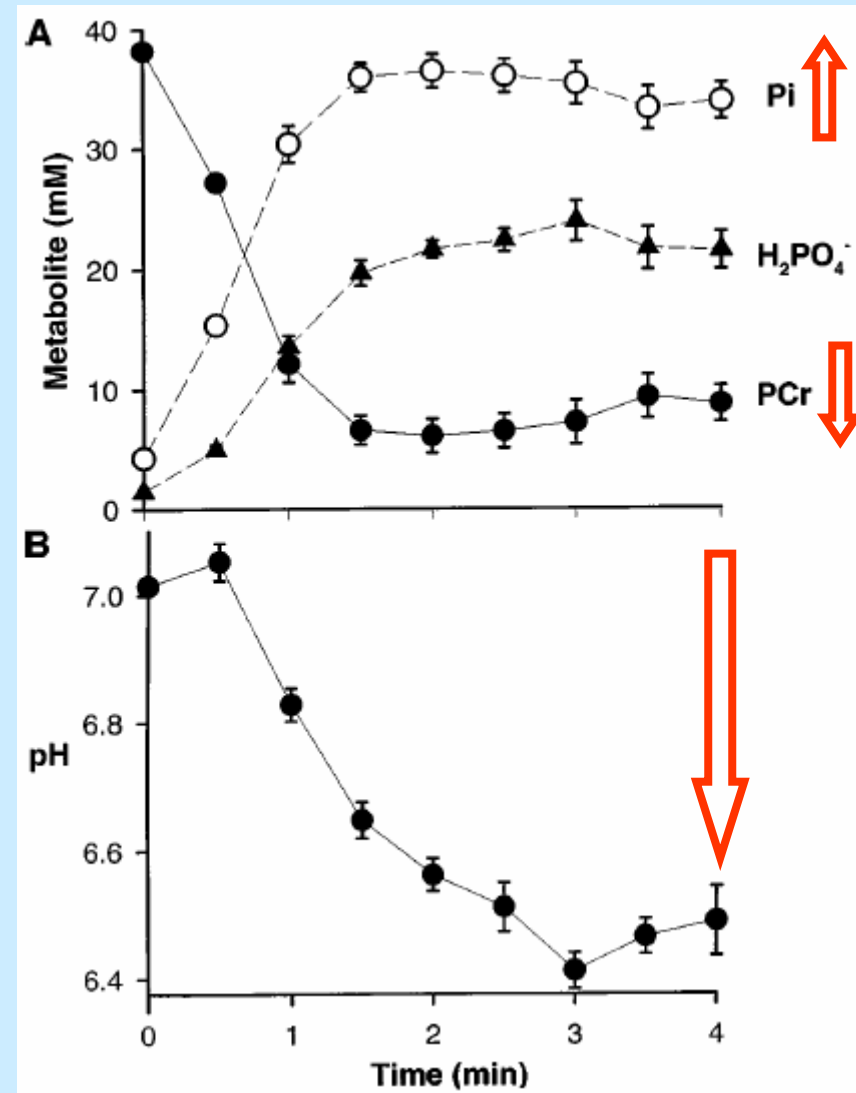
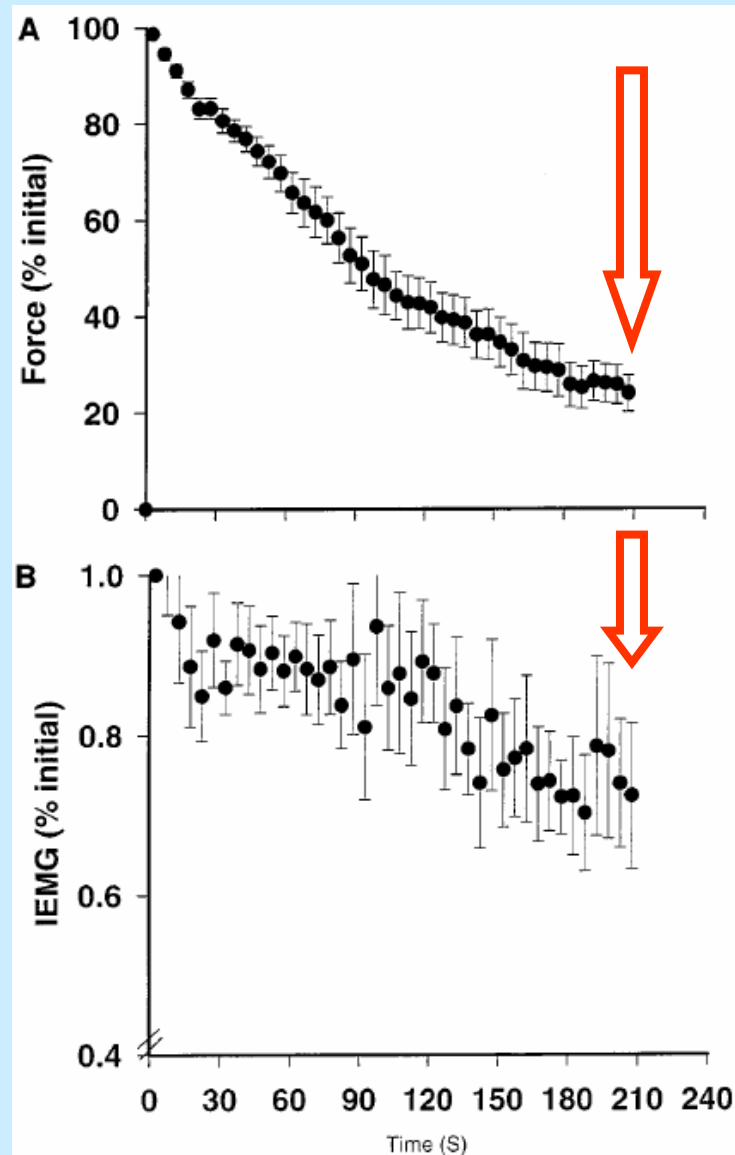
1. Απελευθέρωση ακετυλχολίνης
2. Τελική κινητική πλάκα.
Πρόσδεση ακετυλχολίνης
3. Τ-σωληναριακό σύστημα
4. Αδρό Ενδοπλασματικό δίκτυο.
Απελευθέρωση Ca^{++}
5. Δημιουργία σταυρωτών γεφυρών. Μυϊκή σύσπαση



(Gendevia 2001)

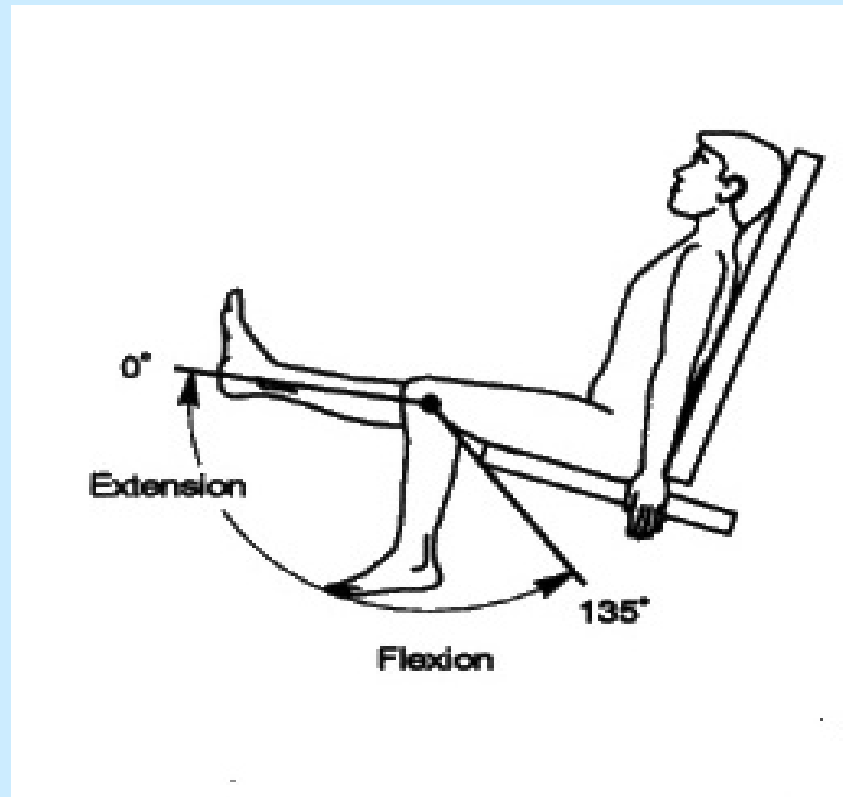
Παράγοντες Κόπωσης

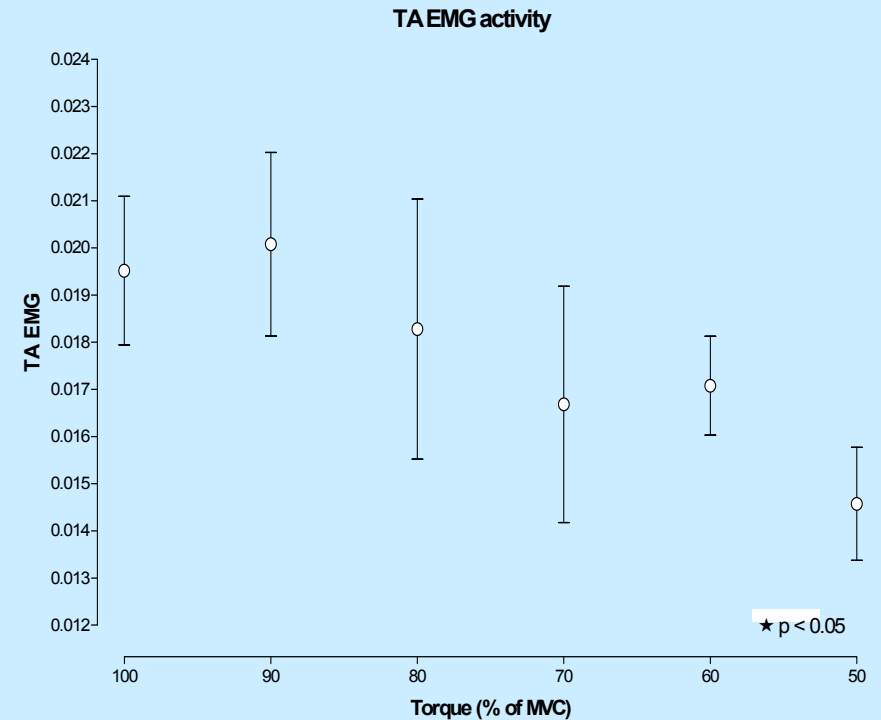
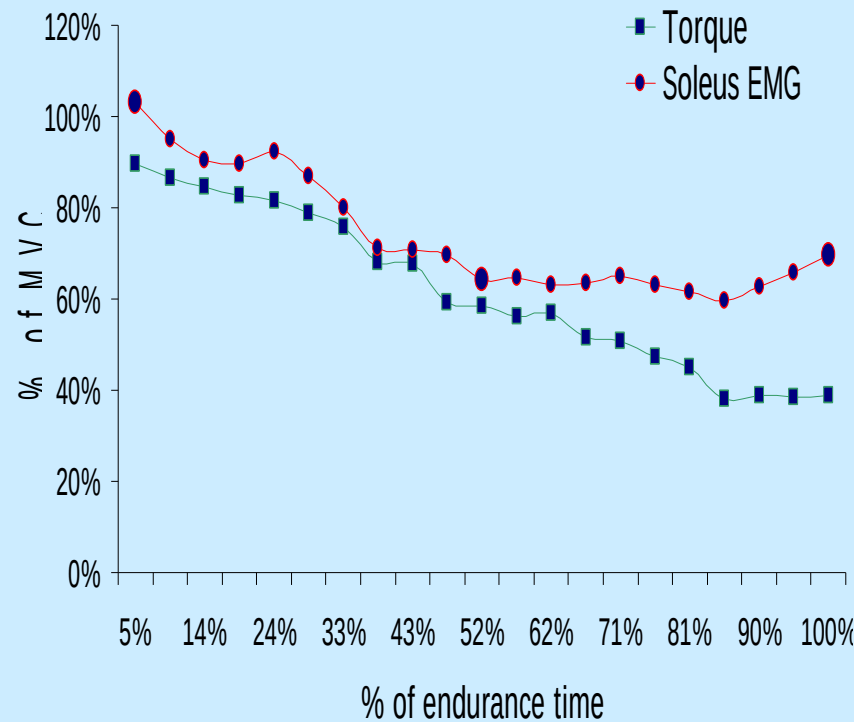
- Μείωση των πηγών ενέργειας
- Αύξηση της Ενδομυϊκής πίεσης
- Αιματικός Αποκλεισμός
- Αύξηση της ποσότητας των μεταβολιτών (P_i , H^+ , f) και των ελευθέρων ριζών.
- Παρεμπόδιση της δράσης των ιόντων Ca^{2+}



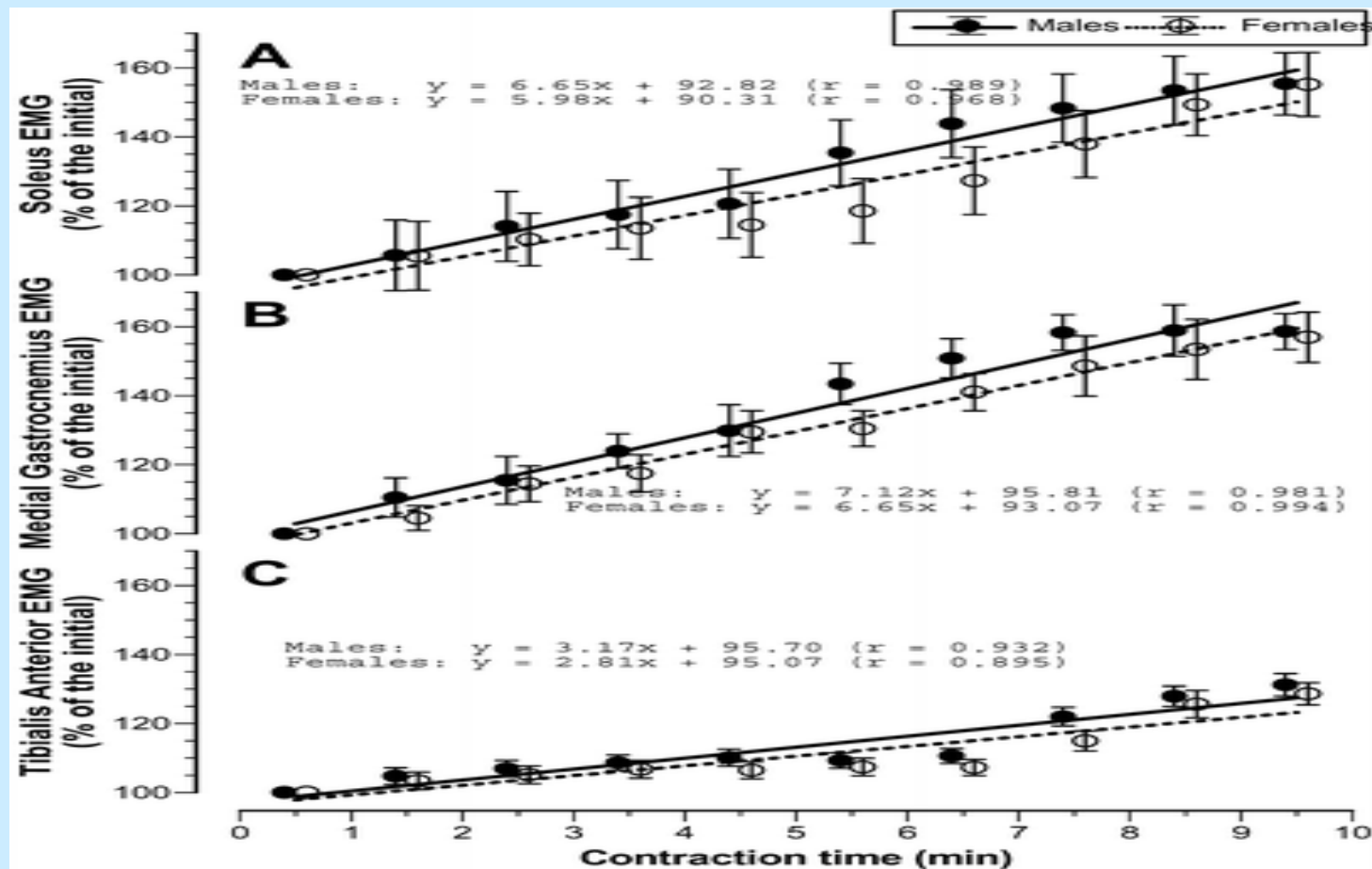
Στην διάρκεια της Μέγιστης Ισομετρικής κόπωση προκαλείται μείωση ροπής, ηλεκτρικής ενέργειας, φωσφοκρεατίνης, pH, και αύξηση μεταβολιτών (Kent-Braun 1999)

Μοντέλο συμπεριφοράς Αγωνιστών/Ανταγωνιστών Μυών.



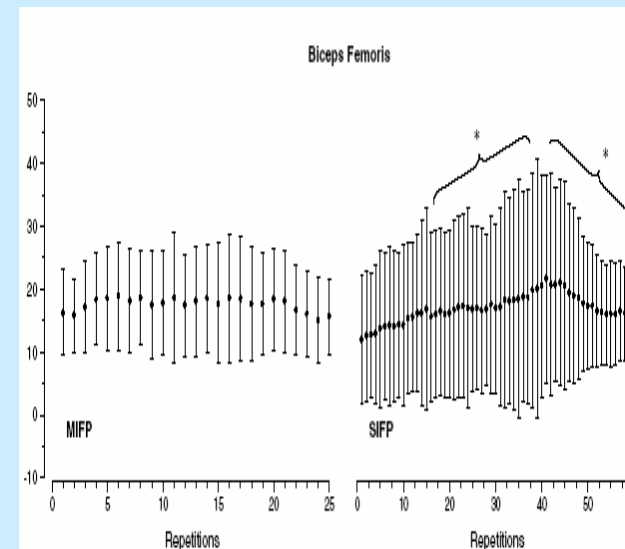
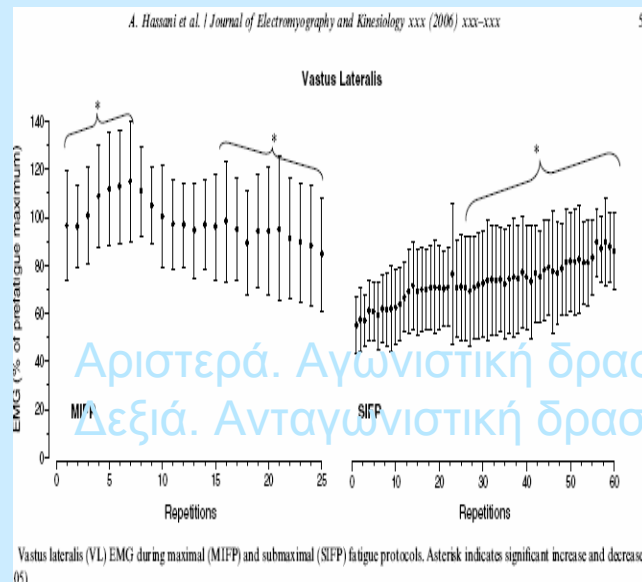
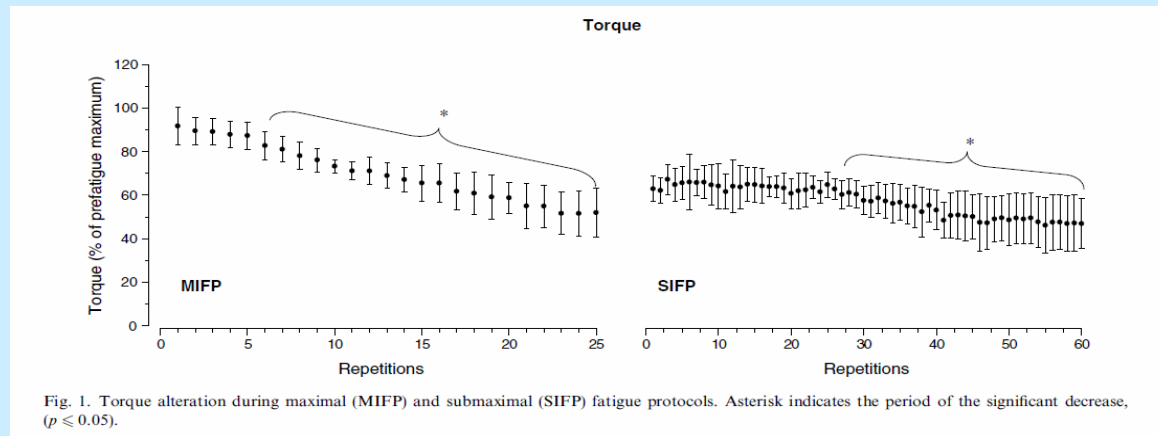


Στην διάρκεια της μέγιστης ισομετρικής κόπωσης μειώνεται η ροπή, η ηλεκτρική ενέργεια των αγωνιστών μυών (**αριστερά**) και μένει σταθερή η μειώνεται η ηλεκτρική ενέργεια των ανταγωνιστών μυών (**δεξιά**) (**Patikas et al 2002**)



Στην διάρκεια της υπομέγιστης κόπωσης αυξάνεται παράλληλα η ηλεκτρική δραστηριότητα αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών (Hatzikotoulas et al 2004)

Διαφορές στην αγωνιστική και ανταγωνιστική δραστηριότητα στην διάρκεια Μέγιστης και Υπομέγιστης ισοκινητικής κόπωσης (Hasani et al 2005)



Διαφορές κόπωσης ενηλίκων/προεφήβων



Κόπωση ενηλίκων και ατόμων αναπτυξιακών ηλικιών.

