

**314 – ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗ**

# **ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ**

**ΦΑΤΟΥΡΟΣ Γ. ΙΩΑΝΝΗΣ, Ph.D.**

**Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.**

# ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ

ΧΡΟΝΙΑ Ή ΜΟΝΙΜΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ

**ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ**  
ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

**ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ**  
ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

# ***ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ***

Προπόνηση με αντιστάσεις

Αύξηση συστατικών πρωτεϊνών

Αύξηση διατομής μυϊκών ινών (υπερτροφία)

Αύξηση διατομής μυός

Αύξηση μέγιστης δύναμης

Επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στις μυϊκές πρωτεΐνες.

# ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Έχει παρατηρηθεί τόσο σε πειραματόζωα όσο και σε ανθρώπους.
2. Η έκκεντρη φάση είναι απαραίτητη για την αύξηση της εγκάρσιας διατομής των μυϊκών ινών.
3. Η μυϊκή υπερτροφία αφορά την αύξηση του αριθμού των μυοϊνιδίων, των μορίων ακτίνης και μυοσίνης, του σαρκοπλασματικού δικτύου, του συνδετικού ιστού ή συνδυασμό των παραπάνων.
4. Η αύξηση της εγκάρσιας διατομής των μυϊκών ινών προκαλείται κυρίως από την αύξηση των μυοϊνιδίων και των νηματίων ακτίνης – μυοσίνης αυξάνοντας έτσι τον αριθμό των εγκάρσιων γεφυρών και κατά συνέπεια την παραγόμενη δύναμη.
5. Οφείλεται κυρίως στην αύξηση της σύνθεσης μυϊκής πρωτεΐνης και μείωσης της πρωτεϊνόλυσης.
6. Οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερη μυϊκή υπερτροφία από τις γυναίκες αν υποβληθούν στο ίδιο προπονητικό πρωτόκολλο. Αυτό πιστεύουν ότι οφείλεται στα διαφορετικά επίπεδα τεστοστερόνης μεταξύ των δύο φύλων.

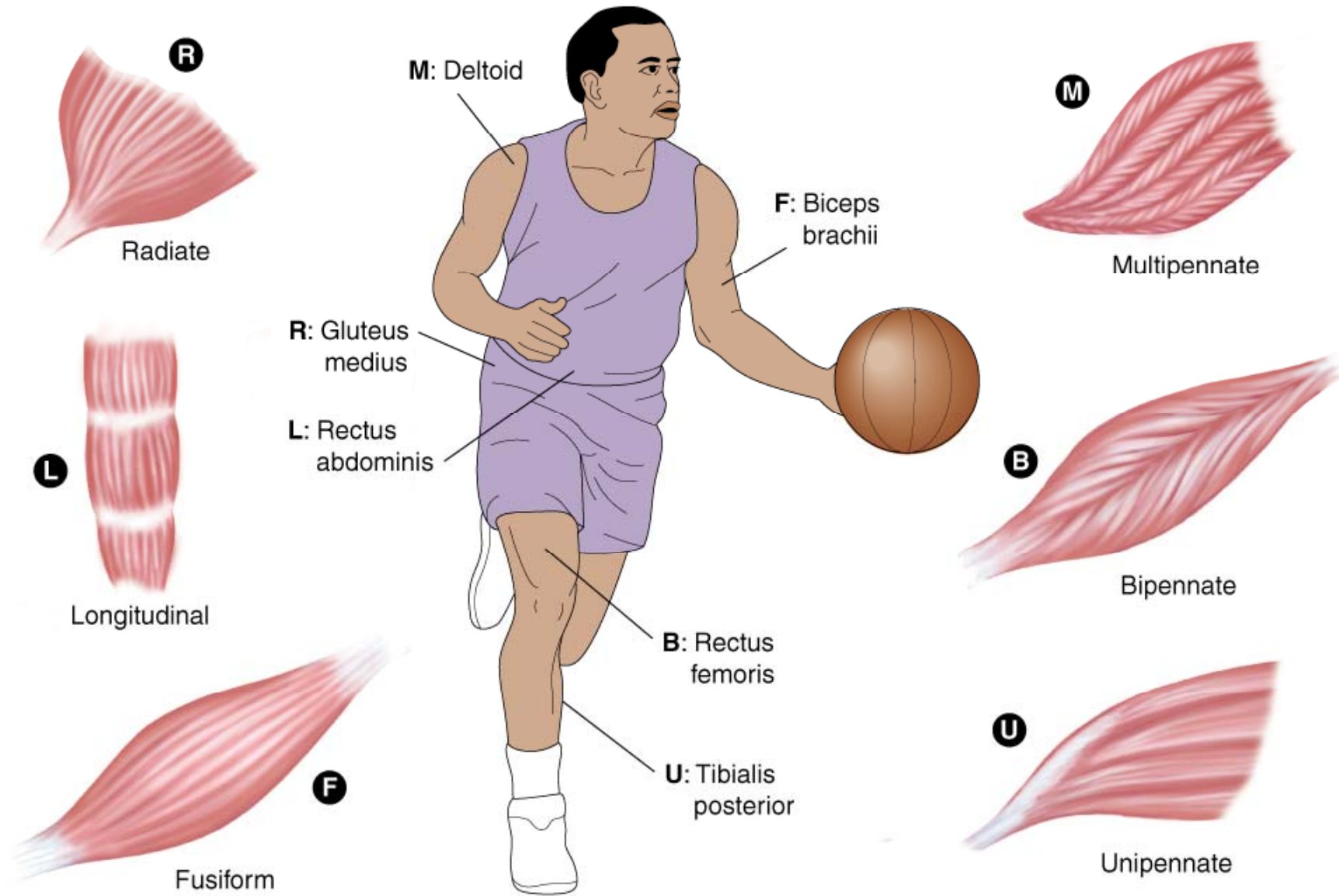
# ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Η αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας δεν έχει την ίδια έκταση για όλες τις μυϊκές ίνες αλλά εξαρτάται από τον τύπο μυϊκής ίνας και το βαθμό ενεργοποίησης των μυϊκών ινών.
2. Και οι δύο τύποι μυϊκών ινών παρουσιάζουν υπερτροφία αλλά οι τύπου II διαθέτουν μεγαλύτερη δυνατότητα υπερτροφίας.
3. Οι αθλητές ταχυδυναμικών αγωνισμάτων έχουν εγκάρσια επιφάνεια των ινών τύπου II στον έξω πλατύ  $7900 \mu\text{m}^2$  ενώ οι αθλητές που γυμνάζονται με χαμηλότερες αντιστάσεις έχουν αντίστοιχη επιφάνεια των ίδιων ινών στον ίδιο μυ περίπου  $6200 \mu\text{m}^2$ . Αυτό σημαίνει επιλεκτική υπερτροφία των μυϊκών ινών ανάλογα με το προπονητικό ερέθισμα.
4. Από τις πρώτες κιόλας προπονήσεις αρχίζει να αλλάζει το είδος των πρωτεϊνών (π.χ. βαριές αλυσίδες μυοσίνης) των μυϊκών ινών. Όσο προχωρά η προπόνηση τόσο αυξάνεται η ποσότητα των συσταλών πρωτεϊνών και η εγκάρσια επιφάνειά τους. Για να υπάρξει μετρήσιμη υπερτροφία χρειάζονται τουλάχιστον 8 εβδομάδες.
5. Η μυϊκή υπερτροφία αυξάνει την παραγωγή δύναμης όχι όμως και την ταχύτητα μυϊκής συστολής.
6. Η υπερτροφία αυξάνει τη γωνία έλξης των μυϊκών ινών σε μυς με πτεροειδή διάταξη των μυϊκών ινών χωρίς αυτό να σημαίνει ότι επηρεάζεται και η παραγωγή μυϊκής δύναμης.