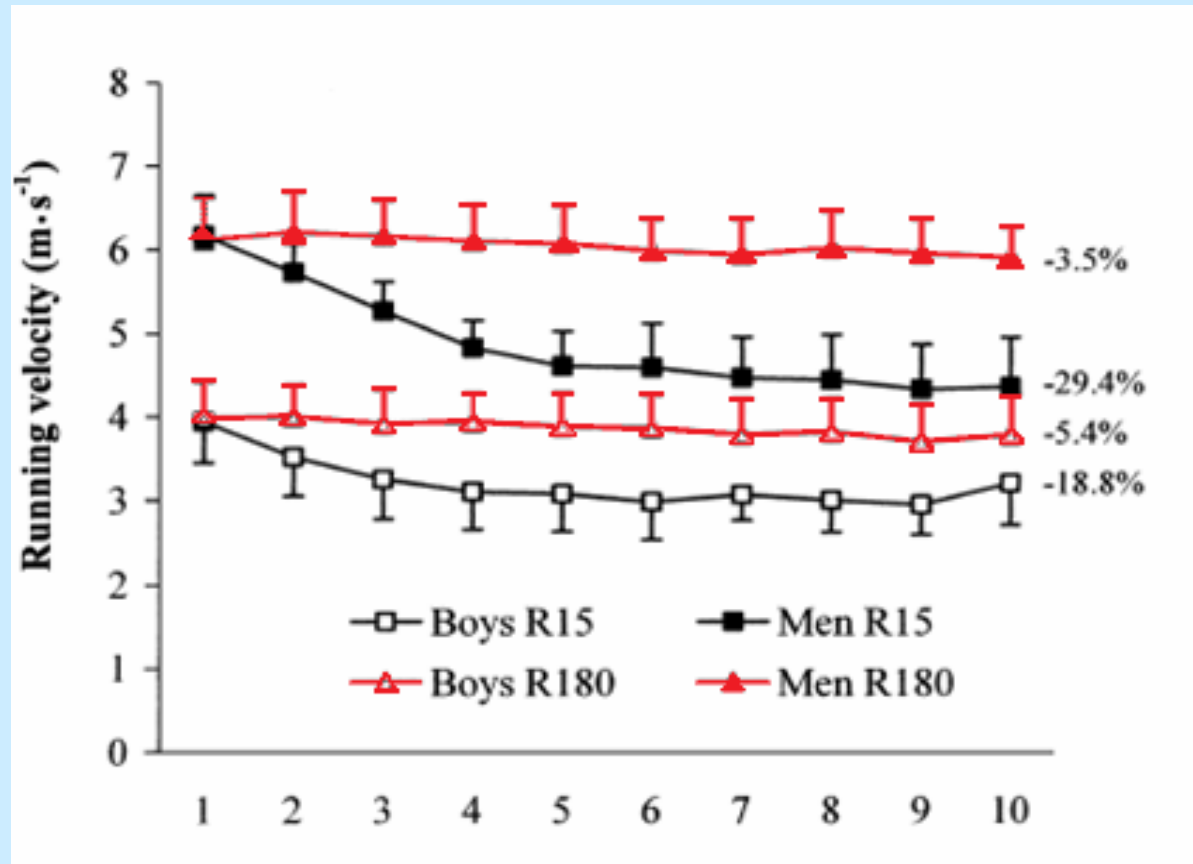
1. Μέγιστης έντασης πρωτόκολλα:

- Μέγιστου Σπριντ
- Μέγιστης Ισομετρικής
- Μέγιστης Ισοκινητικής

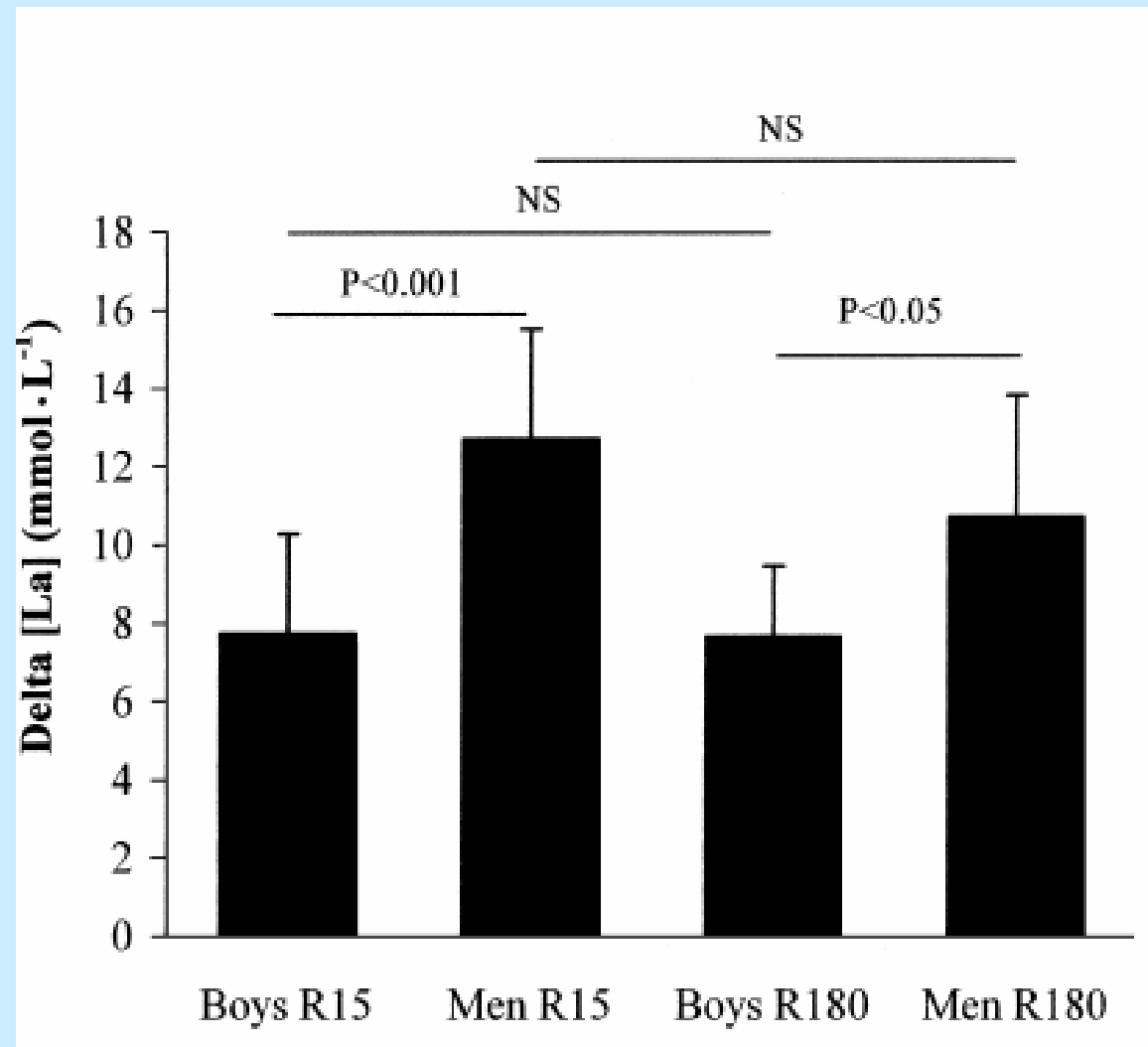
2. Υπομέγιστης Έντασης

- 20% της ΜΙΔ
- 60% της ΜΙΔ

3. Αλτική κόπωση η Κύκλου Διάτασης Βράχυνσης



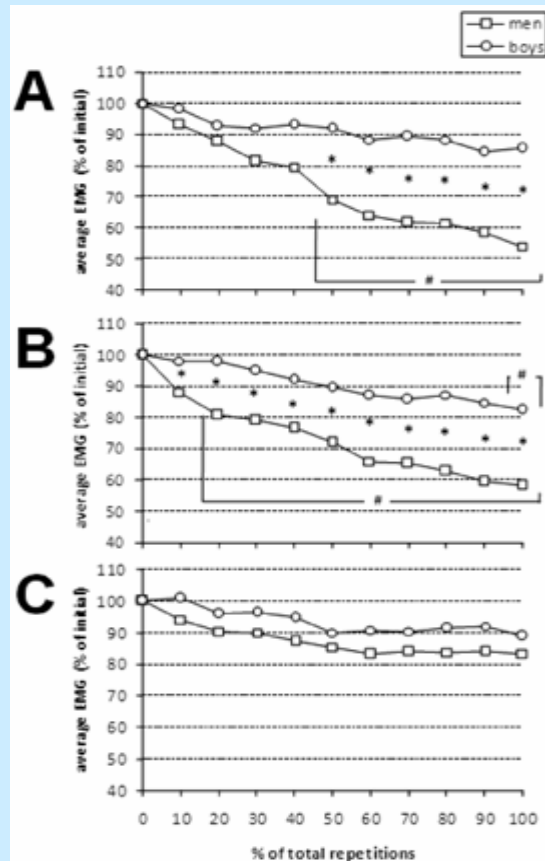
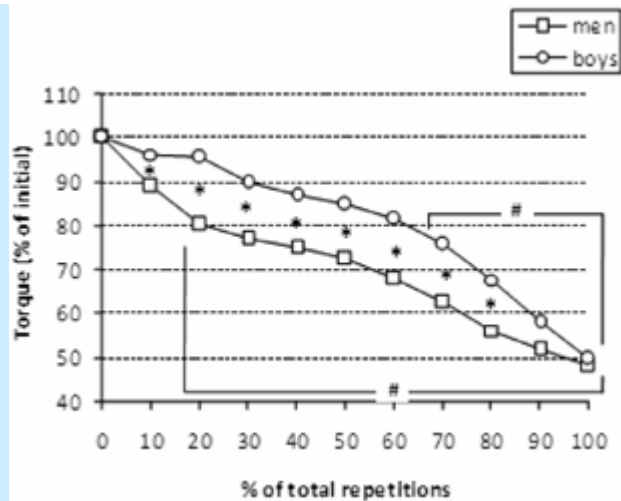
Η δρομική ταχύτητα μειώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στους ενήλικους.
Αλλά είναι συνάρτηση και του διαλλείματος που δίνεται μεταξύ των
Προσπαθειών (Ratel et al 2005)



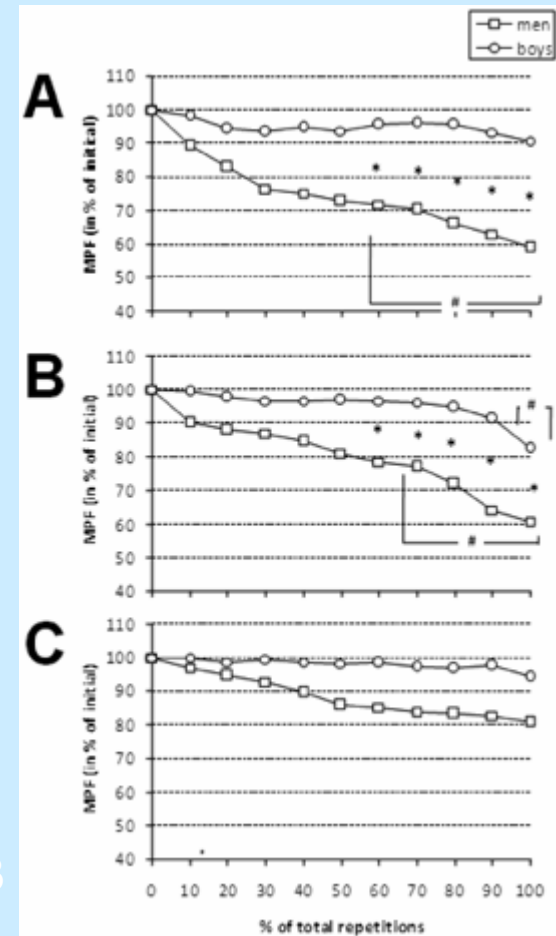
Το γαλακτικό οξύ, μειώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στους ενήλικους. Αλλά είναι συνάρτηση και του διαλλείματος που δίνεται μεταξύ των Προσπαθειών (Ratel et al 2005)

Μέγιστη Ισομετρική κόπωση

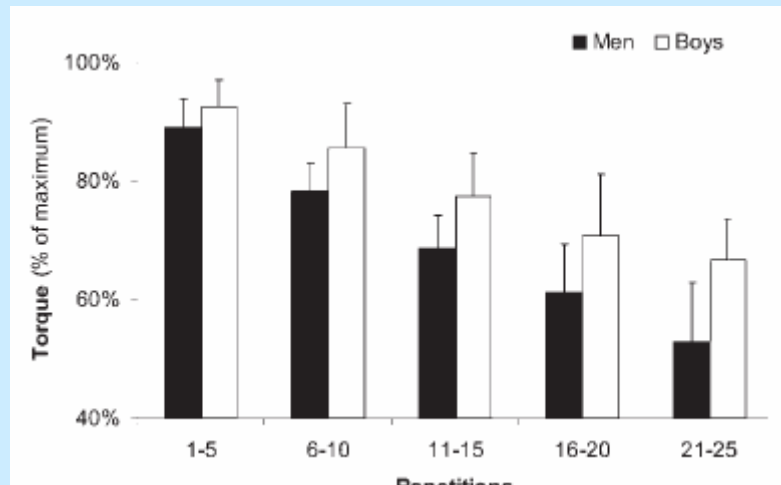
Διαλειματικό πρωτόκολλα μέγιστης κόπωσης (Armatas et al 2007)



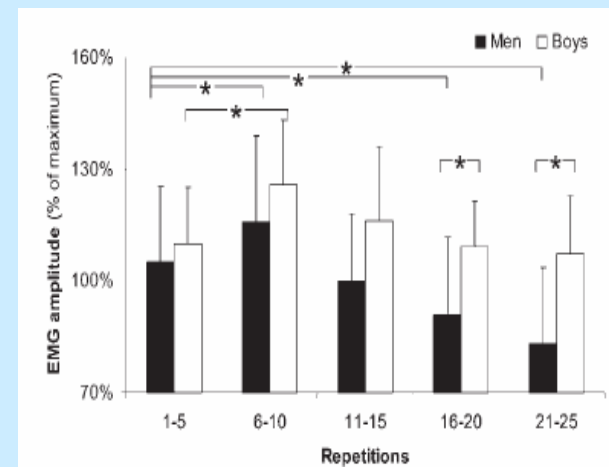
2



3

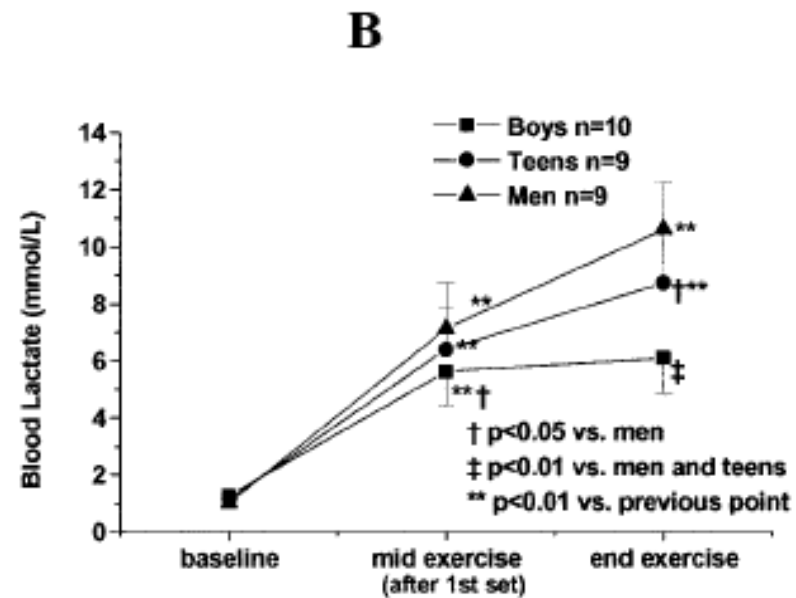
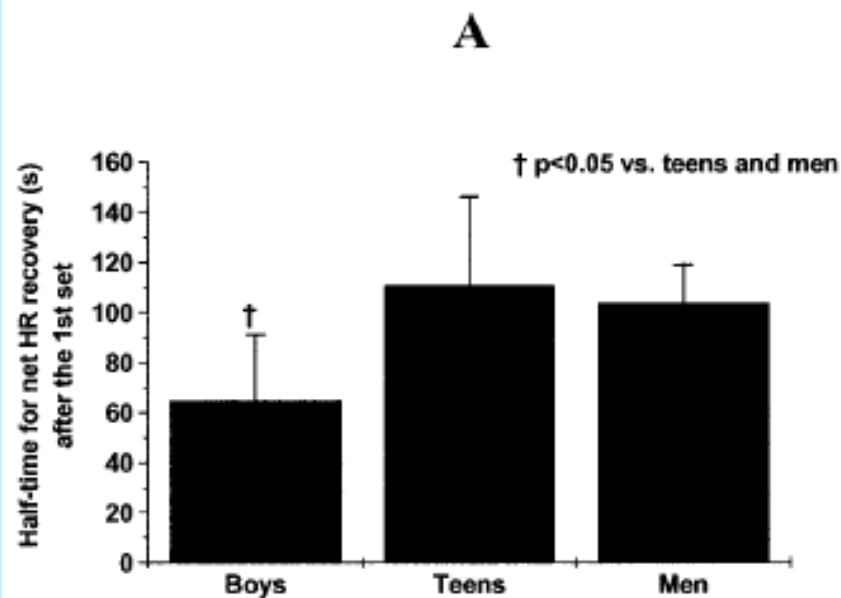


Torque



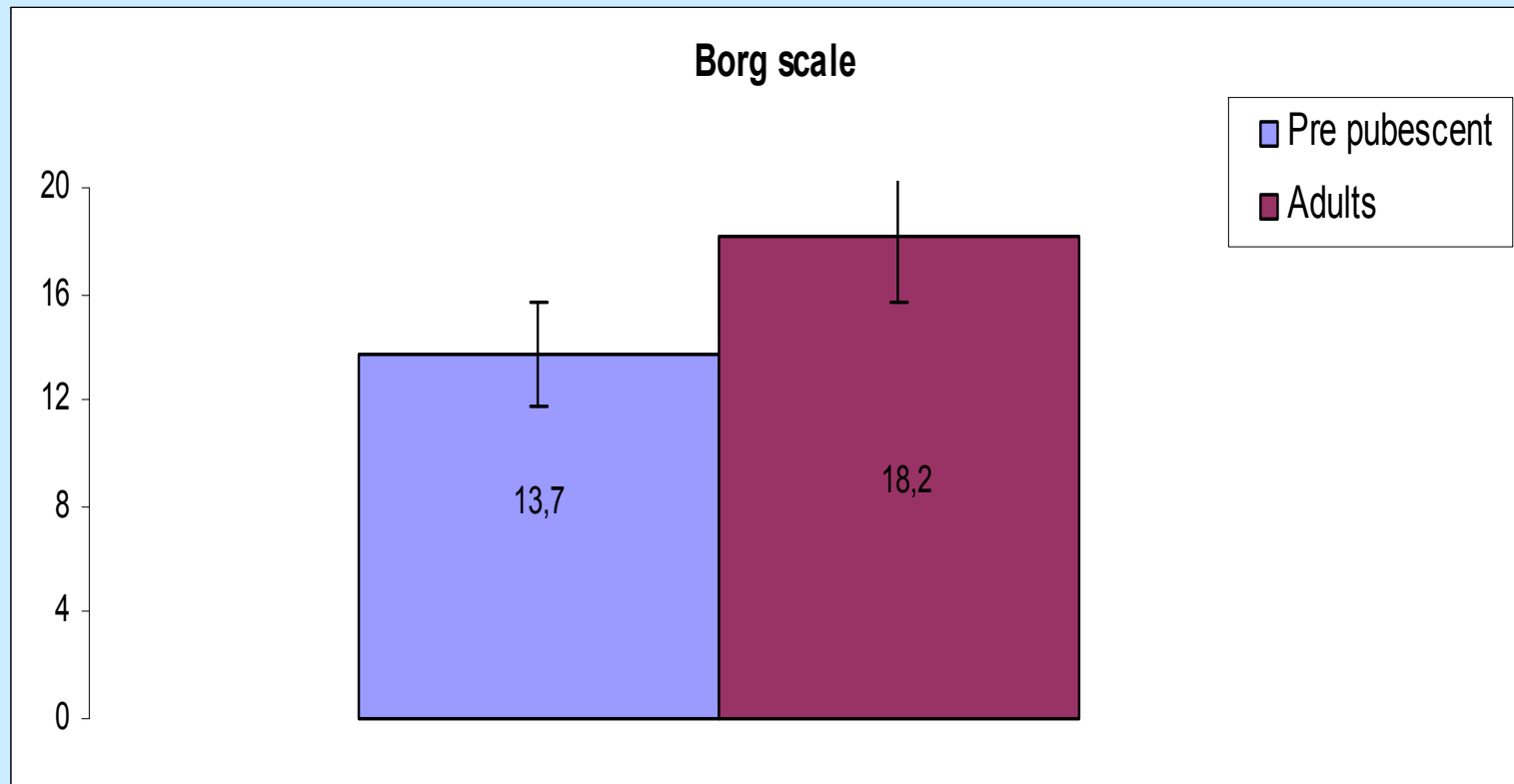
Agonist EMG

Μέγιστη Ισοκινητική Κόπωση (Paraschos et al 2005)



Η αύξηση του καρδιακού σφυγμού) και του Γαλ οξέος ήταν μεγαλύτερη στους άνδρες κατόπιν στους εφήβους και μικρότερη στους προέφηβους (Zafeiridis et al 2005)

A



Αίσθηση Κόπωσης

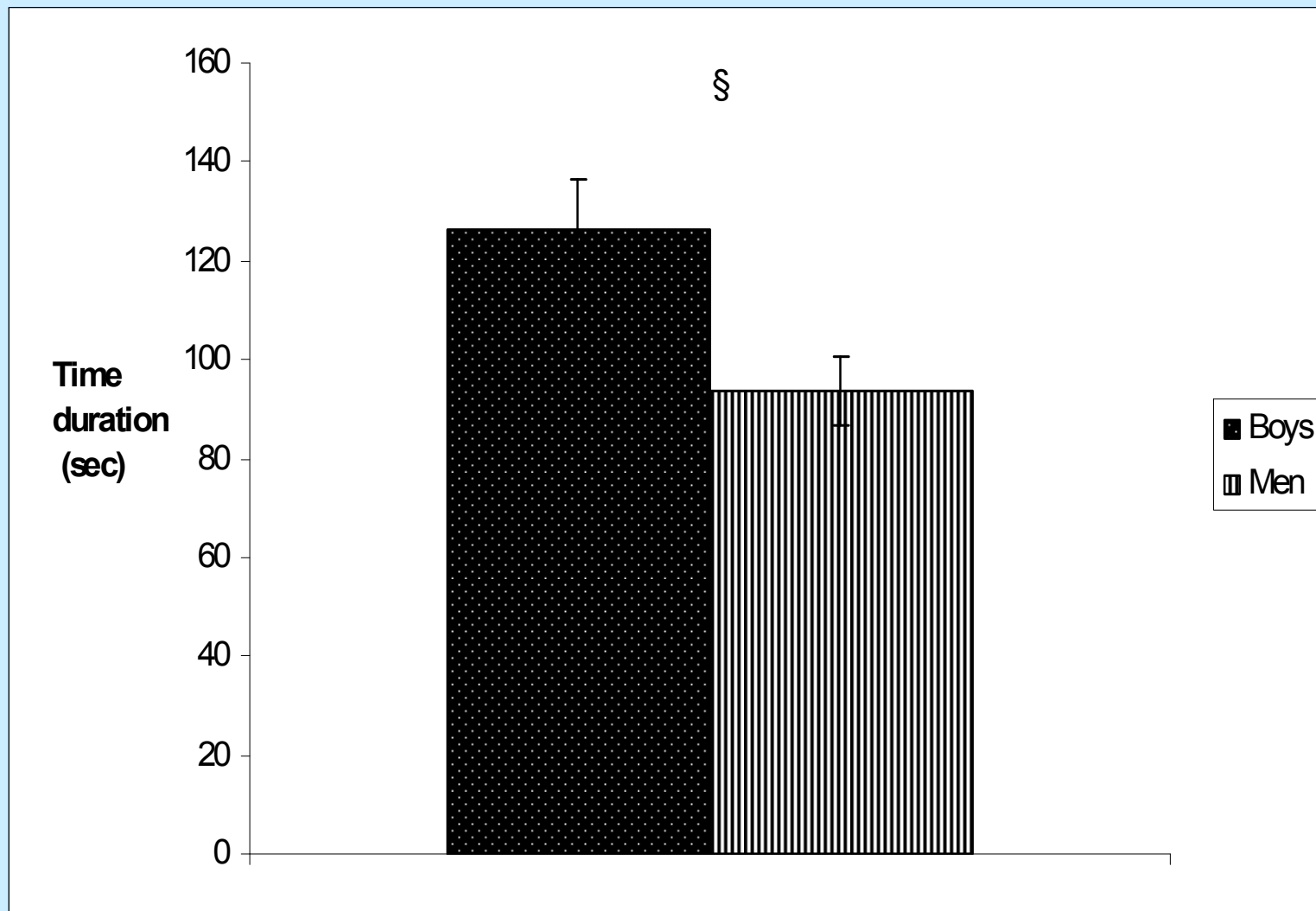
Κόπωση σε Μέγιστη Ενταση

Η κόπωση σε Μέγιστη Ένταση είναι μεγαλύτερη στους ενήλικες διότι τα παιδιά

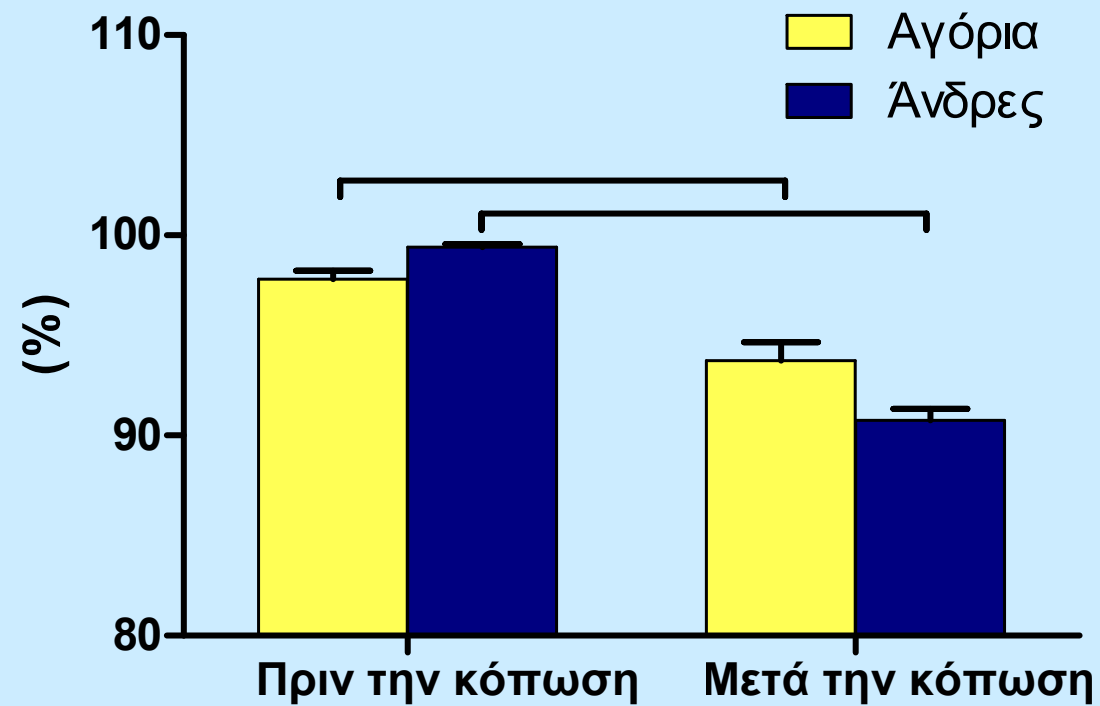
- Δεν ενεργοποιούν στον ίδιο βαθμό το αναερόβιο σύστημα τους αλλά περισσότερο το αερόβιο. (Ratel et al 2002)
- Μάλλον έχουν μικρότερη κατανομή γρήγορων μυϊκών ινών (Van Praag and Dore 2001)
- Έχουν μικρότερη μυϊκή μάζα (Van Praag and Dore 2001)

Διαφορές στην Τοπογραφία της κόπωσης μεταξύ ενηλίκων και προεφήβων

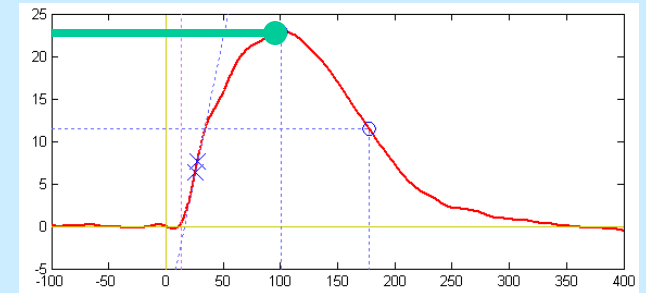
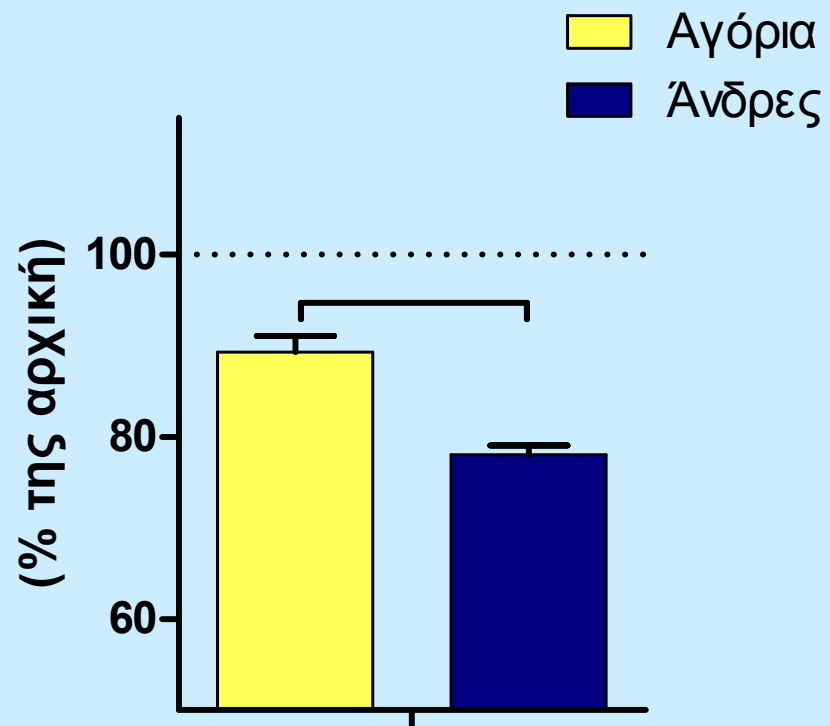
Διάρκεια τεστ κόπωσης



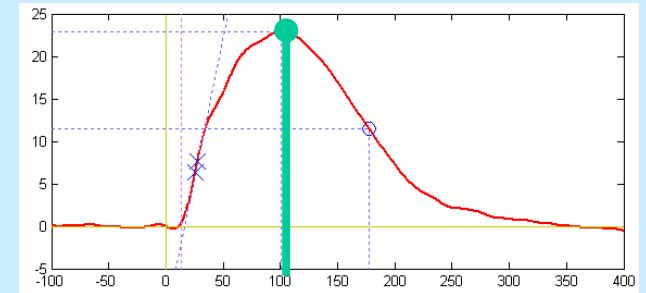
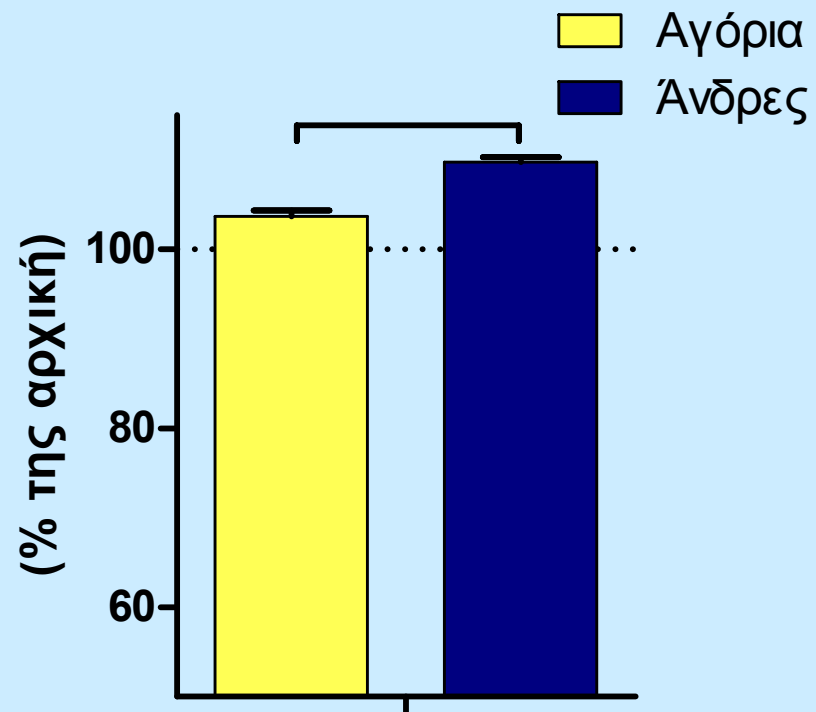
Επίπεδο Κεντρικής κόπωσης.



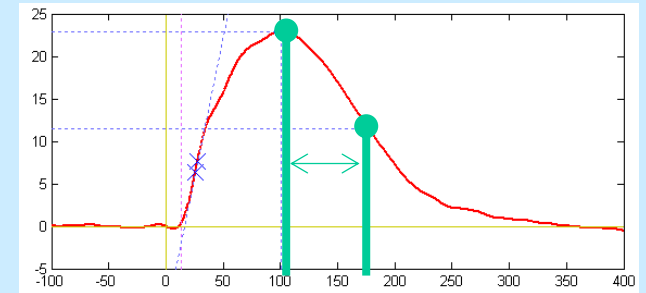
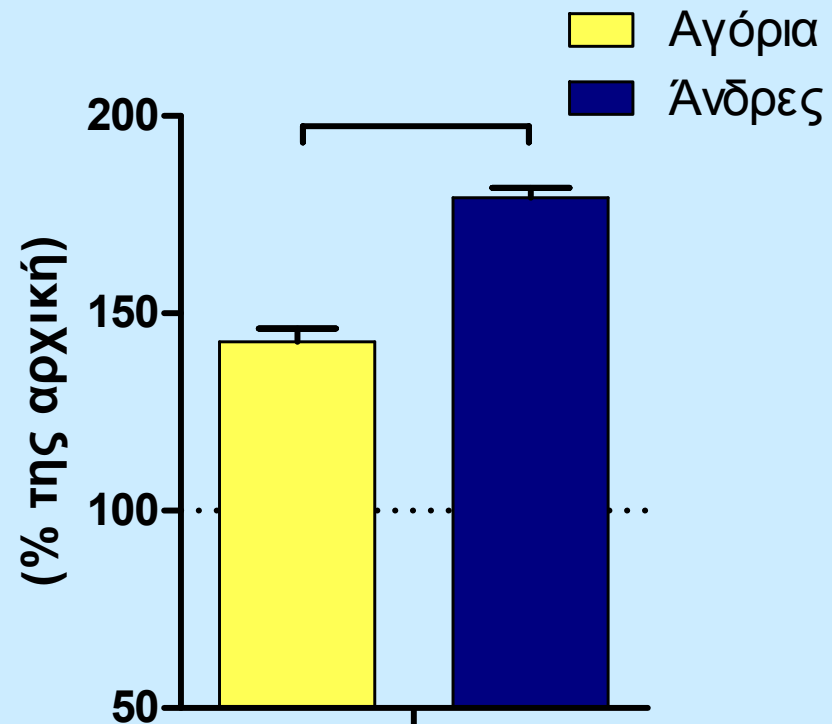
Μέγιστη προκλητή ροπή



Χρόνος σύσπασης



Χρόνος ημίσειας χαλάρωσης



Συμπέρασμα

Ο **μηχανισμός** κόπωσης σε μέγιστα
ισομετρικά πρωτόκολλα που προκαλεί
διαφορές μεταξύ παιδιών και ενηλίκων είναι
ο **μυϊκός**

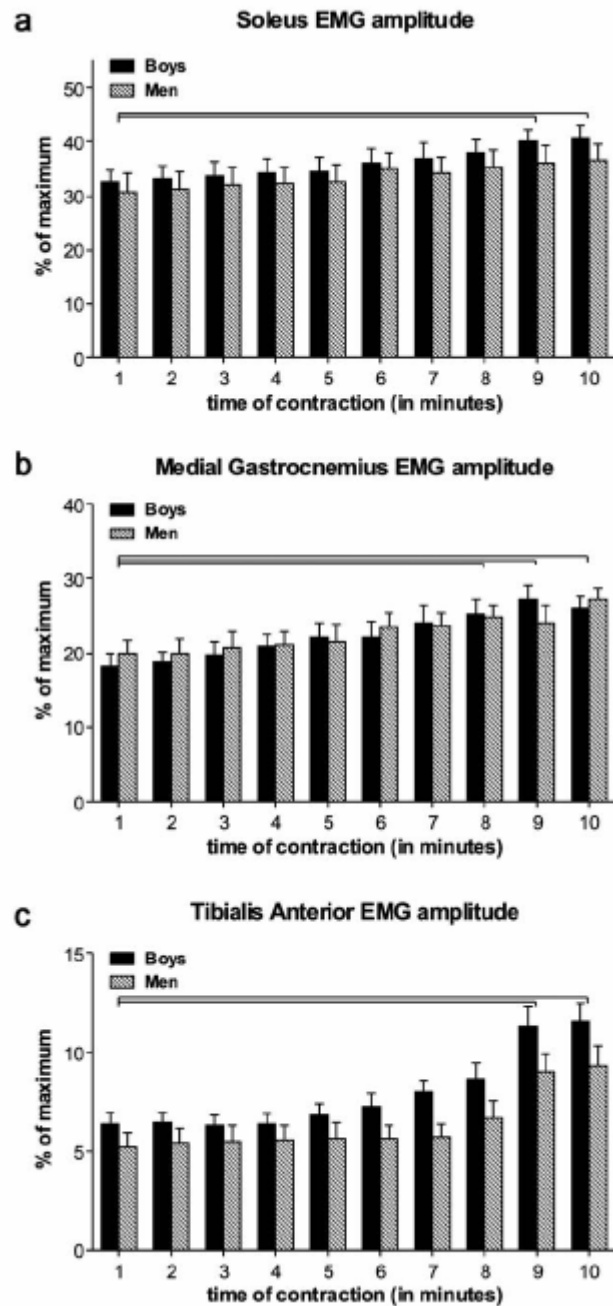
Υπομέγιστη Κόπωση

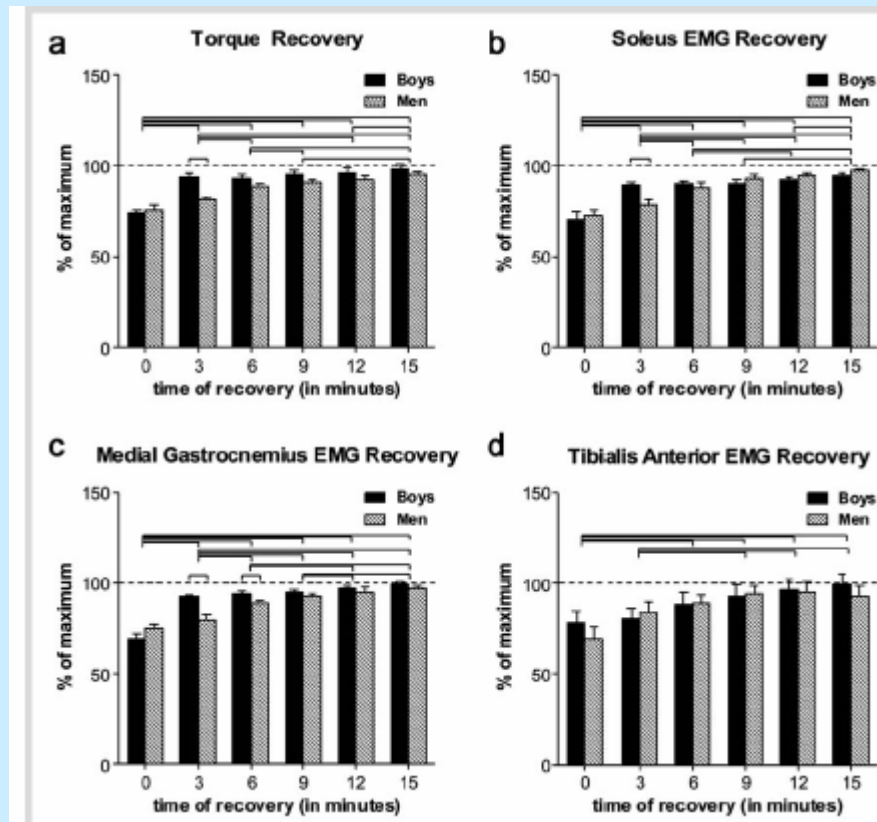
Υπομέγιστη Κόπωση

Δεν παρουσιάζονται διαφορές στην κόπωση όταν το
πρωτόκολλο κόπωσης είναι υπομέγιστο
(Hatzikotoulas et al 2009)

Υπομέγιστη Κόπωση στο 20% της ΜΚ

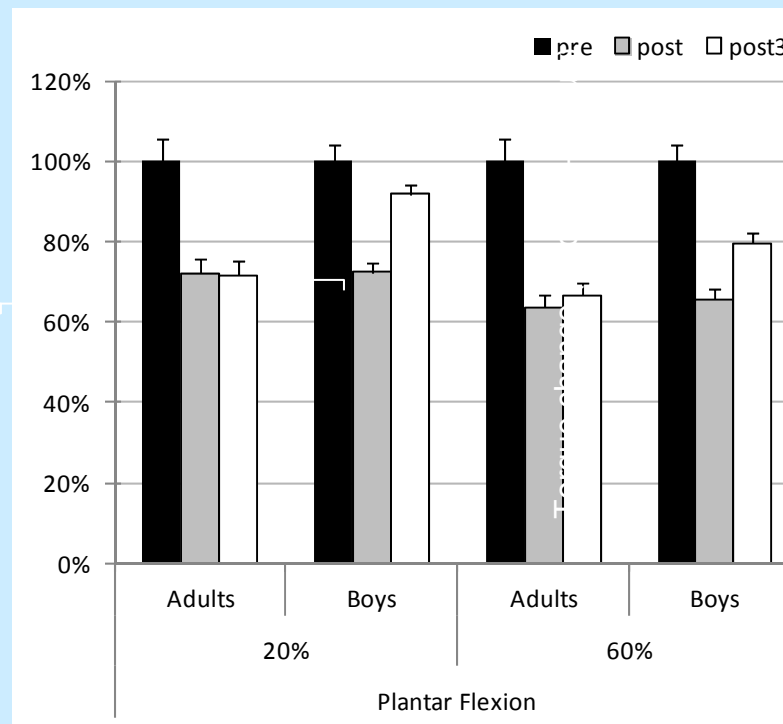
(Hatzikotoulas et al 2010)





Αποκατάσταση μετά από ένα πρωτόκολλο
ισομετρικής κόπωσης στο 20% της ΜΙΔ

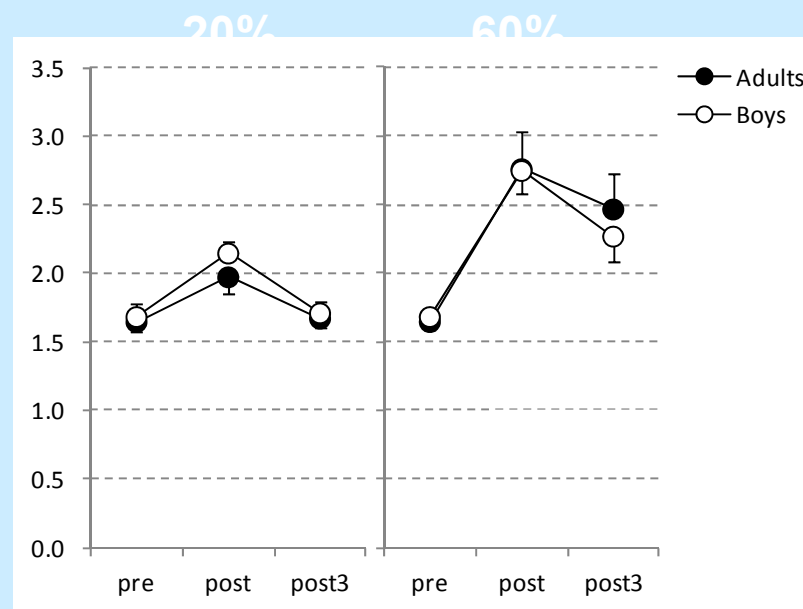
Torque (in Nm)