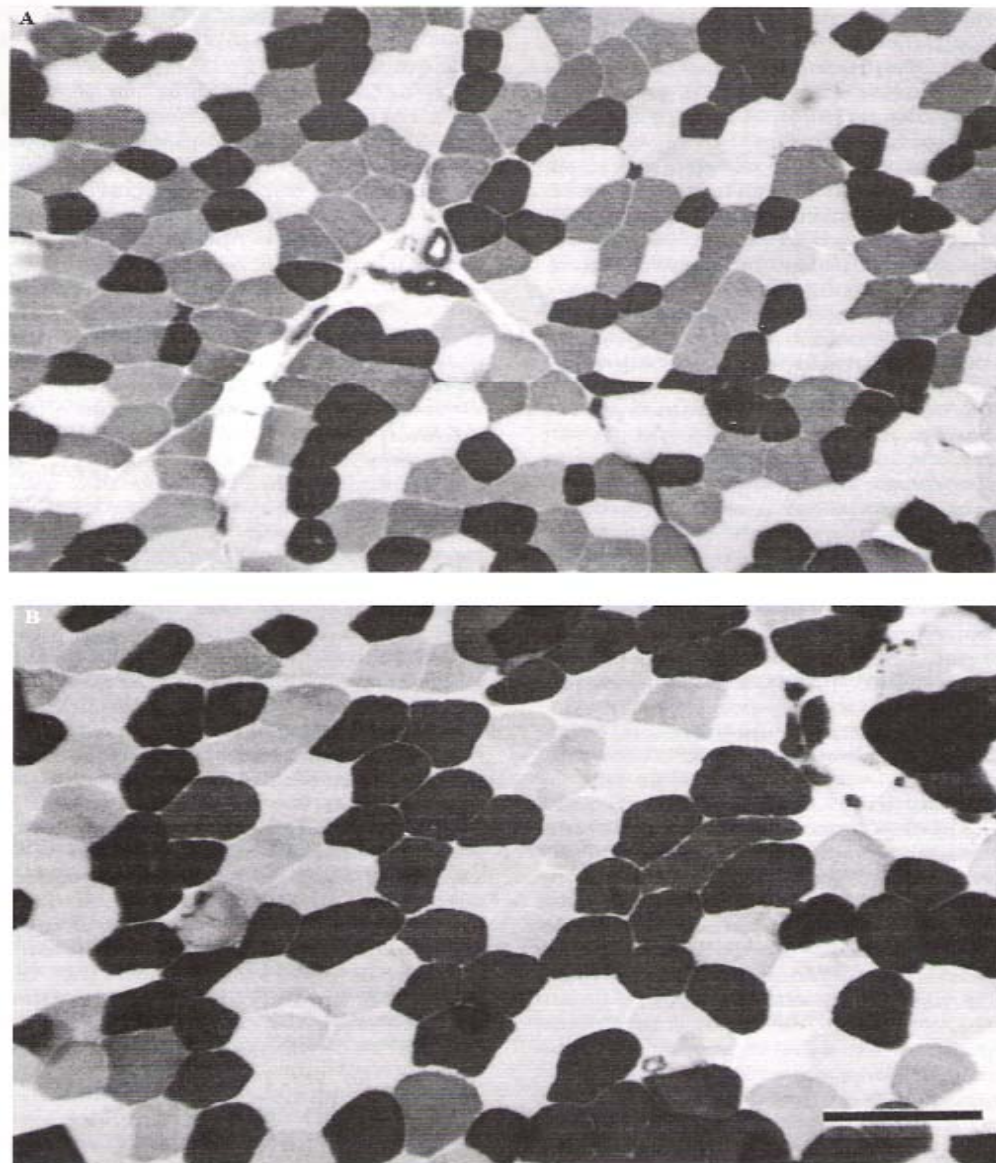
# ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Η αύξηση της γωνίας έλξης των μυϊκών ινών έχει μάλλον ένα ανώτατο όριο. Σε υψηλό επίπεδο υπερτροφίας, η γωνία έλξης των ινών φτάνει σε ένα ανώτατο επίπεδο πέρα από το οποίο η αύξηση του μήκους (δηλαδή του αριθμού των σαρκομερίων) των μυϊκών ινών εμποδίζει την περαιτέρω αύξηση της γωνίας έλξης τους.
2. Οι αθλητές που παρουσιάζουν υπερτροφία (ράγκμπυ, σούμο, σπρίντερ κ.λπ.) έχουν μεγαλύτερο μήκος μυών τόσο σε απόλυτη τιμή όσο και σε σχέση με το μήκος των οστών τους σε σύγκριση με τα αγύμναστα άτομα. Η αύξηση του μήκους των μυών φαίνεται ότι βελτιώνει την ταχύτητα μυϊκής συστολής.
3. Η μυϊκή υπερτροφία θα ήταν αδύνατη χωρίς την αύξηση του αριθμού των πυρηνών που βρίσκονται στα μυϊκά κύτταρα.