Πρωτόκολλα στο 20 και 60% της ΜΙΔ (Patikas et al 2012)

ns

ns



ns

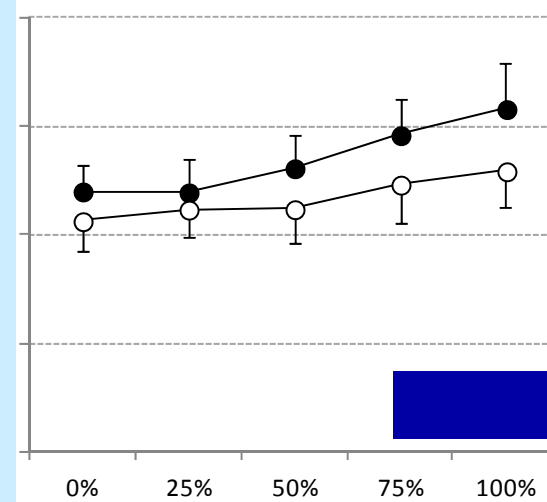
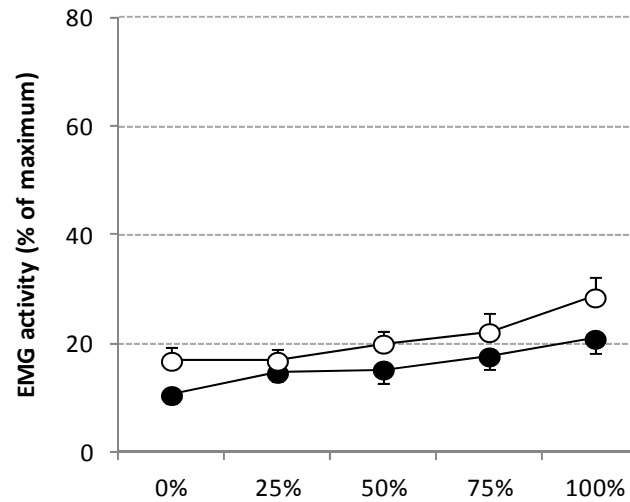
Μεταβολή Γαλακτικού οξέος

Plantar flexion fatigue

20%

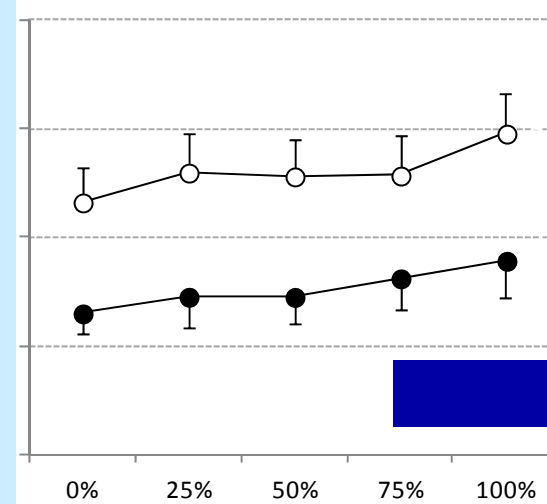
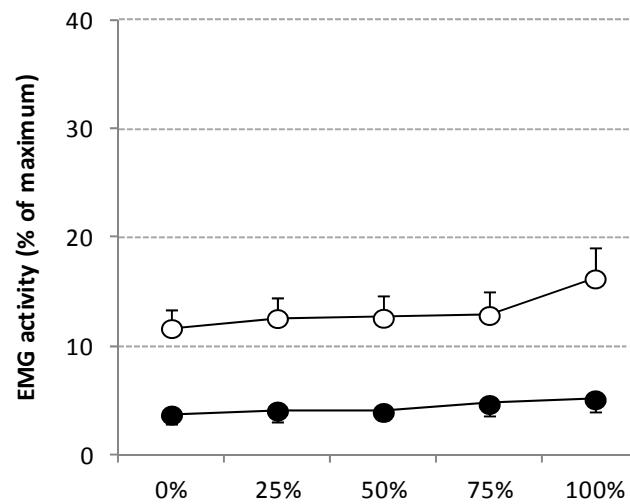
60%

Soleus



● Adults
○ Boys

Tibialis anterior



Γιατί δεν παρουσιάζεται κόπωση στα Υπομέγιστα Πρωτόκολλα;

- Ενεργοποιούνται μόνο αργές μυϊκές ινες
- Ενεργοποιείται κυρίως το αερόβιο σύστημα
- Δεν παρουσιάζεται διαφορά στην ενδομυϊκή πίεση

Τοπογραφία υπομέγιστης κόπωσης

Όλοι οι **εμπλεκόμενοι** μηχανισμοί στην διάρκεια της υπομέγιστης ισομετρικής κόπωσης επηρεάζονται **ενιαία** στα παιδιά και τους ενήλικες

Αλτική κόπωση η κόπωση κινήσεων κύκλου Διάτασης/Βράχυνσης

Μηχανισμοί:

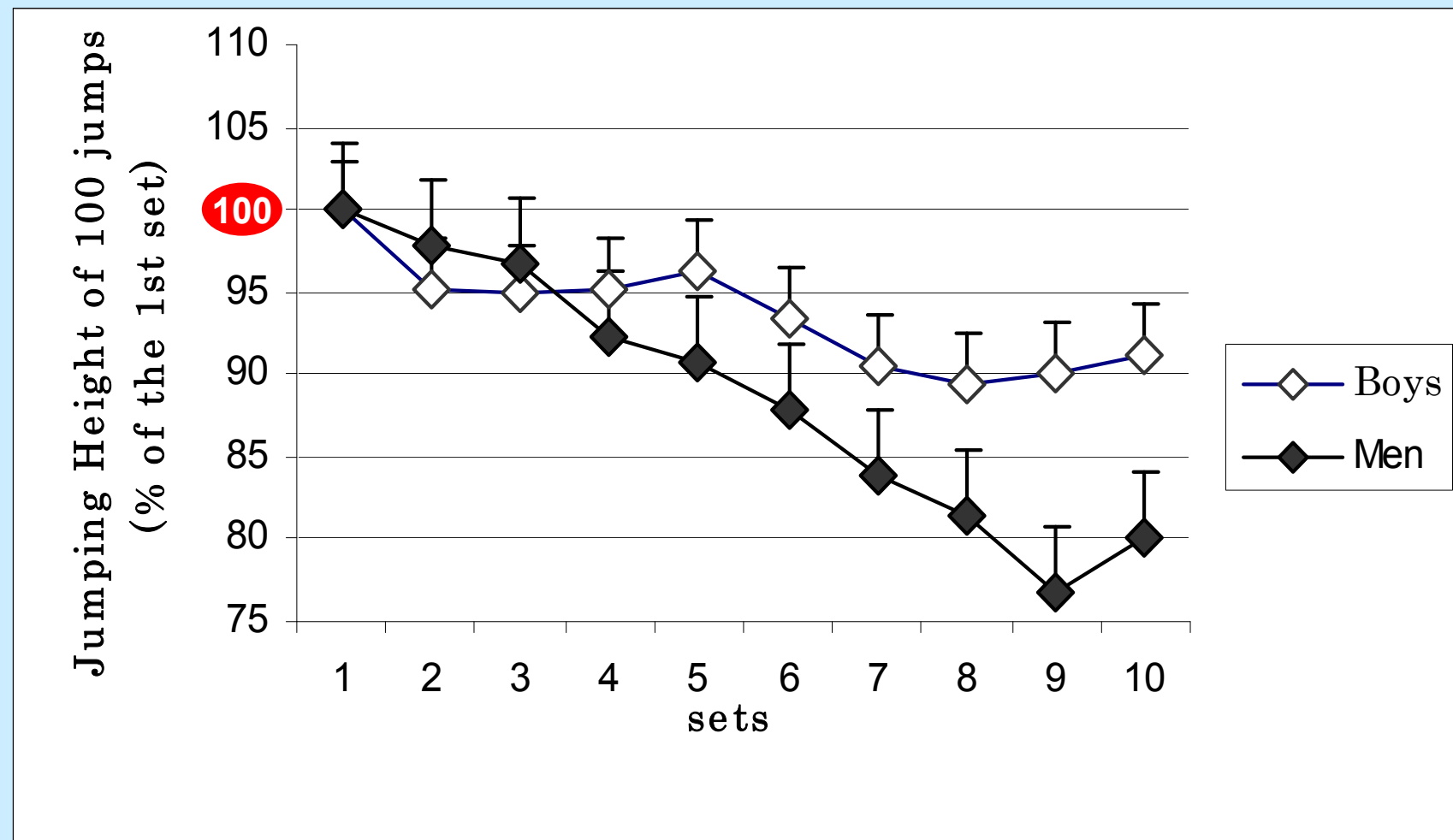
Μεταβολικός

- Αναδιάταξη μυϊκού ιστού
- Φλεγμονή

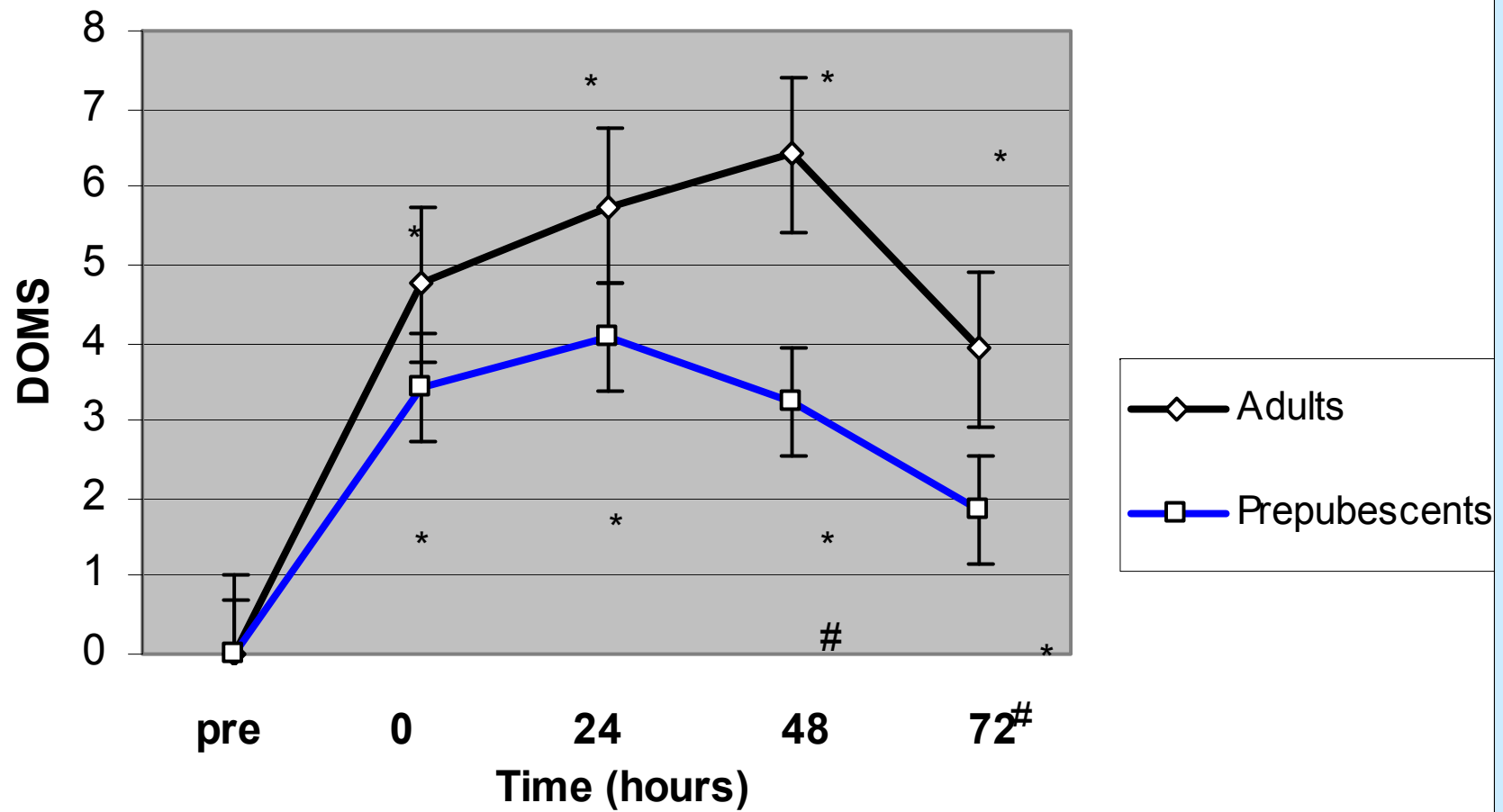
Φάσεις:

- Άμεση
- Προσωρινή αποκατάσταση 2 ώρες μετά
- Δεύτερο κύμα κόπωσης 2 ημέρες μετά.
- Εμφάνιση Συμπτώματος Καθυστερημένου Πόνου μετα από 2-3 ημέρες.

Μεταβολή απόδοσης στην διάρκεια 100 αλμάτων



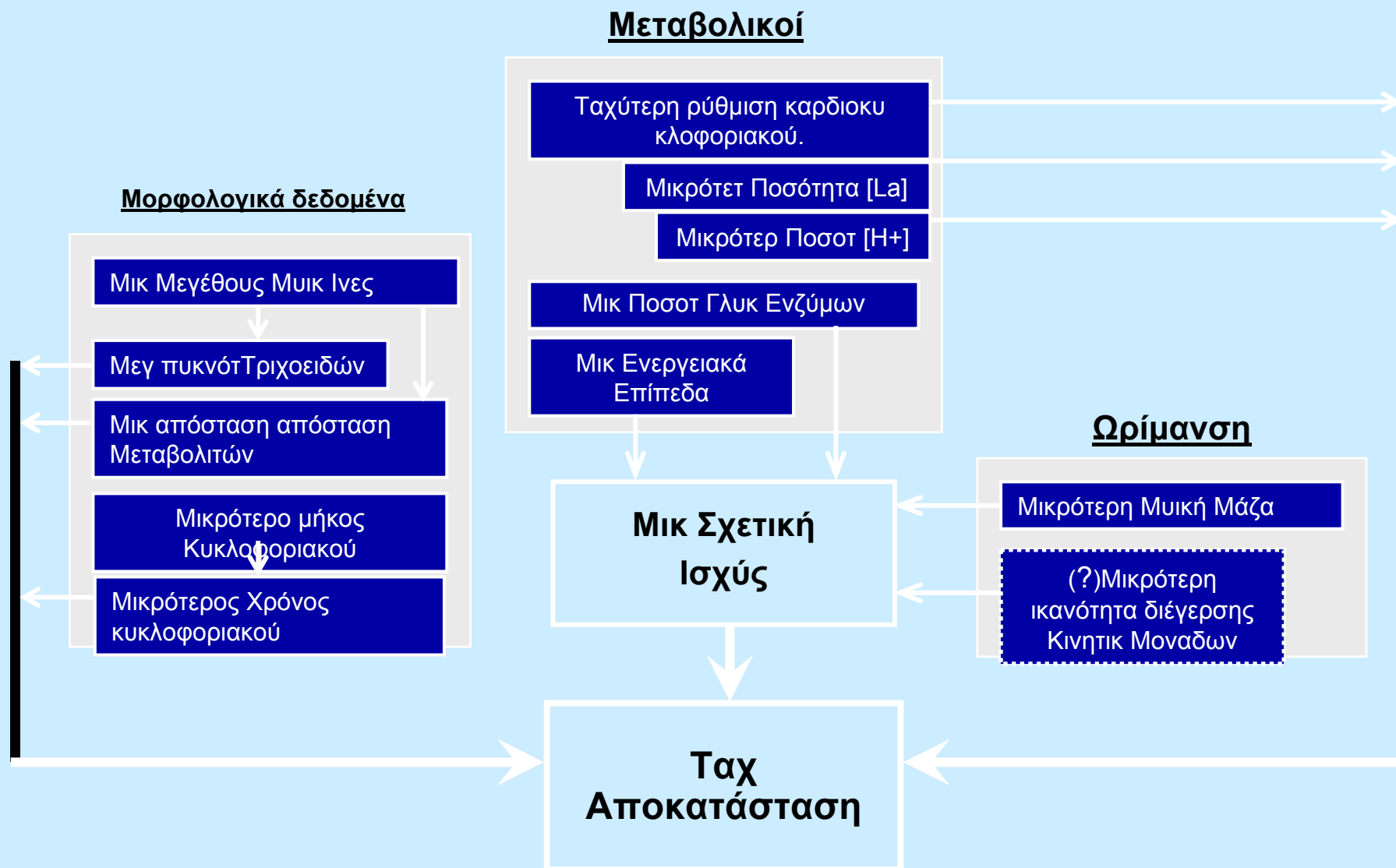
Αίσθημα Πόνου



Γιατί τα παιδιά κουράζονται λιγότερο σε αλτικό προτόκολο κόπωσης

- Συσσωρεύουν μικρότερη ποσότητα μεταβολιτών
- Αντέχουν περισσότερο στην φλεγμονή διότι έχουν:
- Πιο ελαστικό τένοντα
- Μεγαλύτερη κατανομή αργών μυικών ινών

Παράγοντες που επηρεάζουν την αποκατάσταση στα παιδιά (Dotan and Falk 2006)

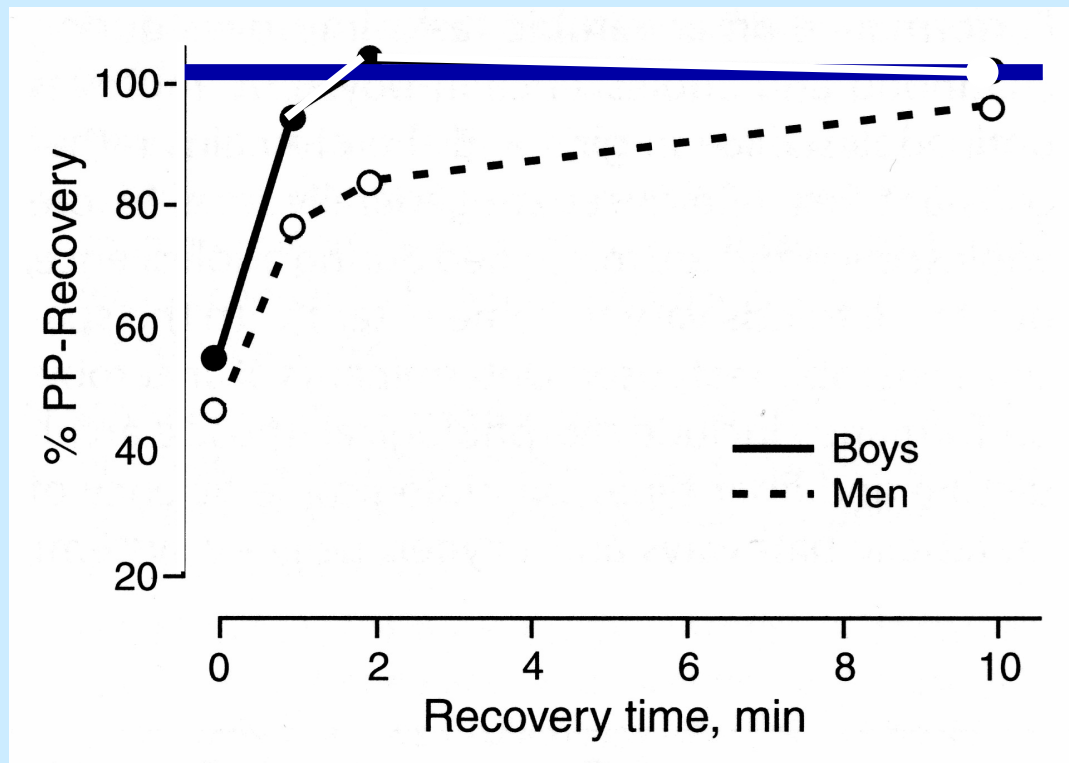


Μεταβολικοί Παράμετροι αποκατάστασης

Μία από τις σημαντικότερες παραμμέτρους της αποκατάστασης είναι η ταχύτερη ανασύνθεση της **φωσφοκρεατίνης**. Στα παιδιά αναπληρώνεται στα 3λ και στους ενήλικες στα 5λ. (Haris et al 1976, Taylor et al 1997), Taylor et al 1997)

Διαφορές αποκατάστασης μετά από Wingate

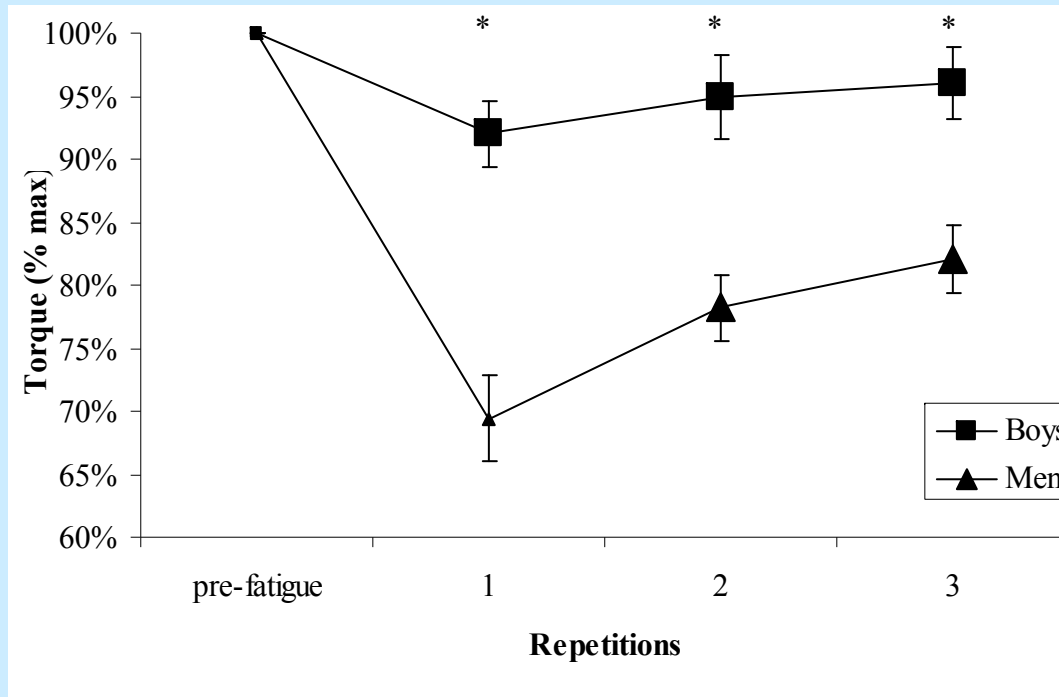
(Hebestreit et al. 1993).



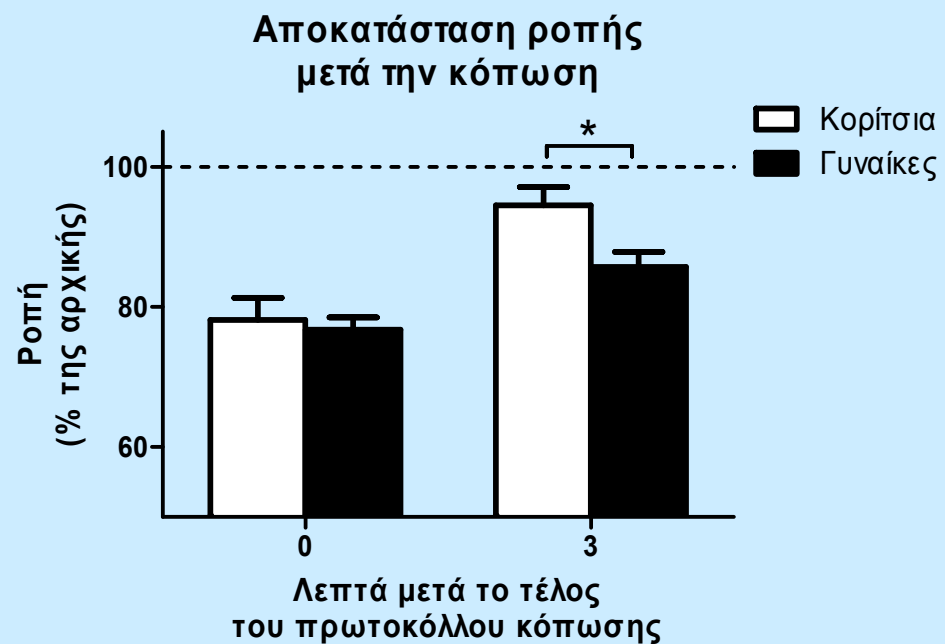
Αποκατάσταση Ισχύος μετα από Wingate test

- Τα προέφηβα αγόρια είχαν μεγαλύτερη αποκατάσταση σε σχέση με τους ενήλικες
- 1ο λεπτό αποκατάσταση 89%
- 2ο λεπτό αποκατάσταση 96%
- 10 λεπτό αποκατάσταση 103%

(Herbestreit et al JAP 1993)



Η αποκατάση είναι ταχύτερη στους προέφηβους
Μετά από μέγιστη ισοκινητική
κόπωση(Kotzamanidou et al 2005).



Διαφορές κόπωσης και αποκατάστασης μεταξύ γυναικών και προέφηβων κοριτσιών μετά από ένα πρωτόκολλο ισομετρικής Κόπωσης στο 20% της ΜΙΔ (Ηατζικοτούλας κ.α 2008)

Η αποκατάσταση **ανεξαρτήτως** του επιπέδου
κόπωσης είναι ταχύτερη στα παιδιά

Μέχρι εδώ

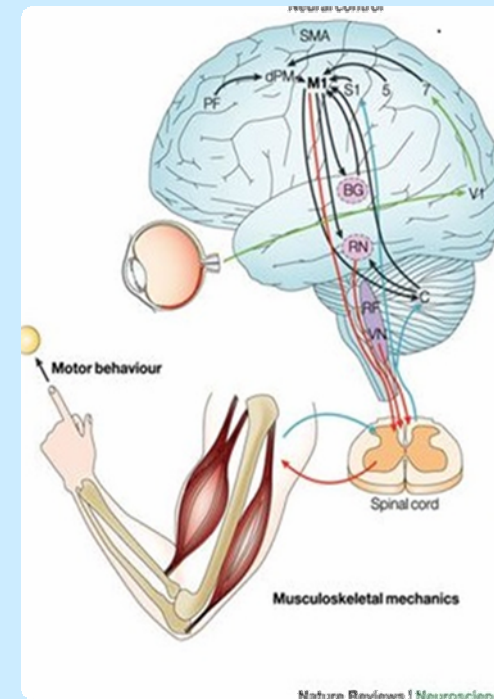
Ποιοι κοπώνονται περισσότερο

Τα υγιή άτομα ή τα άτομα

- με νοητική στέρηση
ή
- Με εγκεφαλική παράλυση

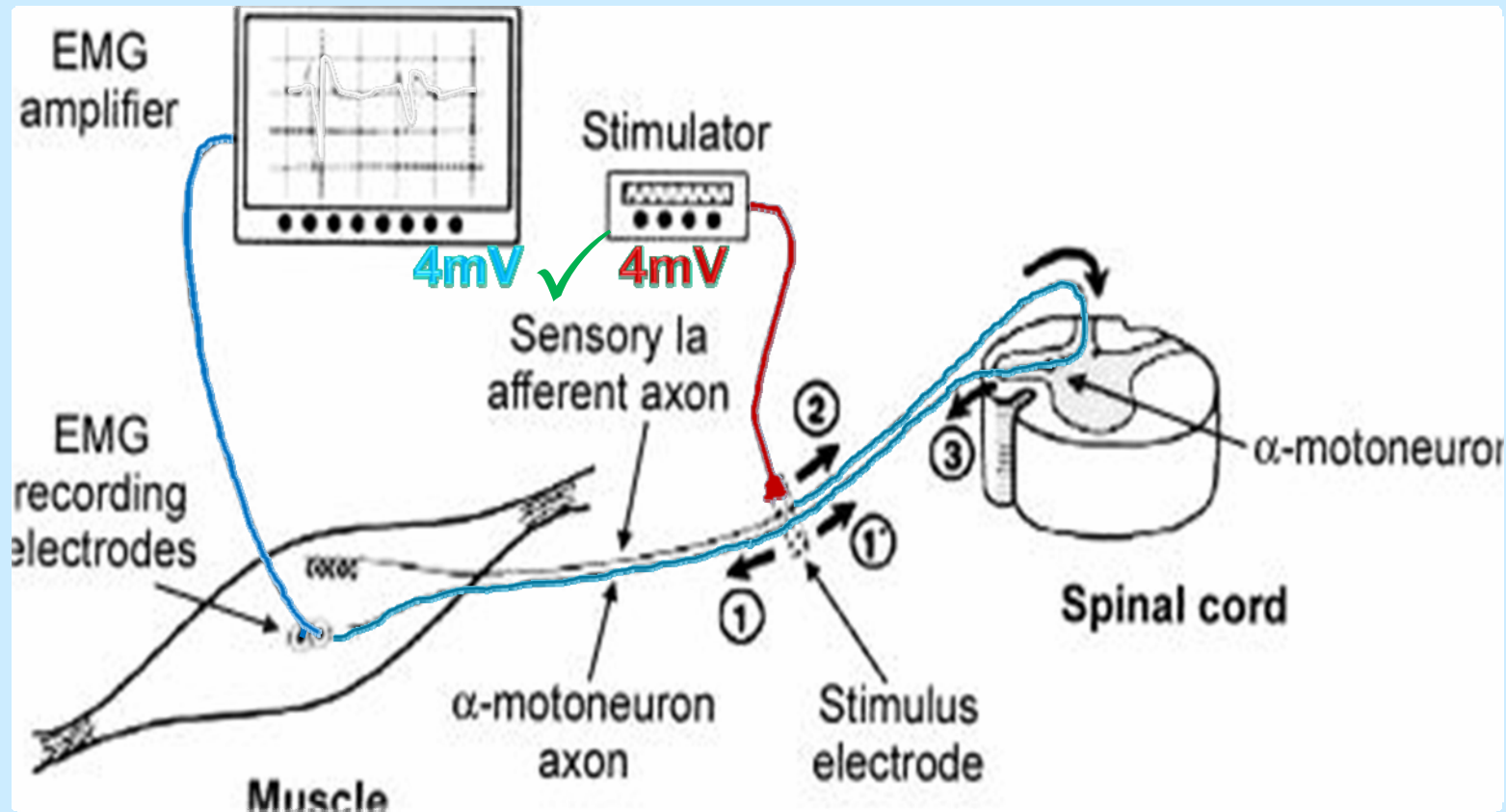
Τι δεν έχει διερευνηθεί;

- 2. Διαφορές Οξυγόνωσης (τοπική και κεντρική)
- 3. Είναι ενιαία η ενεργειακή κατανάλωση μεταξύ παιδιών και ενηλίκων

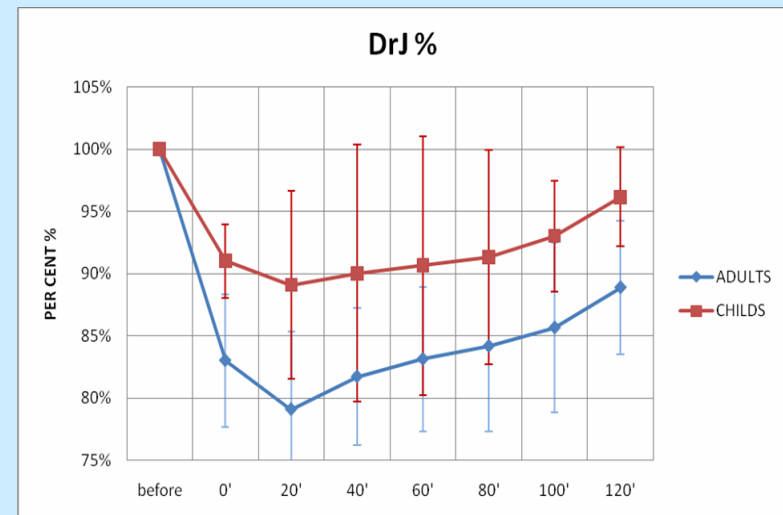
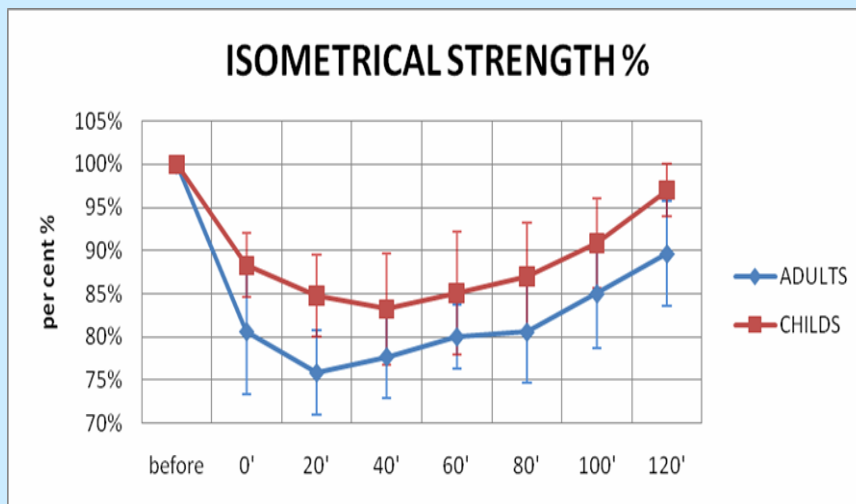


1. Κιν Νευρώνας

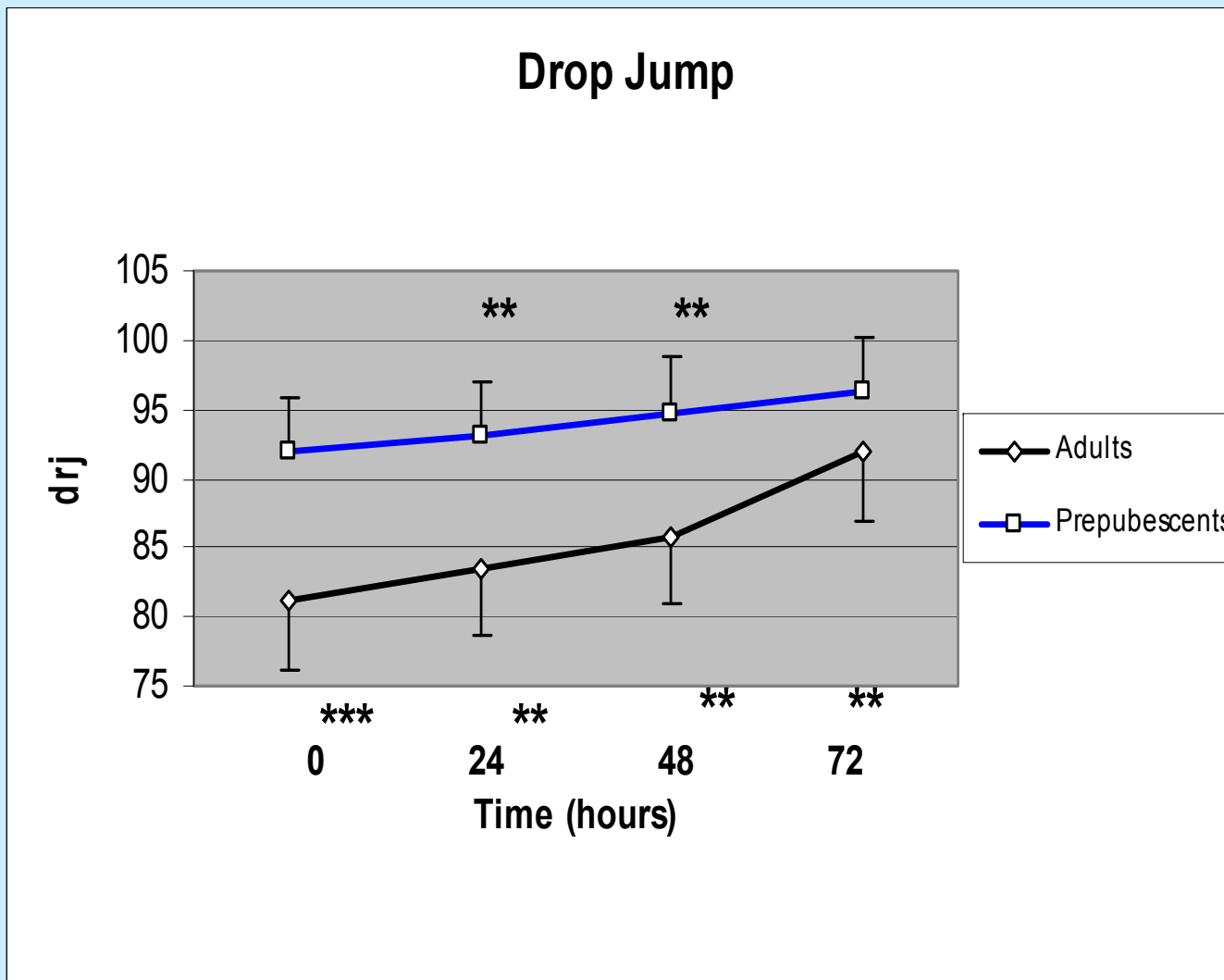
Λειτουργία του H-reflex

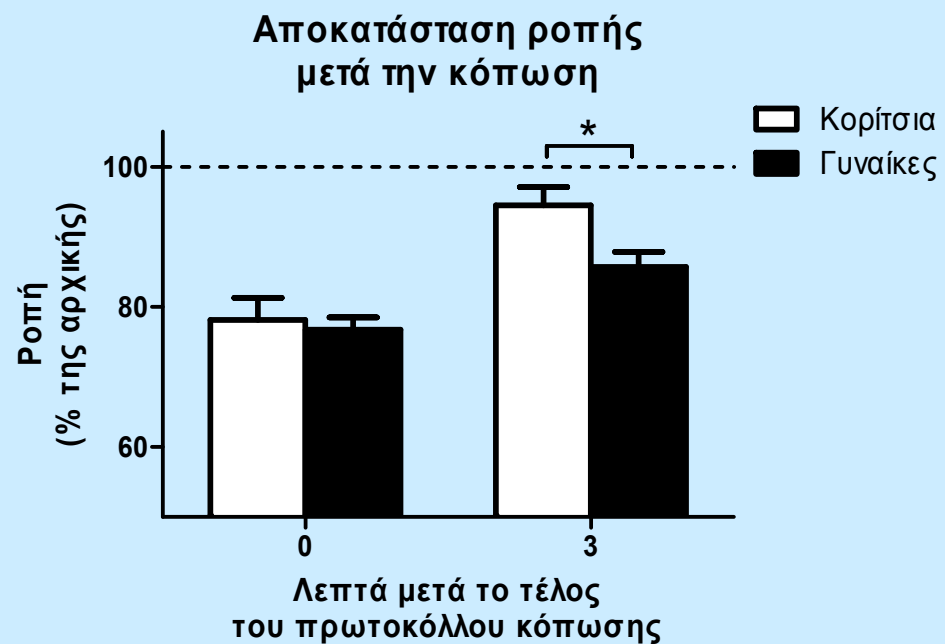


Μεταβολή Δύναμης και Αλτικότητας μετά από 2 ώρες αποκατάσταση

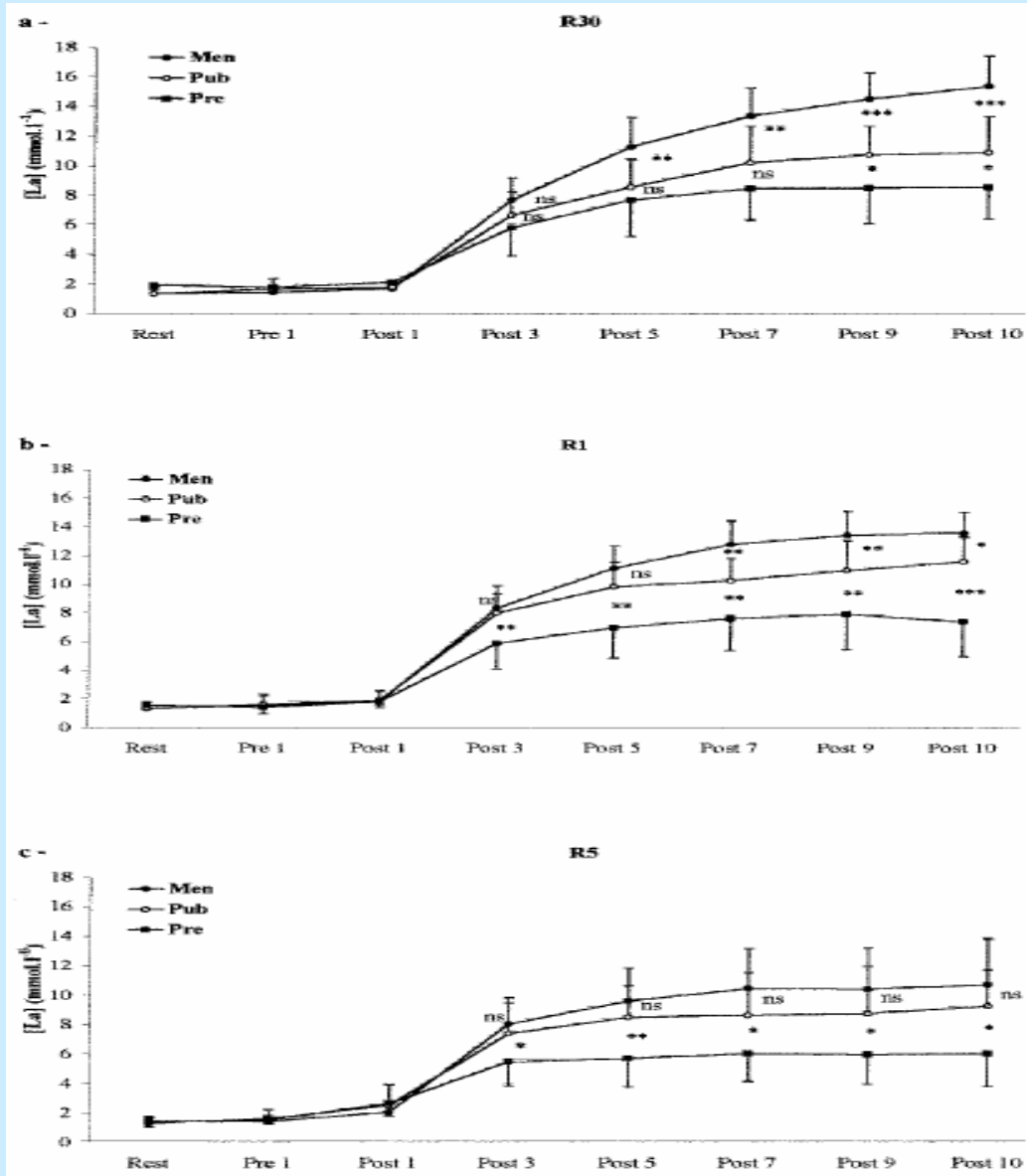


Μεταβολή αλτικότητας



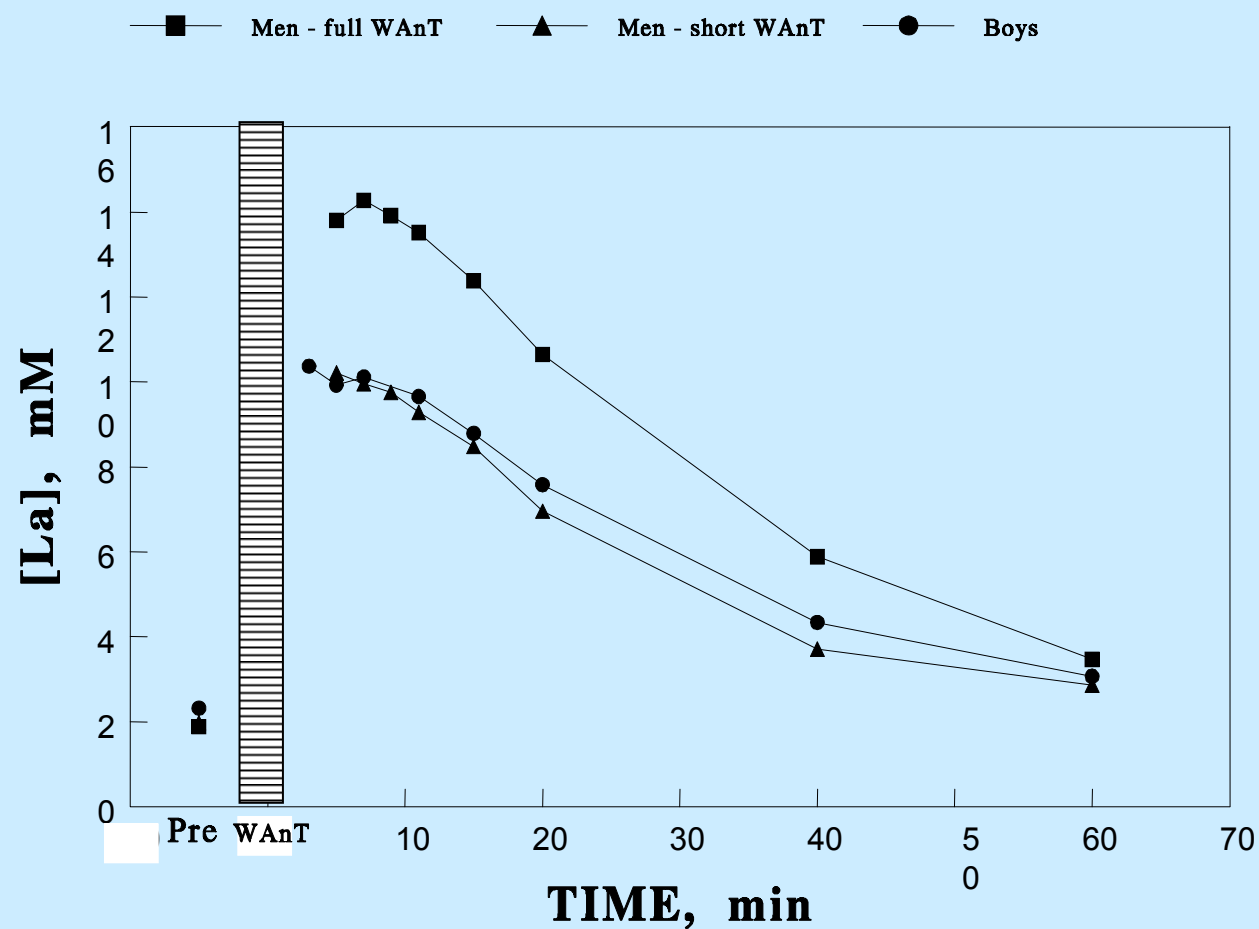


Διαφορές κόπωσης και αποκατάστασης μεταξύ γυναικών και προέφηβων κοριτσιών μετα από ένα πρωτοκολλο ισομετρικής Κόπωσης στο 20% της ΜΙΔ (Ηατζικοτούλας κα 2008)



Μεταβολή στην
αποκατάσταση Γαλ Οξέος
μετά από διάλλειμα 3, 1 και
5 λεπτών. Η αποκατάσταση
είναι ταχύτερη στους
προέφηβους ακολουθούν οι
έφηβοι και οι άνδρες(Ratel
et 2001)

Η συγκέντρωση Γαλακτικού οξέος είναι μεγαλύτερη στους άνδρες αλλά η απομάκρυνση είναι ταχύτερη στους προέφηβους (Dotan et al. 2003).