# Οι Διάφοροι Τύποι Διάταξης των Μυϊκών Ινών



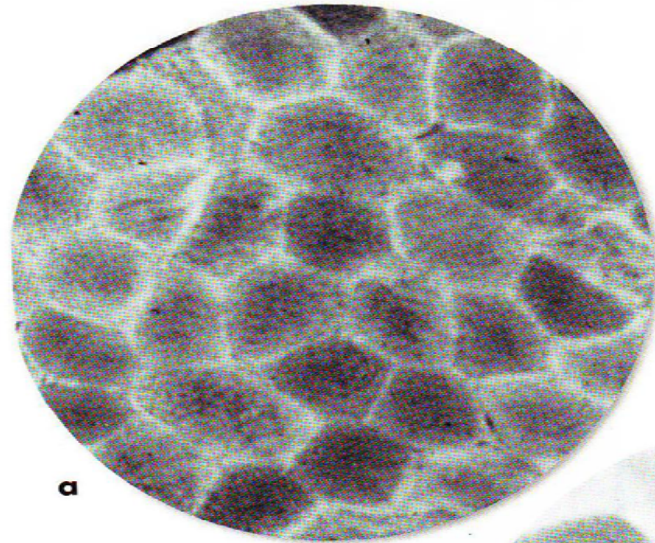
## Αύξηση της Εγκάρσιας διατομής των Μυϊκών Ινών



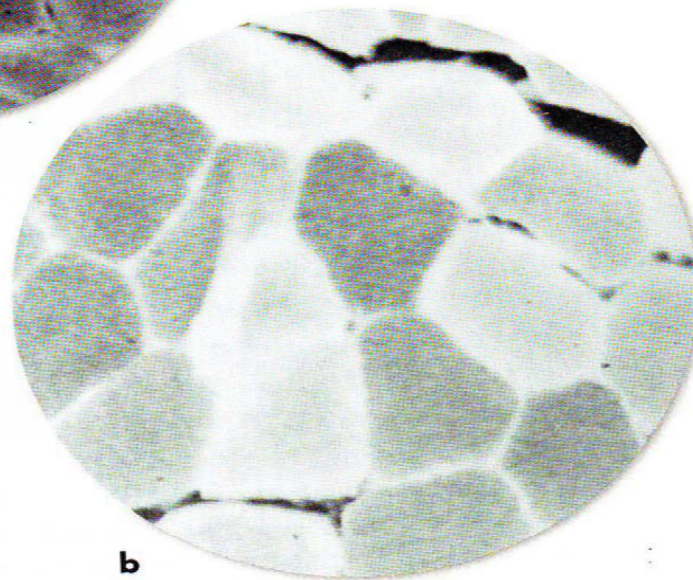
**Σχήμα 3.20.** Μυϊκή βιοψία πριν (A) και μετά (B) την εφαρμογή ενός προγράμματος προπόνησης δύναμης διάρκειας 8 εβδομάδων. Οι σκουρόχρωμες ίνες είναι τύπου I (βραδείας συστολής) οι λευκές ίνες είναι ίνες τύπου IIΑ και οι ίνες με ενδιάμεση χρώση είναι ίνες τύπου IIΒ μια σύνθεση ινών IIΑ και IIΒ (υβριδικές ίνες). Ευγενική παραχώρηση του εργαστηρίου του Δρ. Robert S. Staron.