**Κόπωση ενηλίκων ανδρών
και γυναικών...**

Παράγοντες Κόπωσης Ανδρών και Γυναικών (Hicks et al 2001)

1. Διαφορά Μυικής Μάζας
2. Ενδομυική Πίεση
3. Διαφορές μεταβολισμού λόγω δράσης οιστρογόνων. Οι Γυναίκες χρησιμοποιούν περισσότερο τον αερόβιο μεταβολισμό.
4. Διαφορές αιματικής ροής
5. Διαφορές στην κατανομή μυικών ινών?
Μεγαλύτερη κατανομή αργών μυικών ινών στις γυναίκες (Miller et al 1993, Simoncau et al 1989) Ιδια κατανομή (Gerdle et al 1997, 2000, Pinciveiro et al 2001).

Κόπωση ενηλίκων ανδρών και γυναικών...

Μέγιστη Ισοκινητική κόπωση:

Σε αλλες περιπτώσεις δεν παρουσιάζεται διαφορά κόπωση (Hicks et al., 2001).

- Και σε αλλες παρουσιάζεται μεγαλύτερη κόπωση στους άνδρες (Pinciveio et al 2000)

Μέγιστη Ισομετρική Ένταση:

Σε αλλες περιπτώσεις δεν παρουσιάσθηκαν διαφορές κόπωσης (Russ & Kent-Braun, 2003; Clark et al., 2003; Ditor & Hicks, 2000; Westing et al., 1988; Maughan et al., 1986; La forest et al., 1990) μεταξύ των δύο φύλων.

Σε άλλες εργασίες οι γυναίκες παρουσίασαν μεγαλύτερη αντοχή στην κόπωση (Petrofsky et al., 1975; Kahn & Monod, 1984; Miller et al., 1983; West et al., 1995; Hakkinen, 1993).

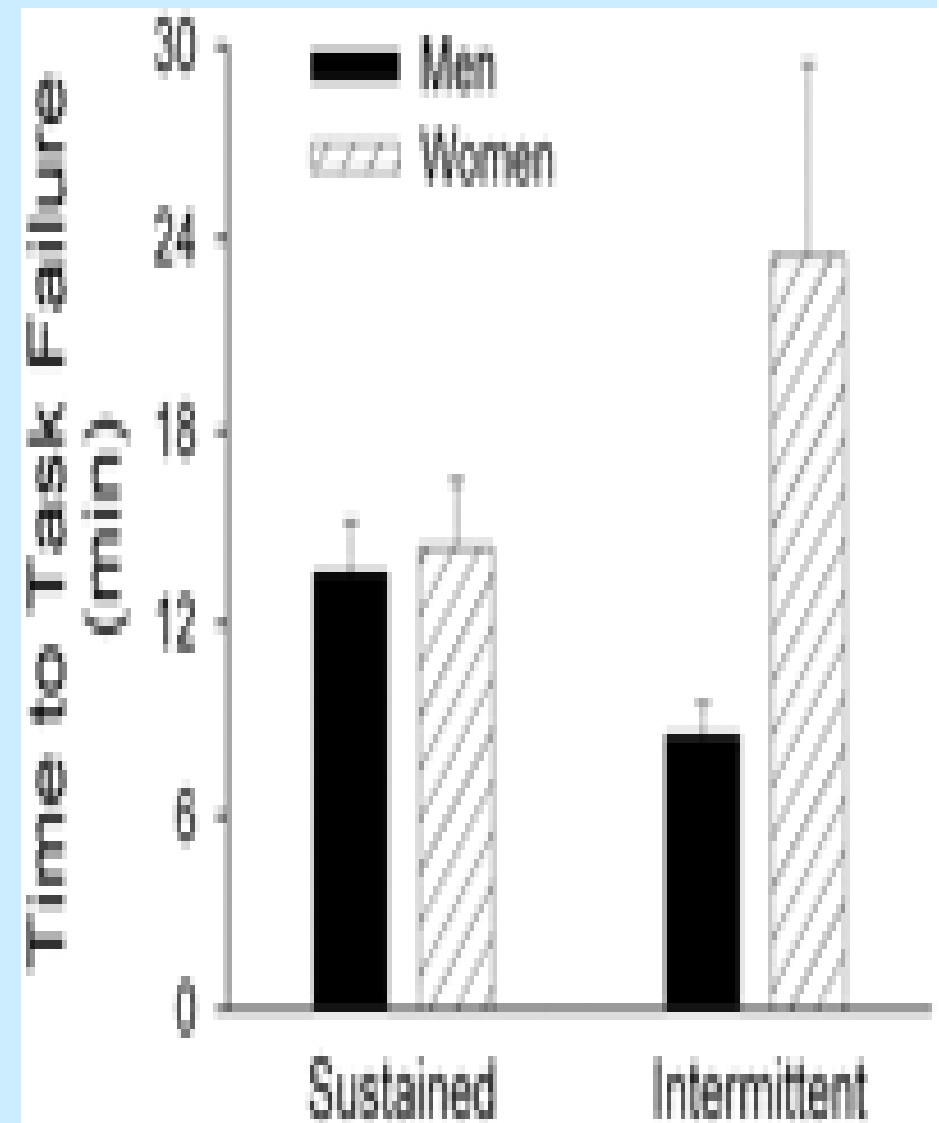
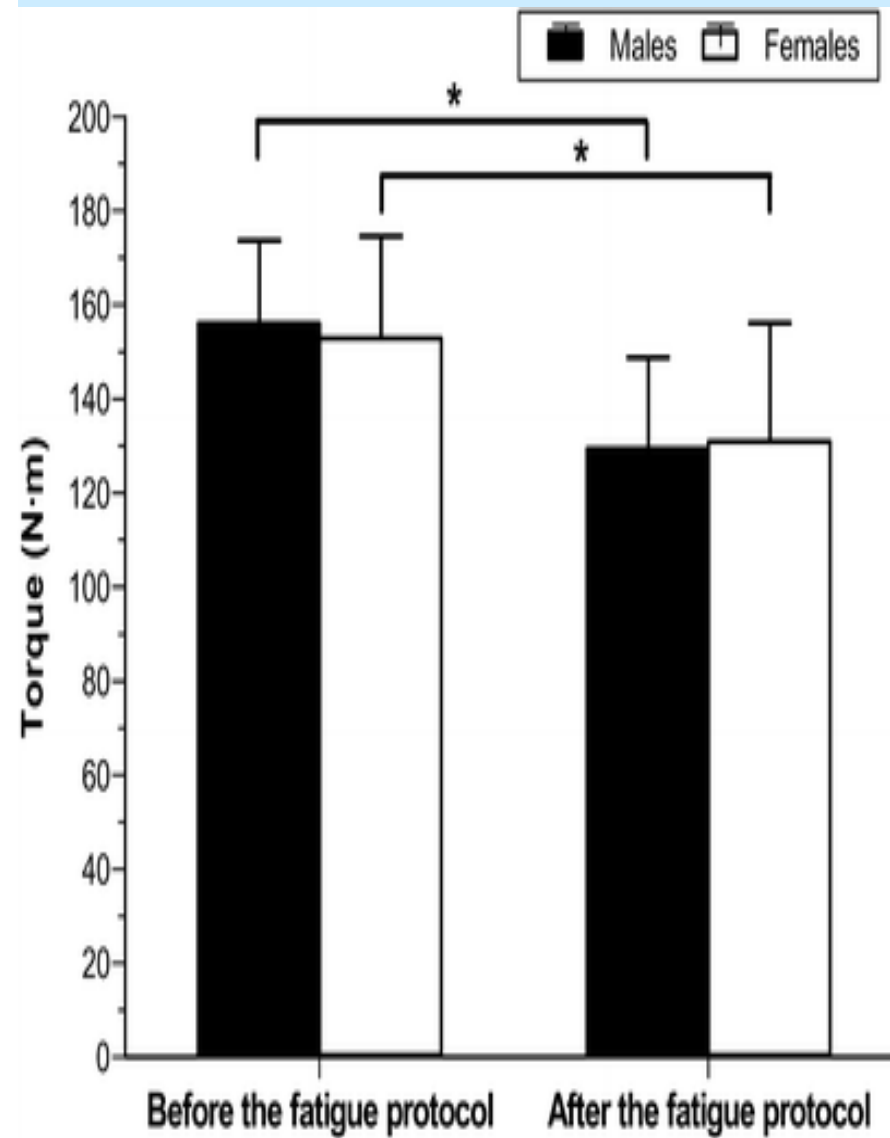
Κόπωση ενηλίκων ανδρών και γυναικών. Υπομέγιστη ενταση...

Σε άλλες περιπτώσεις οι γυναίκες παρουσίασαν μεγαλύτερη αντίσταση στην κόπωση (Clark et al., 2003; West et al., 1995; Fulco et al., 1999), ενώ σε άλλες περιπτώσεις όχι (Bilodeau et al., 2003; Kent-Braun et al., 2002; Ditor & Hicks, 2000; Hunter & Enoka, 2001; Westing et al., 1998; Maughan et al., 1986).

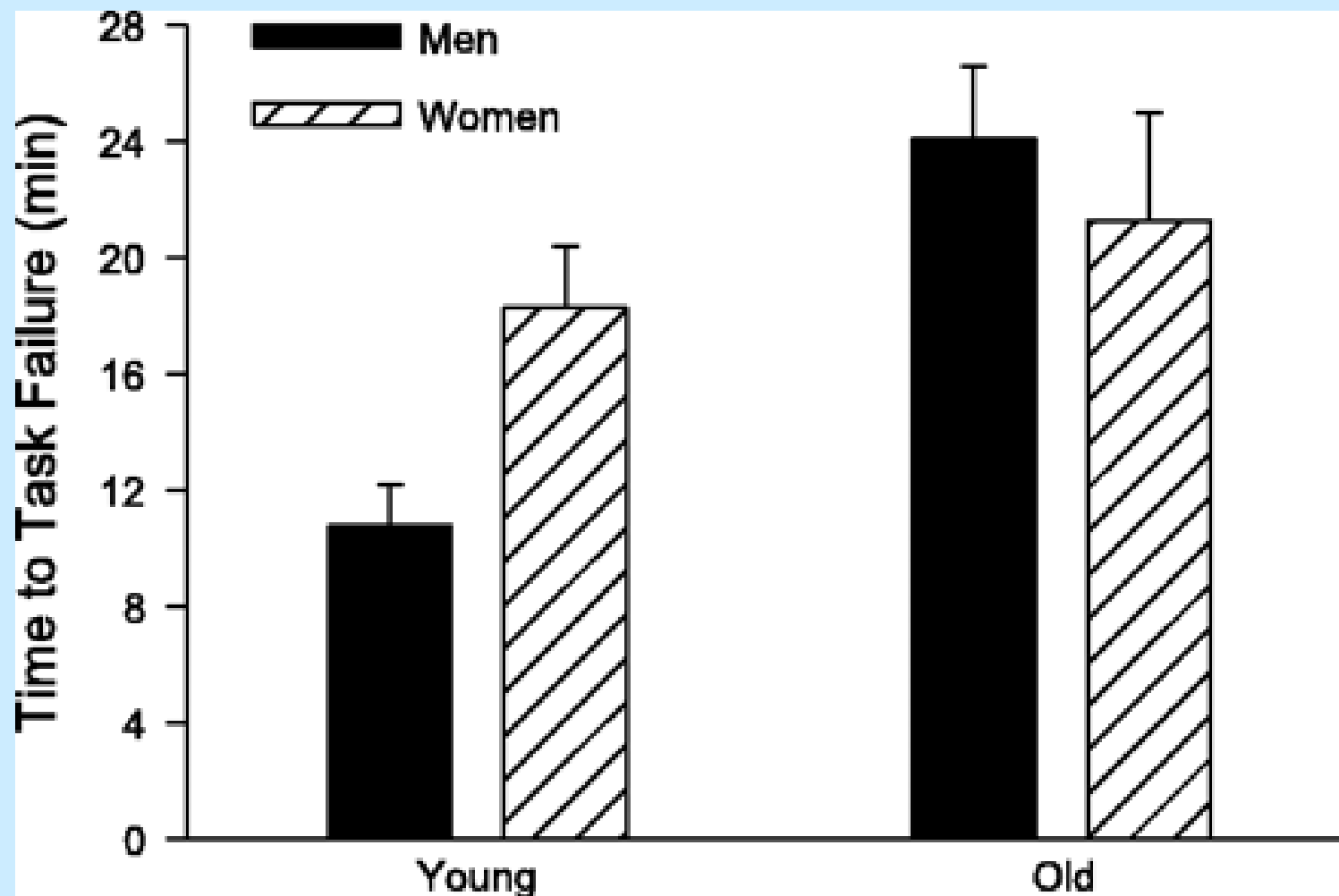
Κόπωση ενηλίκων ανδρών και γυναικών.

Μάλλον εξαρτάται

1. Απο το επίπεδο αιματικής κυκλοφορίας (Russ et al 2003)
2. Απο το επίπεδο της δύναμης πριν την κόπωση? (Hatzikotoulas et al 2003, Hunter et al 2004a,2004b,Clark et al 2003)



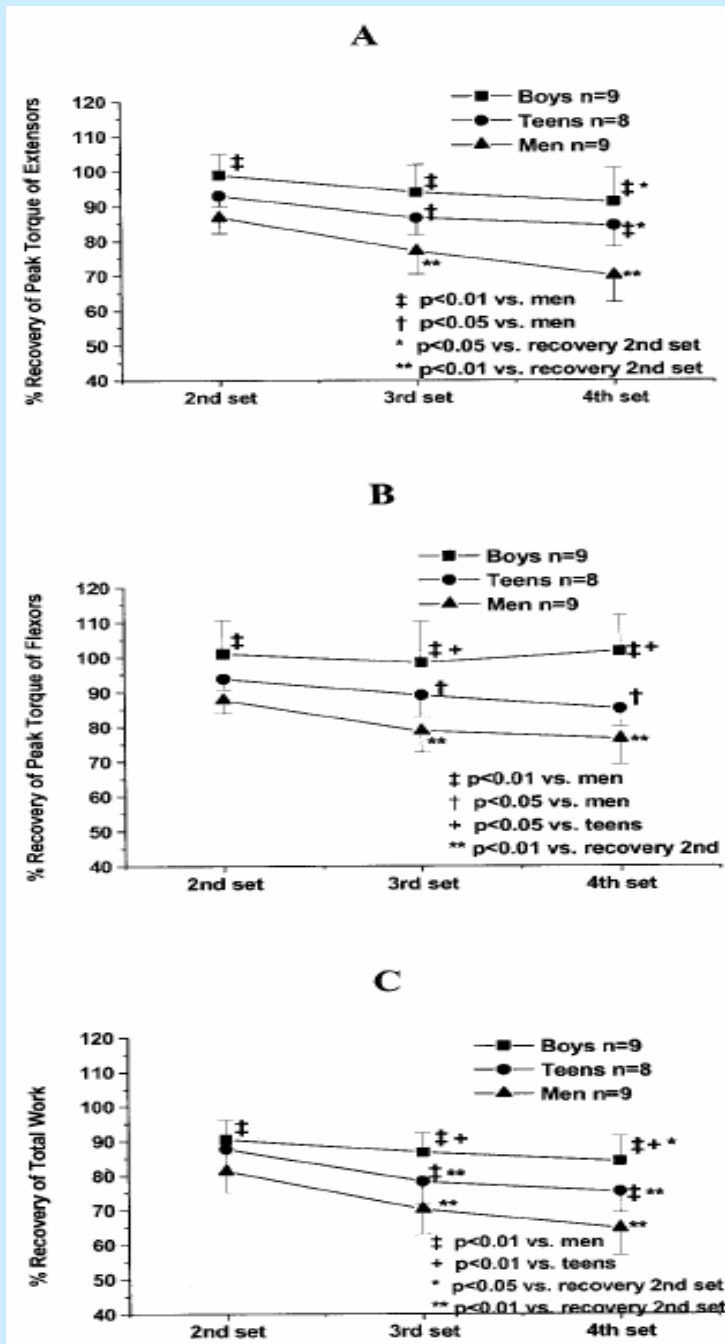
Μεταβολή κόπωσης μεταξύ ανδρών και γυναικών ιδίου επιπέδου
Δύναμης (Hatzikotoulas et al 2004, Hunter et al 2004)



Μάλλον δεν υπάρχουν διαφορές κόπωσης μεταξύ ανδρών και γυναικών στην κόπωση στην τρίτη ηλικία (Russ et al 2003)

Αποκατάσταση μεταξύ ενηλίκων ανδρών και γυναικών

Η αποκατάσταση εξαρτάται μάλλον από το
επίπεδο πτώσης της δύναμης (Hakkinen and
Myllyla, 1990, Σκούφας κα 204)).



Η Αποκατάσταση της ισοκινητικής ροπής ήταν ταχύτερη στους προέφηβους κατόπιν στους εφήβους και άνδρες (Zafeiridis et al 2005)

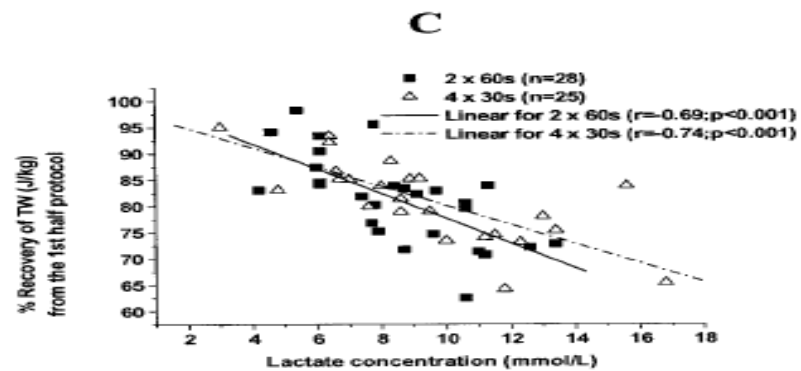
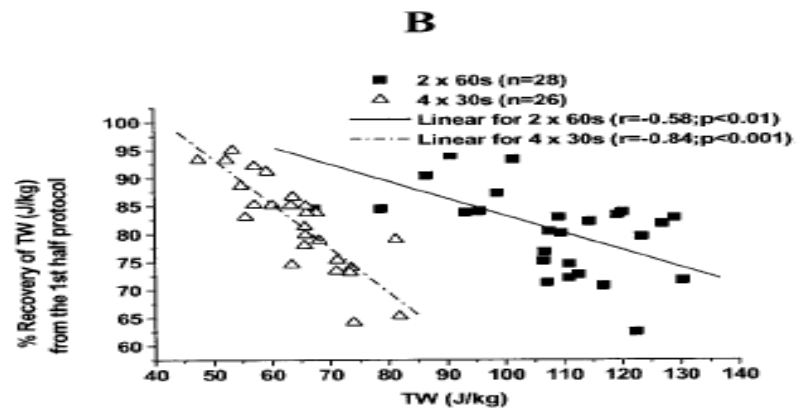
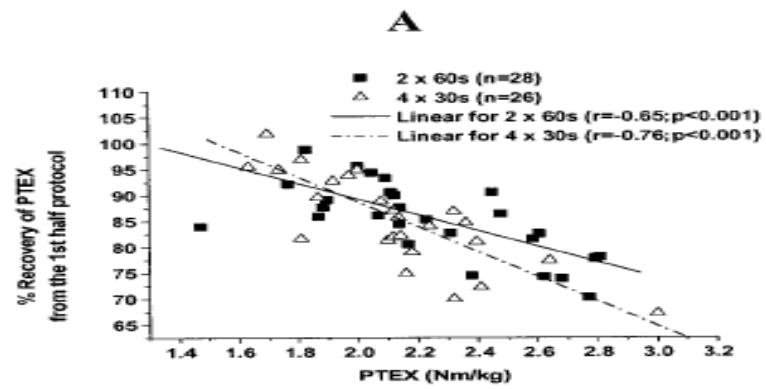
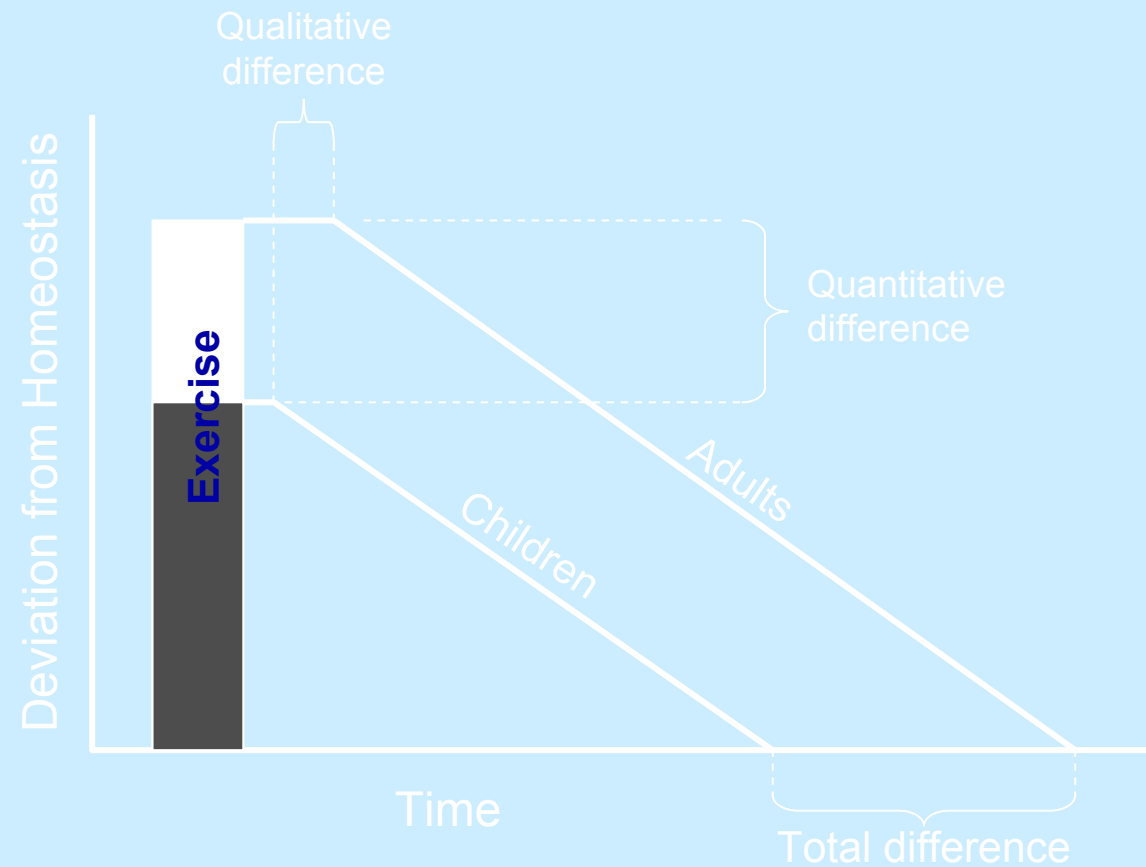


Fig. 4 - Quantitative and qualitative differences in recovery between children and adults - a schematic representation



Αποκατάσταση μεταξύ ενηλίκων προεφήβων

Η αποκατάσταση είναι ταχύτερη στους
προεφήβους διότι:

- Έχουν ταχύτερη ανασύνθεσης ATP (Van Praag and Dore 2001)
- Ταχύτερη απομάκρυνσης Μεταβολικών υποπροϊόντων (Hebestreit et al., 1993),
- Μαλλον μεγαλύτερη κατανομή αργών μυικών ινών (Van Praag and Dore 2001).

Παράγοντες Κόπωσης ενηλίκων και ατόμων τρίτης ηλικίας (Russ et al 2003)

1. Μέγαλύτερη κατανομή αργών μυικών ινών στους ενήλικες
2. Μειωμένη ικανότητα παροχής O₂

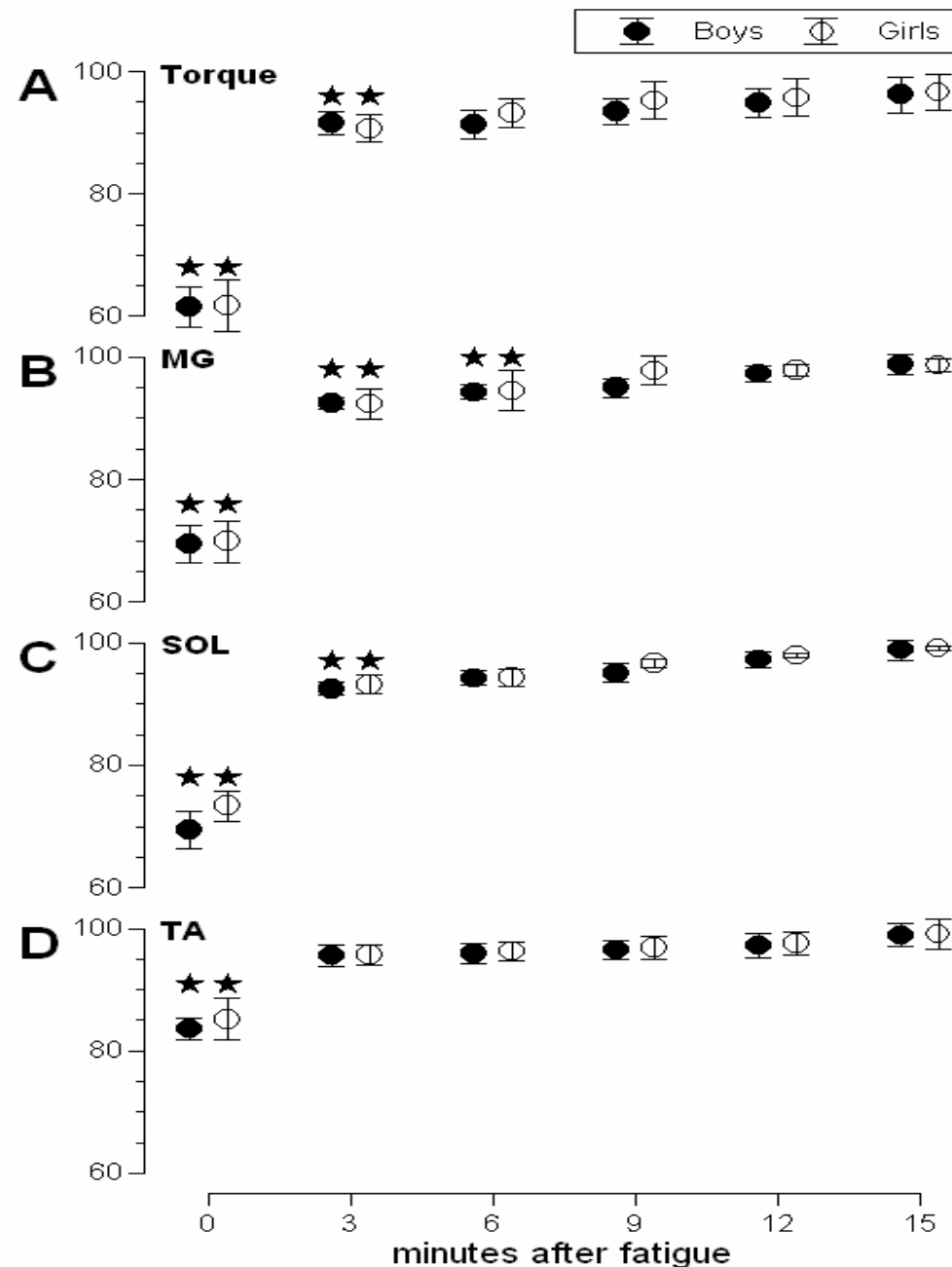
Παράγοντες αποκατάστασης

- Ταχύτητα Ανασύνθεσης ATP (Vollestad *et al.*, 1988)
- Ρυθμός απομάκρυνσης Μεταβολικών υποπροϊόντων (Sahlin *et al.*, 1997, Hebestreit *et al.*, 1993),
- Φύλλο (Hakkinen, 1993; Fulco *et al.*, 1999)
- Ποσοστό πτώσης δύναμης (Hakkinen, 1993)
- Κατανομή Μυικών ινών (Hakkinen and Myllyla, 1990).
- Επίπεδο αερόβιας ικανότητας (Ratel *et al.* 2001)

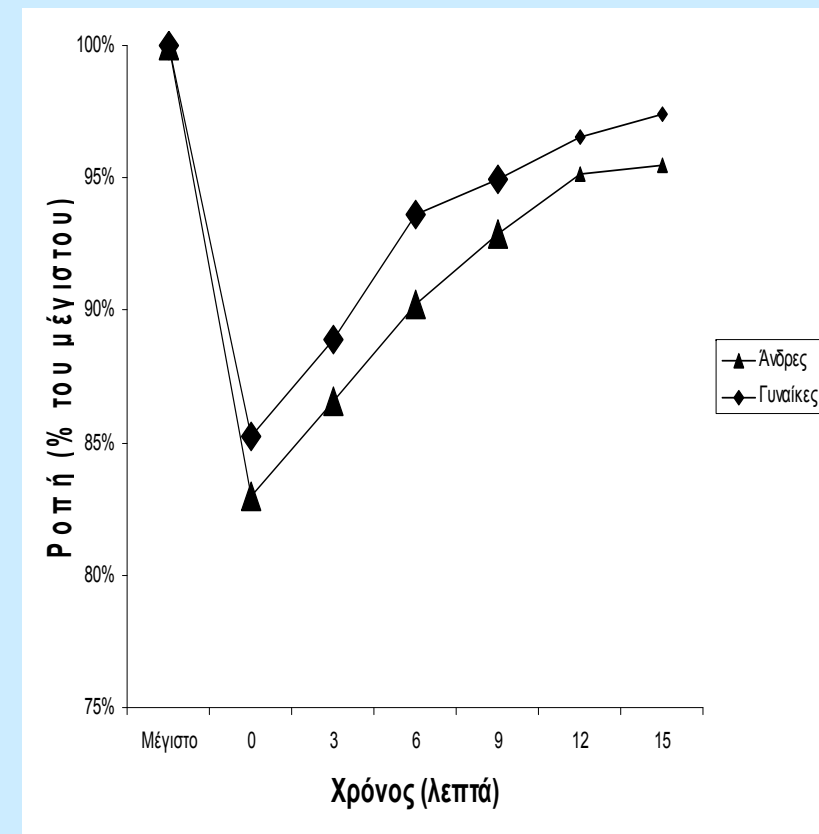
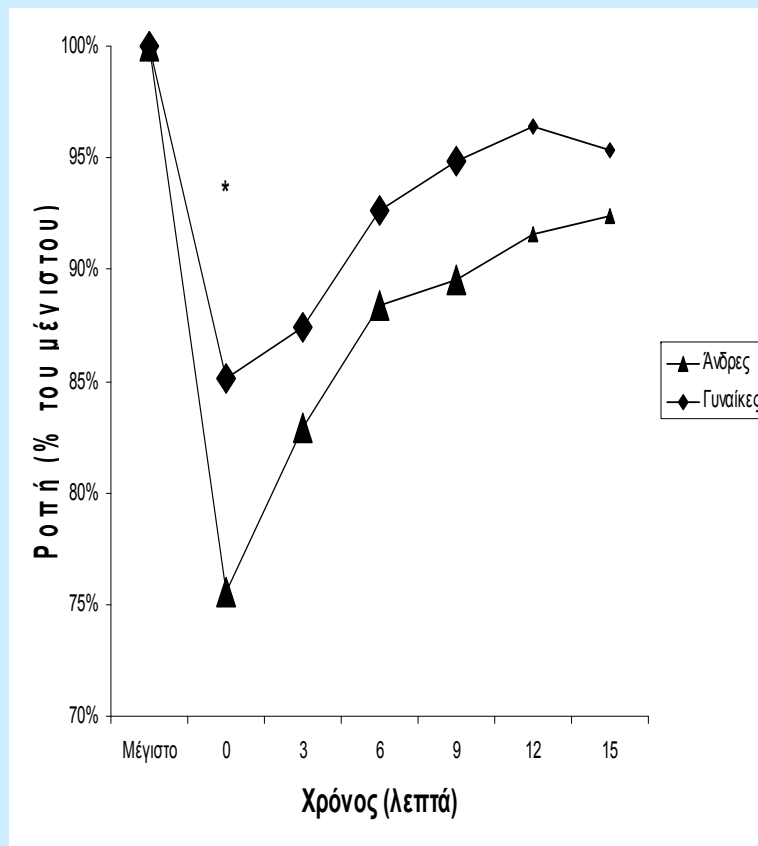
Νευρομυική Λειτουργία Παιδιού

- Ανώριμη φλοιονωτιαία οδός
- Μικρότερος βαθμός ενεργοποίησης κινητικών μονάδων
- Μικρότερος βαθμός συγχρονισμού κινητικών μονάδων
- Μεγαλύτερος χρόνος χαλάρωσης
- Μικρότερη απόδοση Νευρομυικής σύναψης

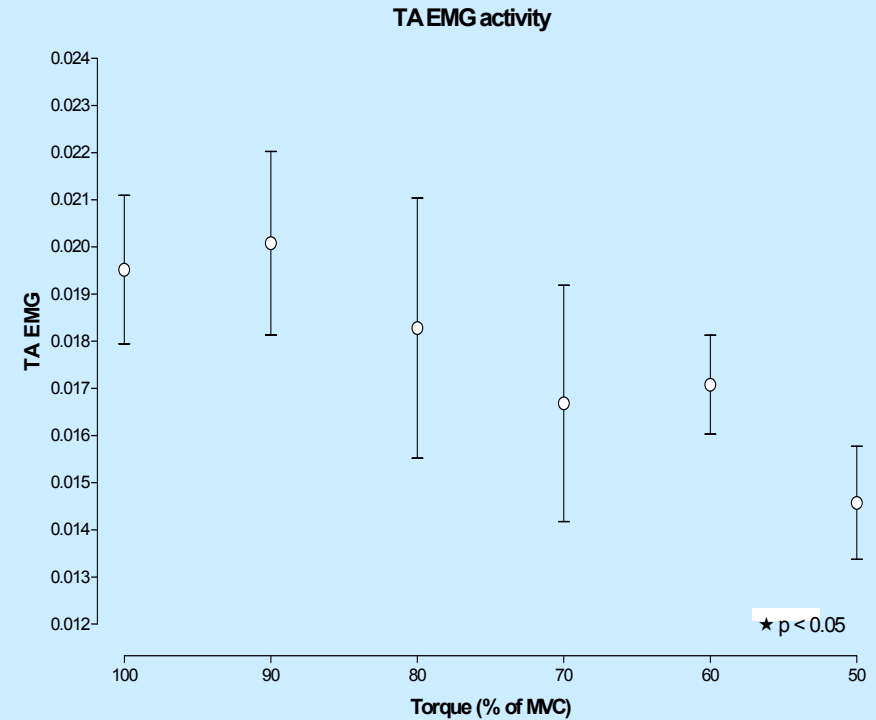
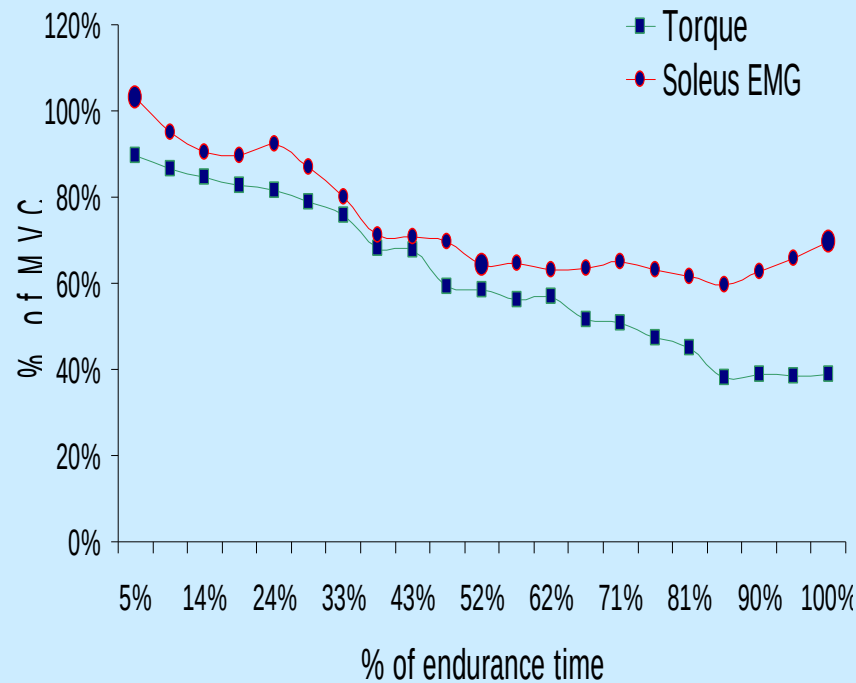
(Blimkie 1989, Smits-Engelsman et al 2004)



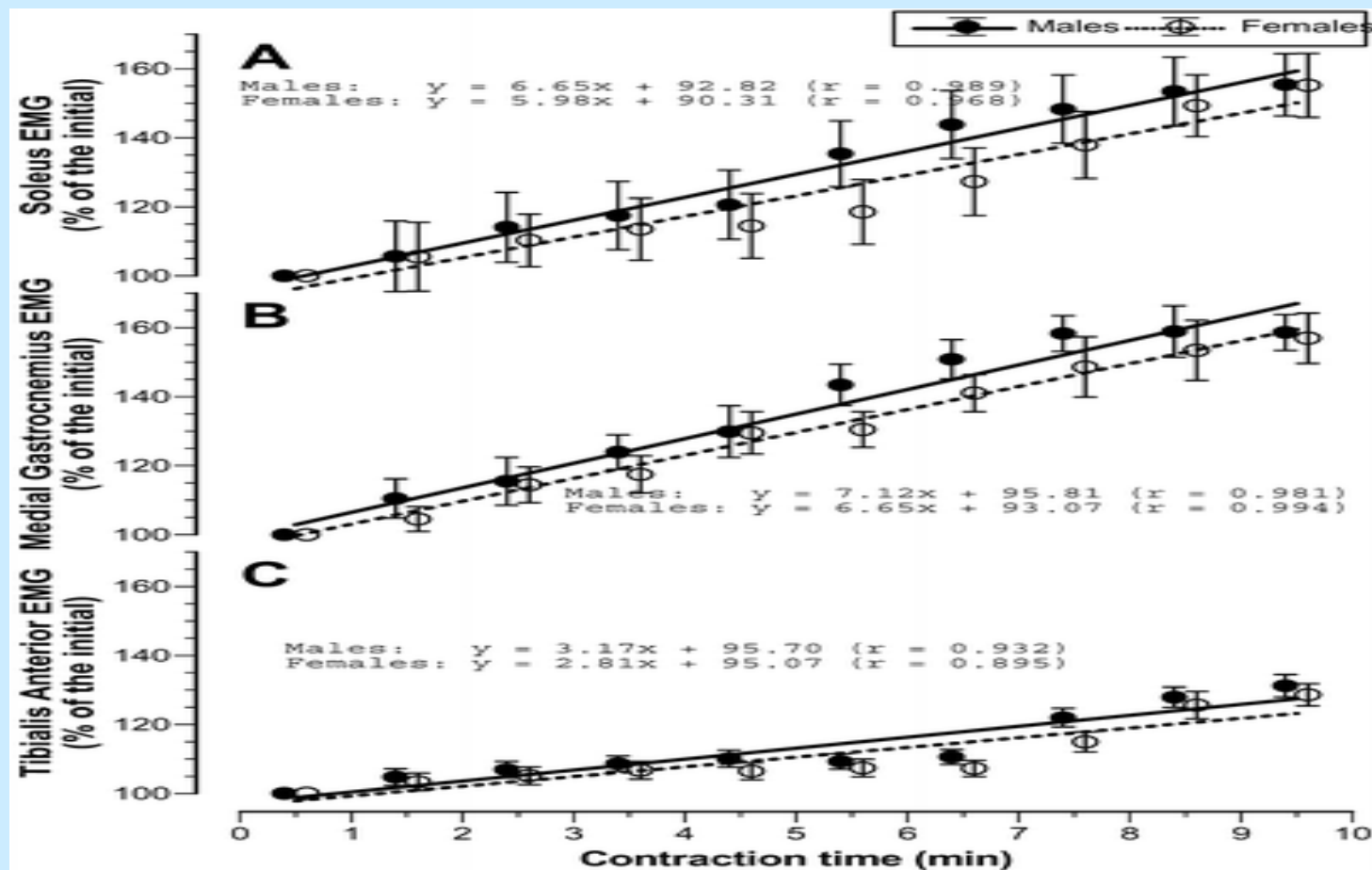
Η πτώση της δύναμης
Και η μεταβολή αγωνιστών
και ανταγωνιστών μυών είναι
ενιαία μεταξύ προεφήβων αγοριών
και κοριτσιών (Kotzamanidis et al
2006)



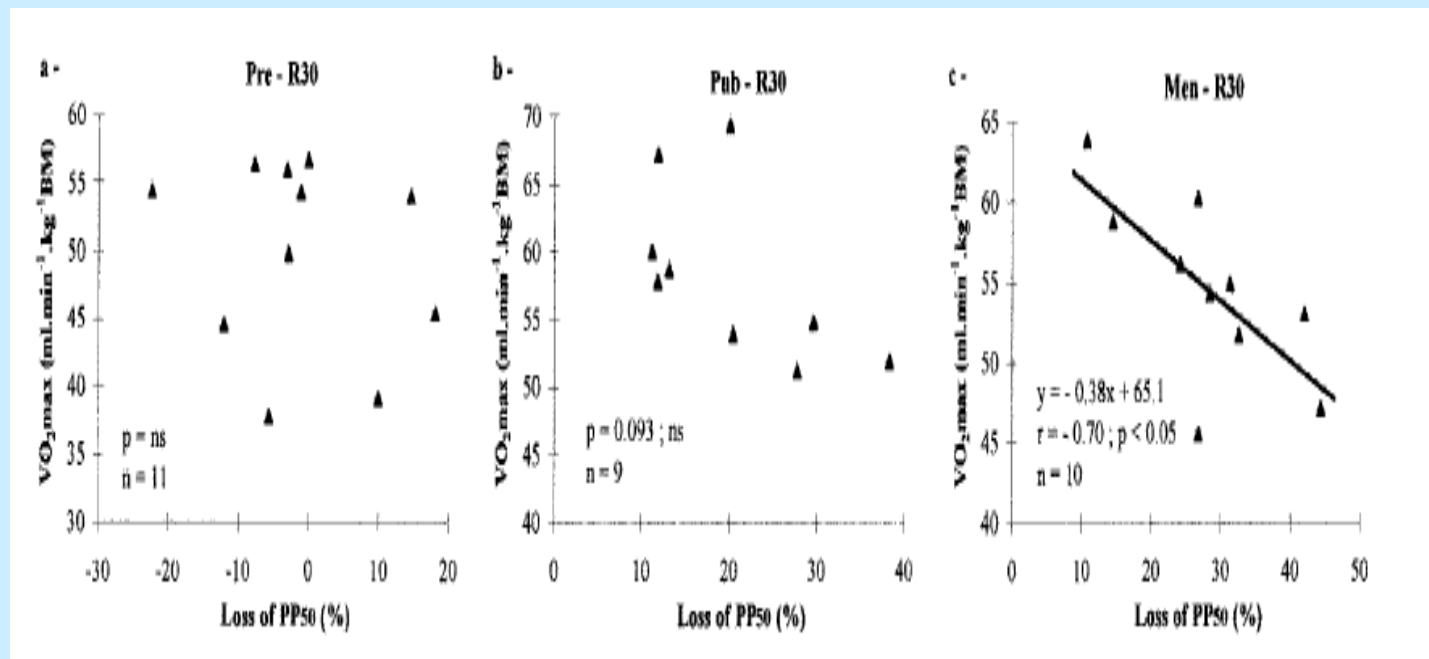
Μεταβολή κόπωσης μεταξύ ανδρών και γυναικών με διαφορετικό(αριστερά) και ίδιο(δεξιά) επίπεδο δύναμης (Σκούφας κ.αλ 2004)