# Αύξηση της Εγκάρσιας διατομής των Μυϊκών Ινών



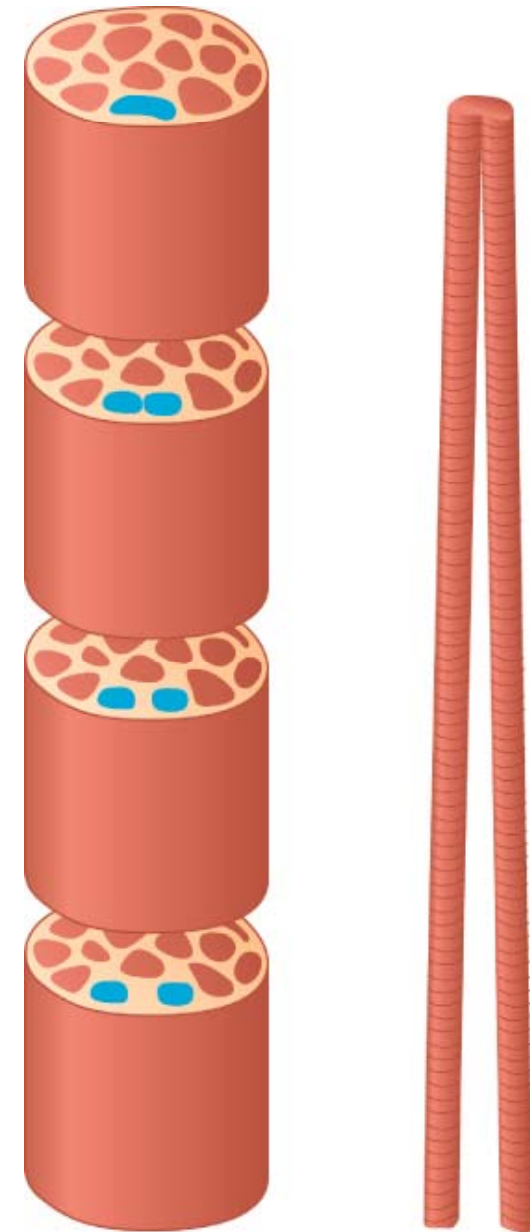
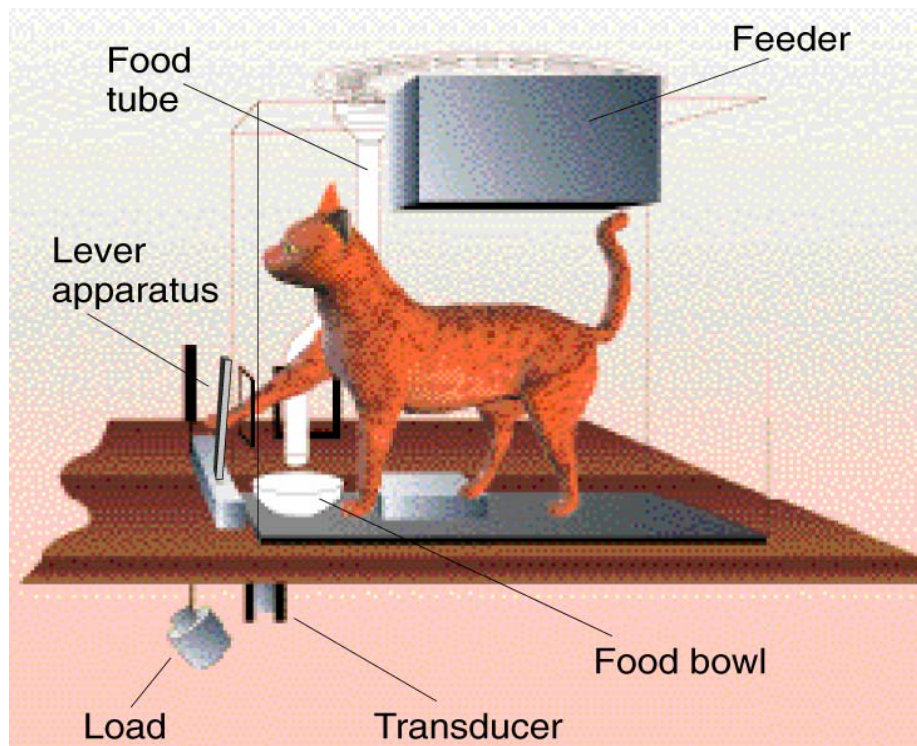
a



b

# ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Οι μυϊκές ίνες, σύμφωνα με αυτή τη θεωρία χωρίζουν στα δύο και κάθε μία από τις νέες ίνες αυξάνεται στο μέγεθος της μητρικής ίνας.
2. Βασίστηκε στα πειράματα με γάτες.



# ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Αργότερα και μετά από μέτρηση των ινών μία -μία αποδείχθηκε ότι σε διάφορα ζώα υπήρξε υπερτροφία κι όχι υπερπλασία.
2. Ωστόσο, επαναληπτικά πειράματα με γάτες έδειξαν ότι 101 εβδομάδες προπόνησης προκάλεσαν 11% αύξηση του βάρους του μυ και αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινών κατά 9% υποδεικνύοντας υπερπλασία. Πιθανά, οι γάτες σε σχέση με άλλα ζώα προπονήθηκαν με διαφορετικό πρωτόκολλο (υπερτροφίας).
3. Όταν προπονήθηκε ο υποπλάτιος μυς κοτόπουλων βρέθηκε τόσο υπερτροφία όσο και υπερπλασία.
4. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η υπερτροφία προκαλεί το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης της μυϊκής μάζας.
5. Ωστόσο, δύο μελέτες με bodybuilders δείχνουν ότι μπορεί να προκληθεί και υπερπλασία αφού:
  - α. η μέση διατομή των μυϊκών τους ινών στον τετρακέφαλο και το δελτοειδή ήταν μικρότερη από αυτή μη ασκουμένων.
  - β. το εμβαδόν των μυϊκών ινών τους ήταν ίδιο με αυτό μη ασκουμένων ατόμων παρά το ότι οι bodybuilders είχαν μεγαλύτερη περιφέρεια στα συγκεκριμένα σημεία.
  - γ. είχαν περισσότερες μυϊκές ίνες ανά κινητική μονάδα από τα αγύμναστα άτομα.
  - δ. ωστόσο, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι αυτοί οι αθλητές γενήθηκαν με περισσότερες μυϊκές ίνες.

# ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Ωστόσο, μία άλλη μελέτη βρήκε ότι οι bodybuilders παρουσιάζουν μεγαλύτερο εμβαδόν στις μυϊκές τους ίνες ( $8400 \mu\text{m}^2$ ) από τους αγύμναστους άντρες ( $6200 \mu\text{m}^2$ ) και γυναίκες ( $4400\mu\text{m}^2$ ).
2. Οι διαφορές μπορούν να οφείλονται στο προπονητικό ερέθισμα.
3. 12 εβδομάδες προπόνησης με βάρη σε αγύμναστα άτομα προκάλεσε αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινών στα περισσότερα άτομα. Η υπερπλασία μάλλον λοιπόν μπορεί να συμβεί στους ανθρώπους αλλά πιθανά υπό συγκεκριμένες συνθήκες και μάλλον σε συγκεκριμένα άτομα.
4. Οφείλεται στα δορυφορικά κύτταρα τα οποία ενεργοποιούνται μετά από μυϊκό τραυματισμό, πολλαπλασιάζονται, μεταναστεύουν στην τραυματισμένη περιοχή και εισέρχονται στις μυϊκές ίνες όπου και δίνουν τους πυρήνες τους για την απαιτούμενη πρωτεϊνοσύνθεση.
5. Μία μελέτη με γάτες έδειξε ότι η υπερπλασία προϋποθέτει προπόνηση υψηλής έντασης ώστε να ενεργοποιηθούν οι ίνες τύπου II.
6. Οι μυς κορυφαίων αθλητών διαθέτουν μεγάλο αριθμό πυρήνων, δορυφορικών κυττάρων και μυϊκών ινών με πολύ μικρή διάμετρο, χαρακτηριστικά που υποδηλώνουν υπερπλασία. Αυτά τα χαρακτηριστικά αυξάνονται με τη χρήση αναβολικών.

# ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

1. Γενικά, υπάρχουν ενδείξεις μυϊκής υπερπλασίας με την άσκηση αντιστάσεων αν και χρειάζονται περισσότερες μελέτες για να το επιβεβαιώσουν.
2. Ακόμη και αν η υπερπλασία δεν αποτελεί τον κύριο μηχανισμό αύξησης της μυϊκής μάζας, ίσως αποτελεί μία από τις προσαρμογές που προκύπτουν από την προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης με αντιστάσεις όταν ορισμένες μυϊκές ίνες διογκώνονται υπερβολικά φτάνοντας ένα, θεωρητικά, μέγιστο κυτταρικό μέγεθος. Οι ίνες τύπου II ταχείας συστολής είναι πιθανό να αγγίζουν αυτό το μέγιστο κυτταρικό μέγεθος μετά από μακροχρόνια προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης με υψηλές αντιστάσεις.
3. Πάντως, σε κάθε περίπτωση η αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινών δεν φαίνεται ότι συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της μυϊκής μάζας (5-10%).

# ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ

ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΗΣ  
ΣΥΝΘΕΣΗΣ

+

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ  
ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

- Η πρωτεϊνική σύνθεση αυξάνεται μετά από μία προπόνηση δύναμης (κατά 112%, 65% και 34% μετά από 3, 24 και 48 ώρες αντίστοιχα). Ο καταβολισμός των πρωτεϊνών αυξάνεται κατά 31%, 18% και 1% στα αντίστοιχα χρονικά σημεία. Άρα υπερिशύει η πρωτεϊνική σύνθεση.
- Στις ίνες τύπου II η υπερτροφία οφείλεται κυρίως στην αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης ενώ στις τύπου I οφείλεται στη μείωση του ρυθμού αποδόμησης των πρωτεϊνών.
- Η πρωτεϊνοσύνθεση είναι μικρότερη (118% έναντι 48%) και ο πρωτεϊνικός καταβολισμός είναι μεγαλύτερος (μεγαλύτερος ασκησιογενής τραυματισμός) στα αγύμναστα άτομα.
- Αύξηση της μεταφοράς αμινοξέων μέσα από την κυτταρική μεμβράνη κατά 60-120% στις 3 πρώτες ώρες μετά την προπόνηση εξαιτίας κυρίως (κατά 90%) της αύξησης της αιματικής ροής (πρωτόκολλα με μέττρια αντίσταση, υψηλό όγκο, μικρά διαλλείματα).