Στην διάρκεια της μέγιστης ισομετρικής κόπωσης μειώνεται η ροπή, η ηλεκτρική ενέργεια των αγωνιστών μυών (**αριστερά**) και μένει σταθερή η ηλεκτρική ενέργεια των ανταγωνιστών μυών (**δεξιά**) (Patikas et al 2002)



Στην διάρκεια της υπομέγιστης κόπωσης αυξάνεται παράλληλα η ηλεκτρική δραστηριότητα αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών (Hatzikotoulas et al 2004)



Η πτώση της ισχύος έχει συνάρτηση με την Μέγιστη Πρόσληψη O_2 μόνο στους ενήλικες (Ratel et al 2001)

Επίδραση της κόπωσης στην κινητική απόδοση

- 1.Αύξηση του μήκους διασκελισμού
- 2.Μείωση συχνότητας διασκελισμού
3. Αύξηση χρόνου στήριξης
4. Αύξηση της κάθετης μετατόπισης του Κέντρου Μάζας (Mero and Komi 1992)

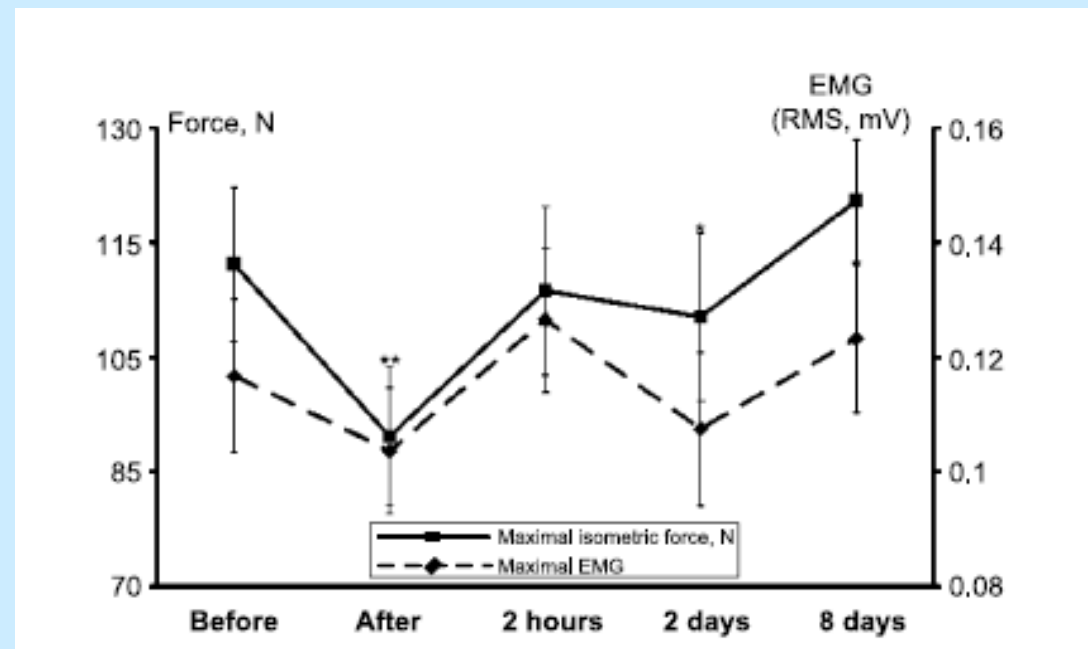
ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ ΚΟΠΩΣΗ



- ✓ Εξάντληση ενεργειακών αποθεμάτων .
- ✓ Αυξηση συγκέντρωσης μεταβολιτών(IMP , P_i , H^+)
- ✓ Αναστολή δράσης ιόντων Ca
- ✓ Αύξηση ενδομυϊκής πίεσης ➡
- ✓ Αιματικός αποκλεισμός

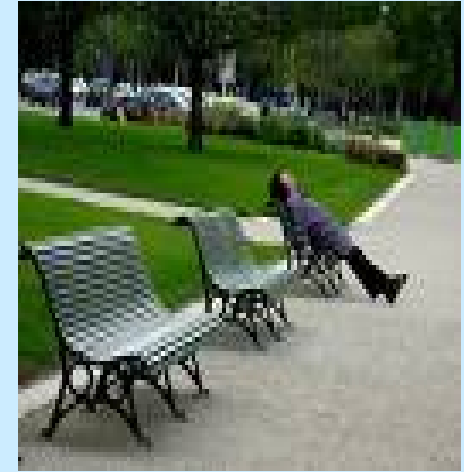
(Kent-Braun, 1999, Hiccks et al., 2001)

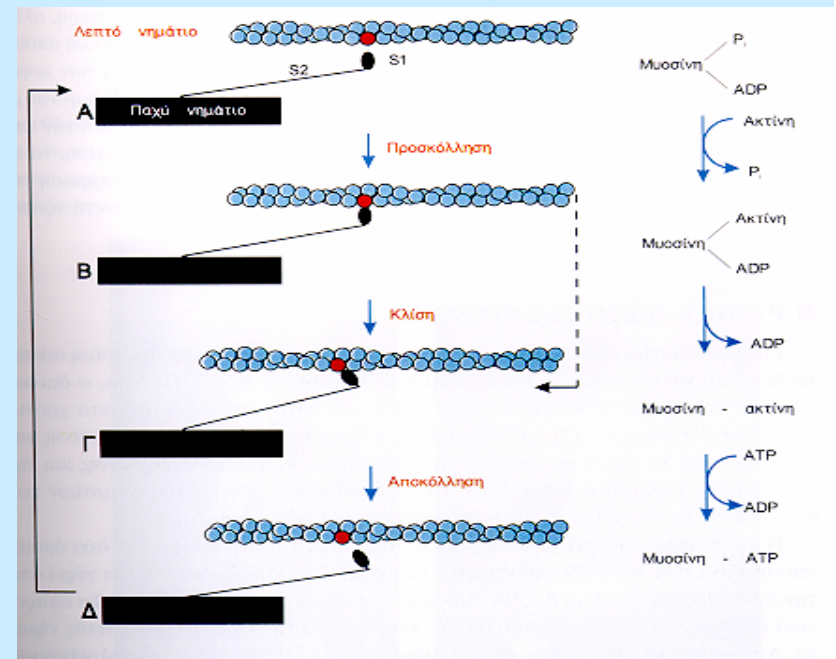
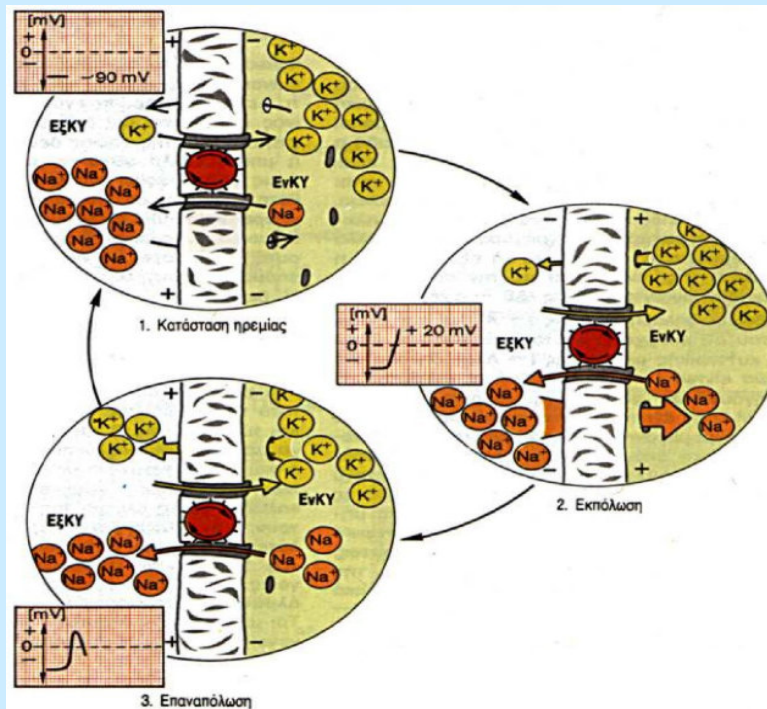
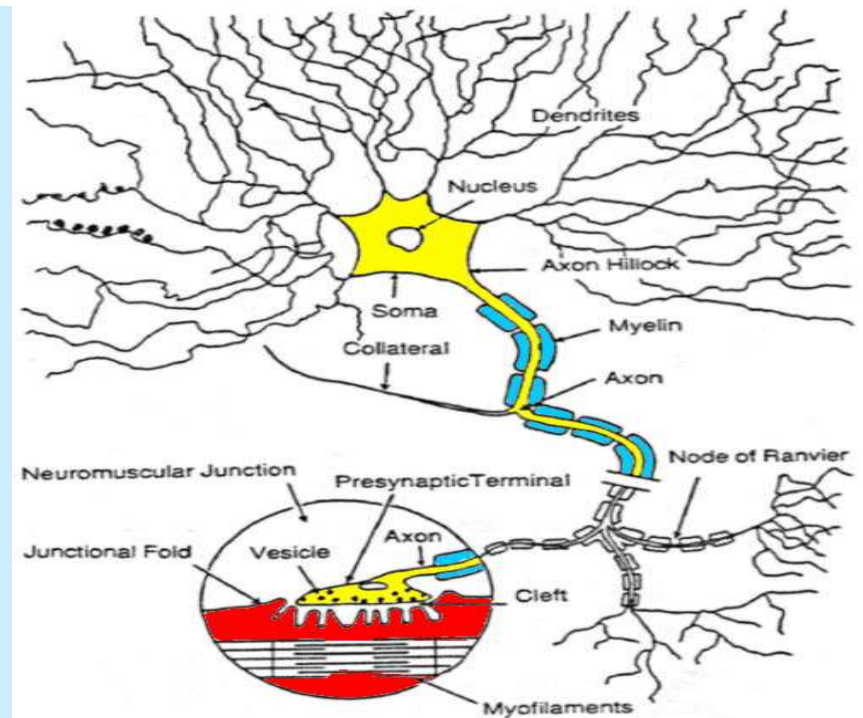
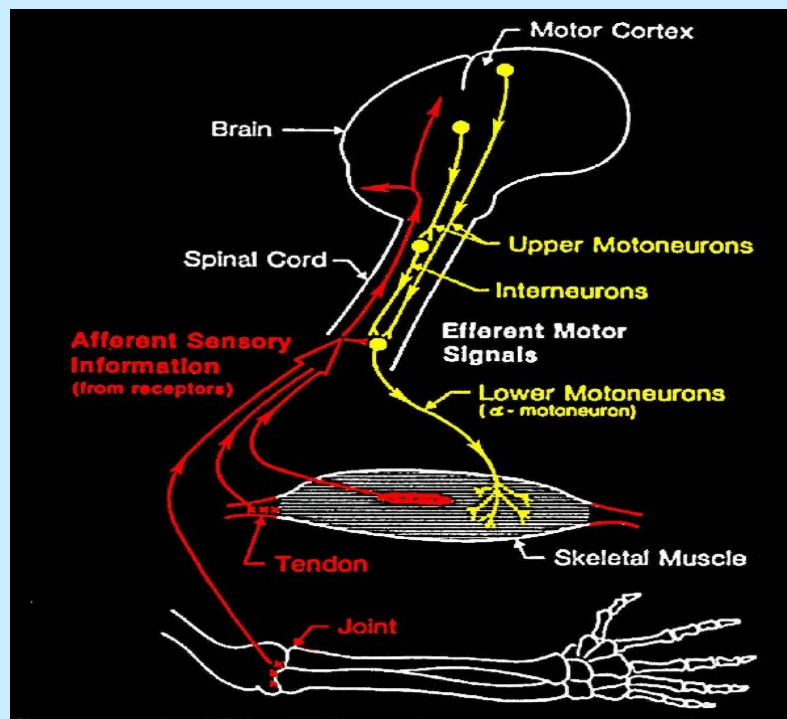
Κόπωση μετά από τεστ κύκλου διάτασης Βράχυνσης

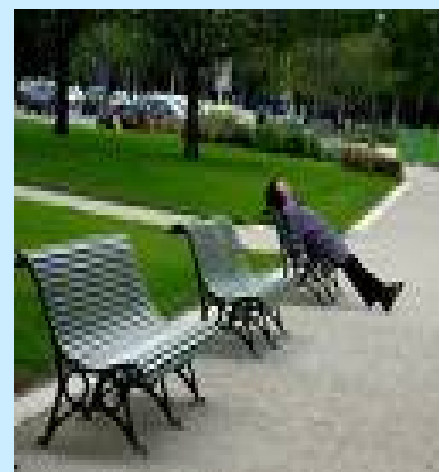


Bimodal recovery process after a stretch -

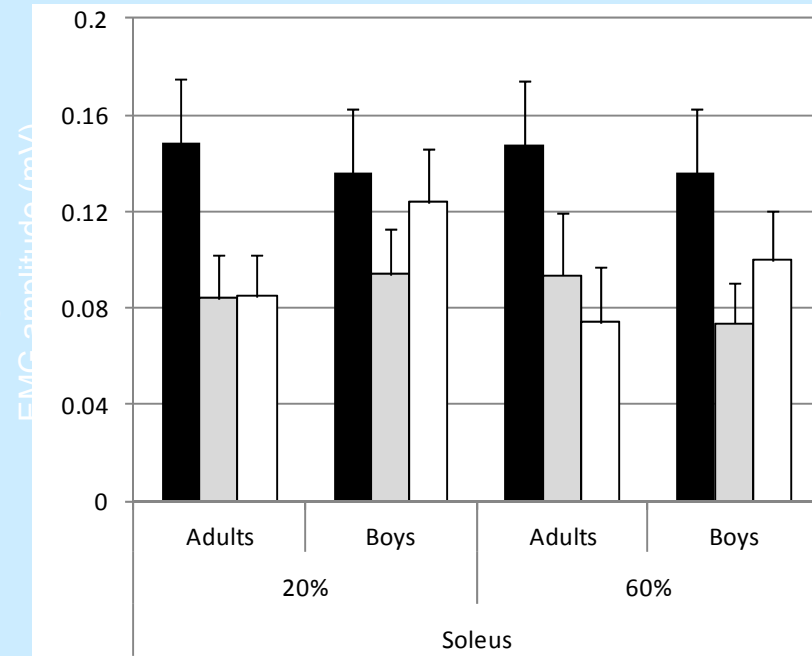
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



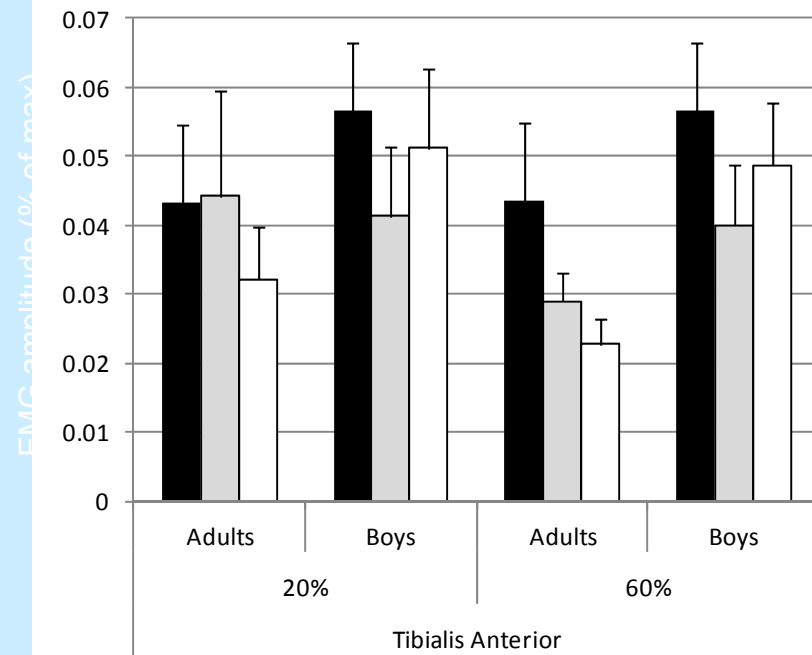




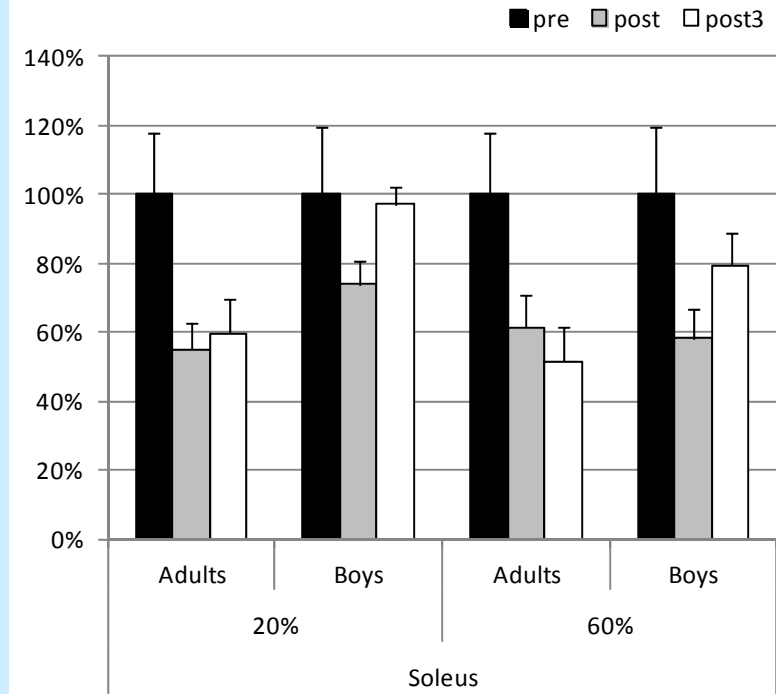
Agonist



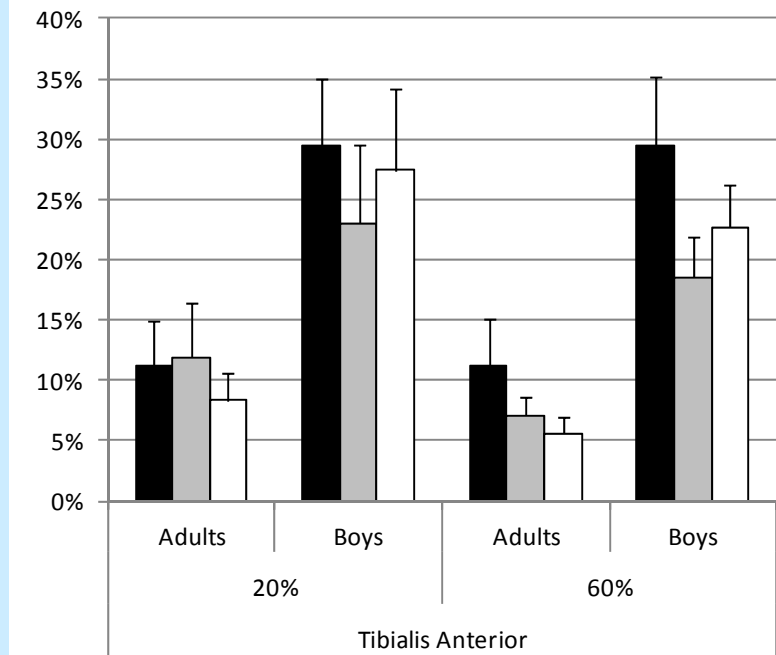
Antagonist



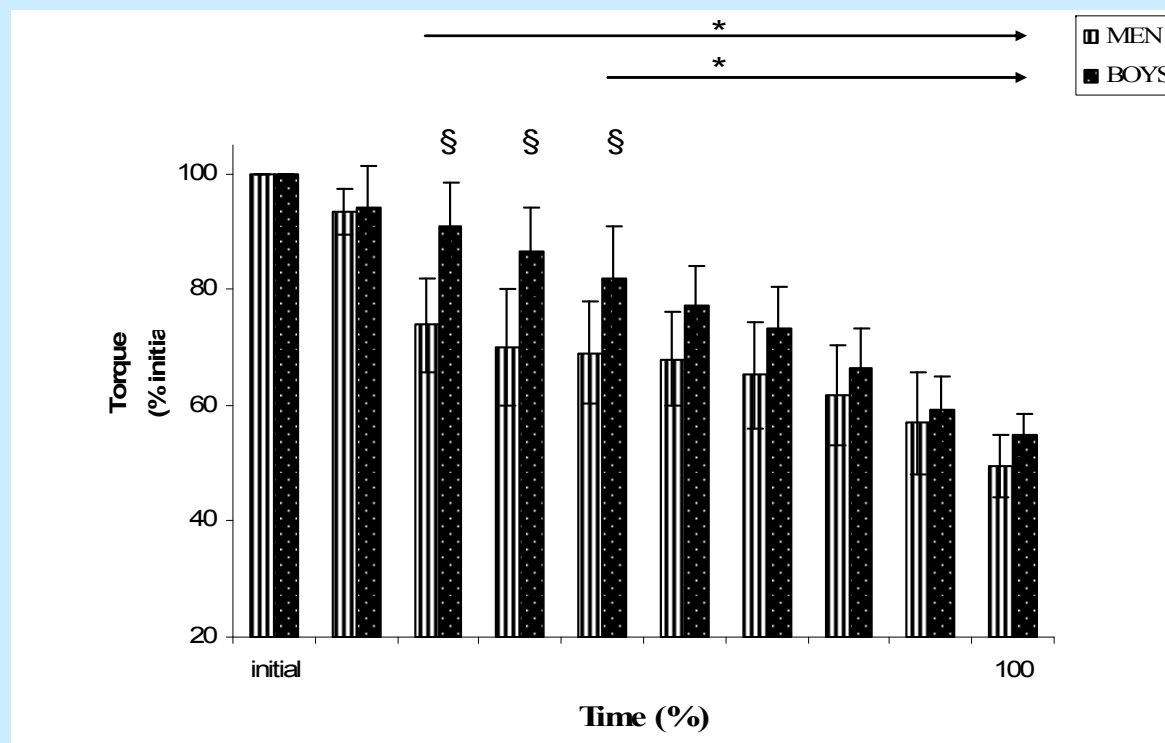
EMG change (% of pre-fatigue max)



EMG change (% of pre-fatigue max)



Μεταβολή Ροπής



Επιπλέον Παράγοντες κόπωσης..

- Μείωση της διεγερσιμότητας μυικής ατράκτου
- Ενεργοποίηση αισθητηρίων οργάνων τύπου III και IV
- Πρόκληση Κεντρικής κόπωσης μέσω προσυναπτικής αναστολής

(Gandevia 2001, Patikas et al 2001)