## **Η πρωτεϊνική σύνθεση εξαρτάται:**

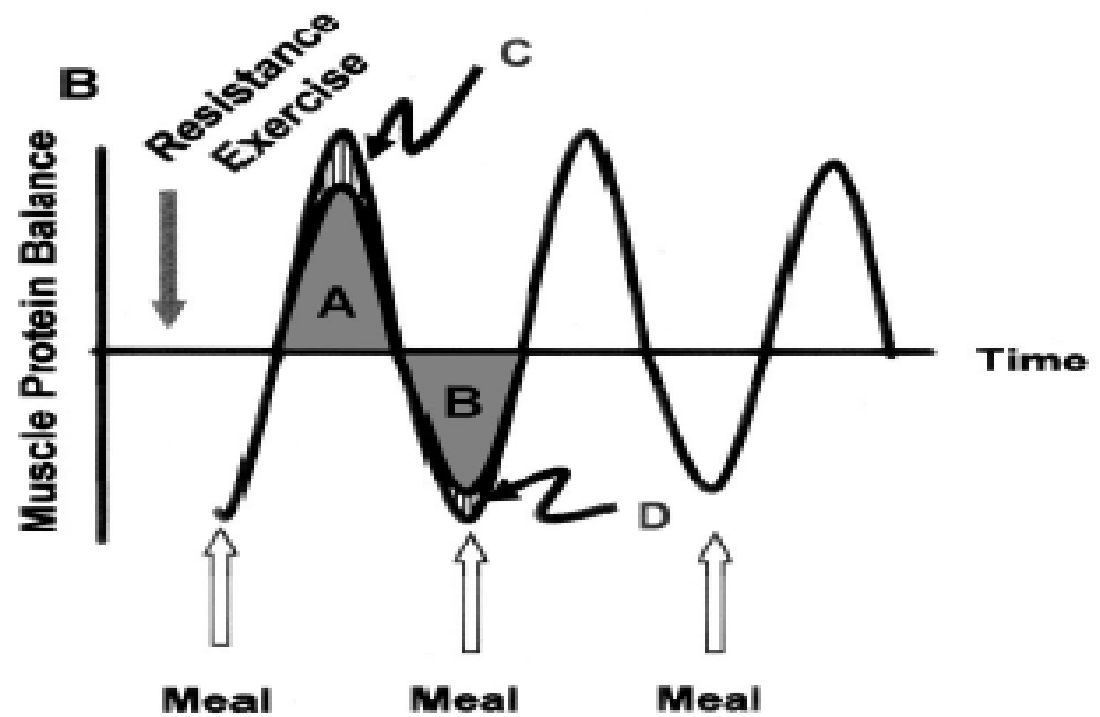
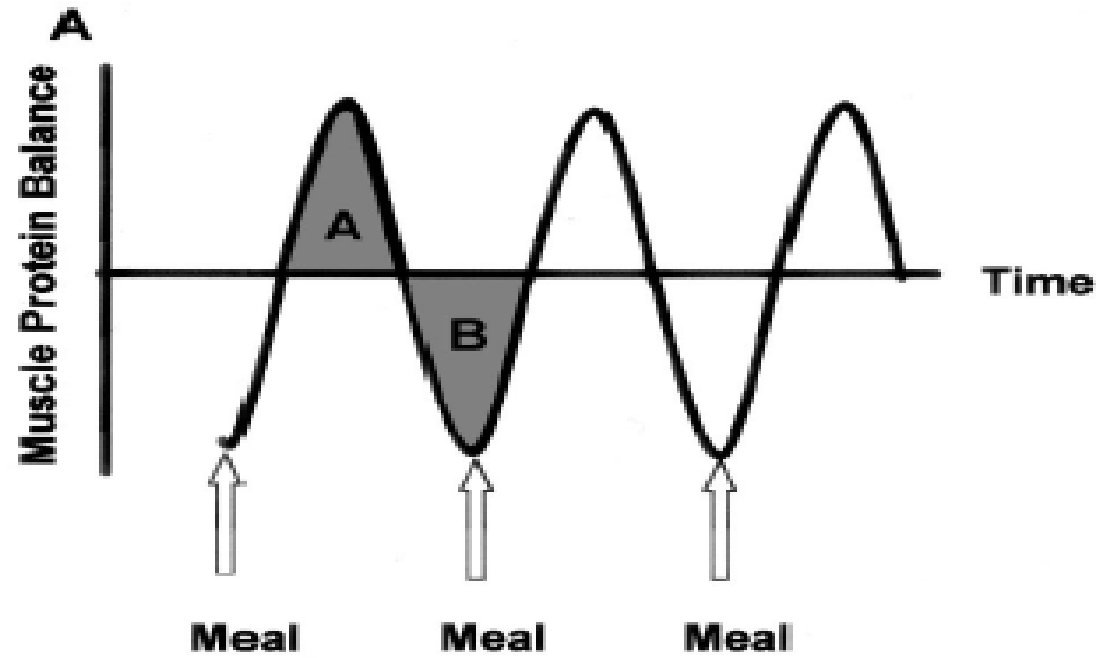
- **από την διαθεσιμότητα των αμινοξέων**
- **από τη χρονική στιγμή πρόσληψης των πρωτεϊνών**
- **από τα επίπεδα ινσουλίνης στο αίμα**
- **από τα επίπεδα άλλων ορμονών και αυξητικών παραγόντων στο αίμα (π.χ. IGF-1, αυξητική ορμόνη, τεστοστερόνη).**
- **το βαθμό μηχανικής καταπόνησης**
- **τα επίπεδα ενυδάτωσης των κυττάρων.**

**Σε μοριακό επίπεδο, η αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης εξαρτάται:**

- **από την αύξηση της μεταγραφής του DNA (αύξηση μορίων αγγελιοφόρου RNA)**
- **από την αύξηση της μετάφρασης (πρωτεϊνικής σύνθεσης)**
- **αύξηση και των δύο παραπάνω παραγόντων**
- **η αύξηση της ινσουλίνης μετά την προπόνηση μπορεί να προκληθεί με την κατανάλωση γεύματος υψηλό σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες.**
- **Ο συνδυασμός διατροφής και αυξημένης αιματικής ροής διπλασιάζει το ρυθμό πρωτεϊνικής σύνθεσης.**
- **Αν η πρόσληψη των αμινοξέων γίνει πριν ακόμη την άσκηση μεγιστοποιείται το αποτέλεσμα της πρωτεϊνικής σύνθεσης.**
- **Η πρόσληψη αμινοξέων μειώνει τον ασκησιογενή τραυματισμό του μυϊκού ιστού ειδικά στις πρώτες προπονήσεις (πιθανά εξαιτίας του μειωμένου πρωτεϊνικού καταβολισμού και τη βελτίωση επιδιόρθωσης του μυϊκού ιστού).**

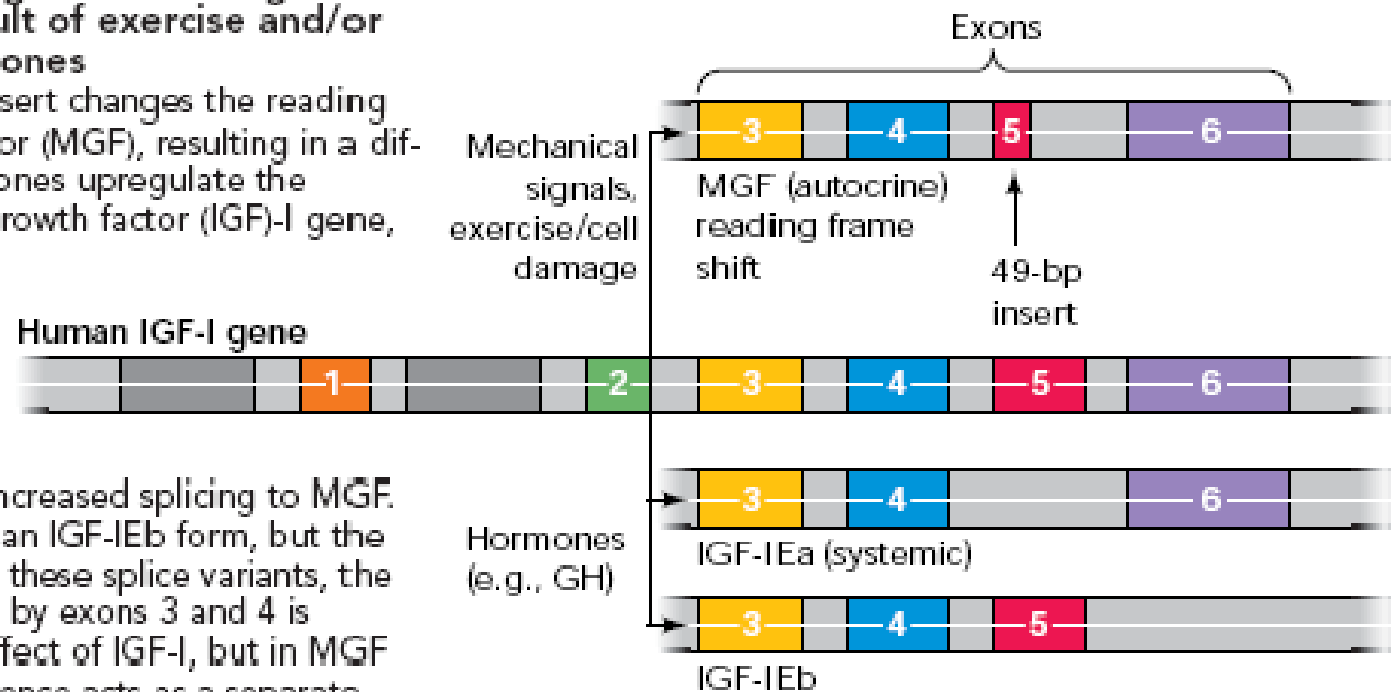


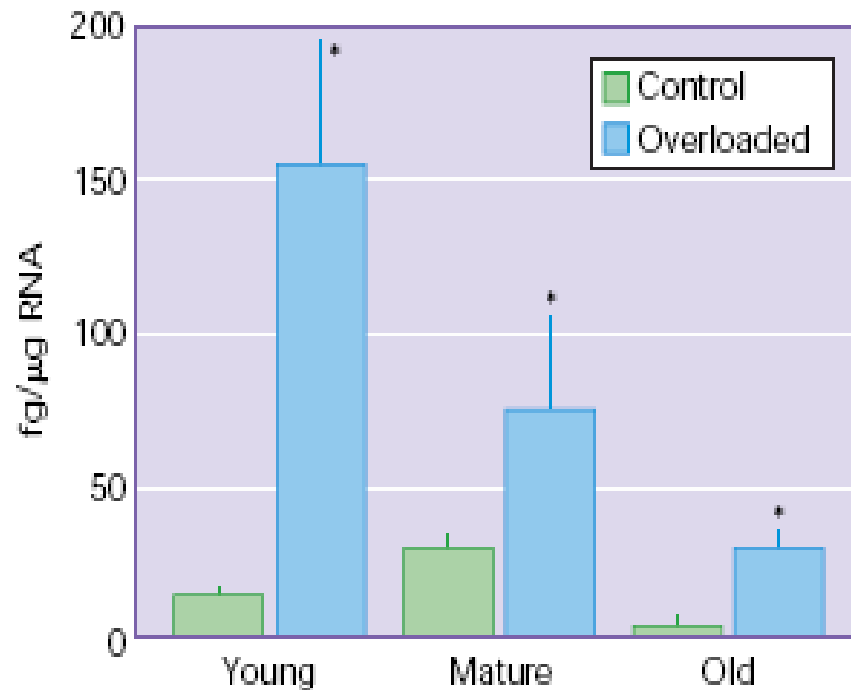
**ΔΙΑΤΡΟΦΗ**  
**&**  
**ΜΥΪΚΗ**  
**ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ**



**FIGURE 1.** The insulin-like growth factor gene is spliced in muscle as a result of exercise and/or muscle damage and hormones

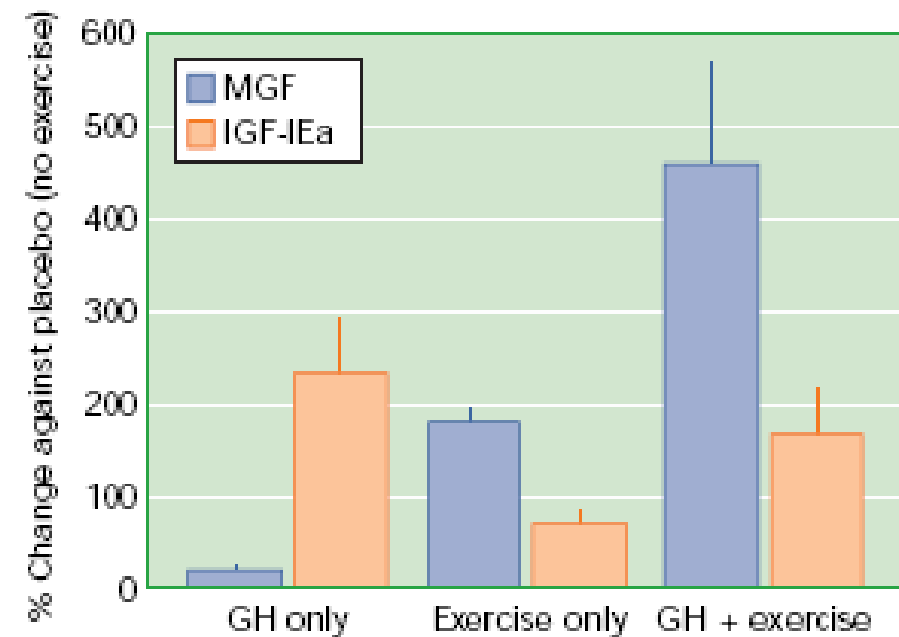
In human muscle, a 49-base insert changes the reading frame in mechano growth factor (MGF), resulting in a different carboxy peptide. Hormones upregulate the expression of the insulin-like growth factor (IGF)-I gene, particularly IGF-IEa; e.g., growth hormone (GH) apparently upregulates the primary RNA transcript of the IGF-I gene, and when combined with exercise training, it results in increased splicing to MGF. Human muscle also expresses an IGF-IEb form, but the function is not known. In all of these splice variants, the IGF receptor domain encoded by exons 3 and 4 is responsible for the anabolic effect of IGF-I, but in MGF the downstream peptide sequence acts as a separate growth repair factor.





**FIGURE 2.** MGF expression in the soleus and plantaris muscle of after 5 days of surgical overload induced by tendon obliteration for young, mature, and old rats

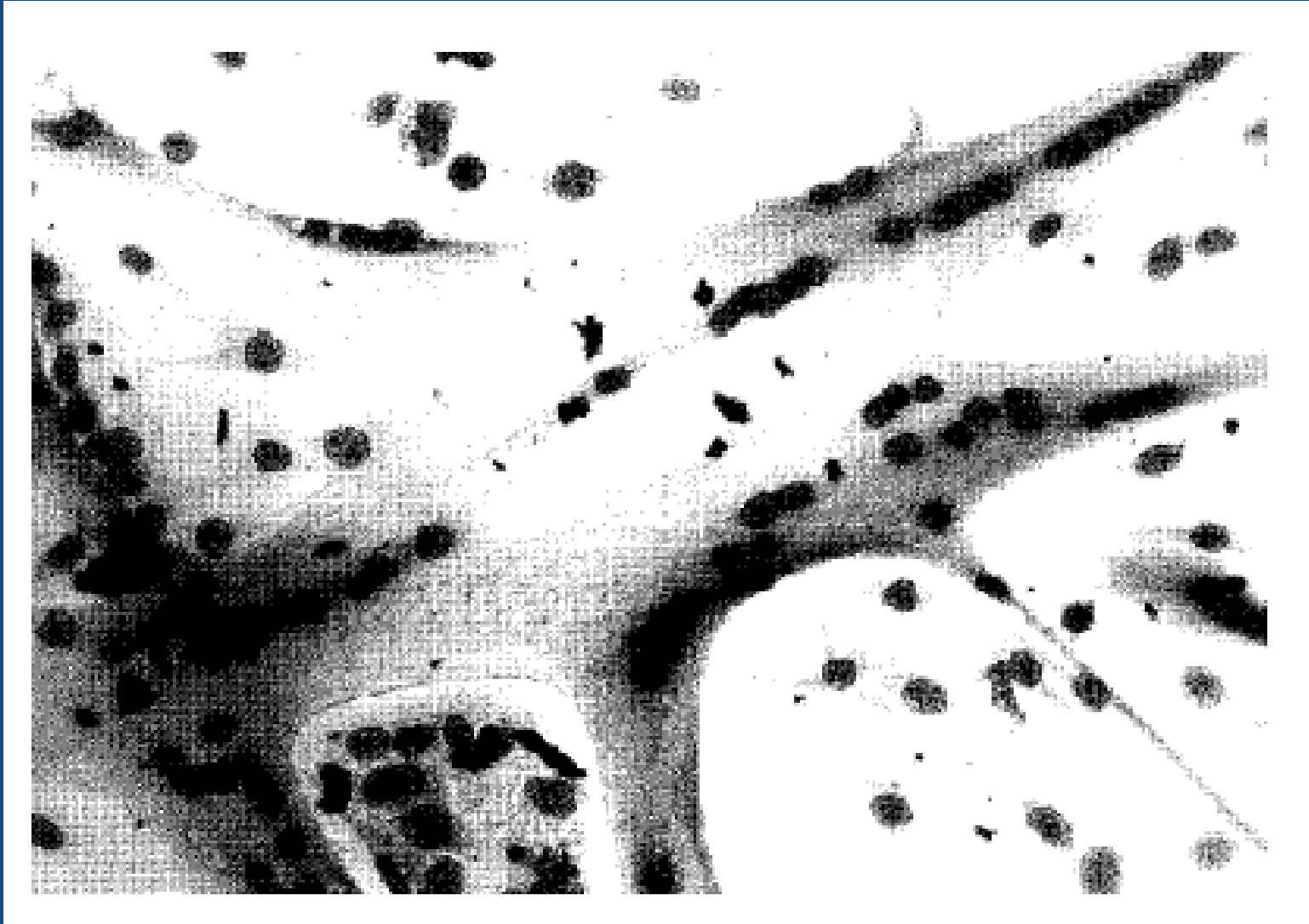
Data are from Owino et al. (22). \* $P < 0.05$  for overloaded muscle vs. control.



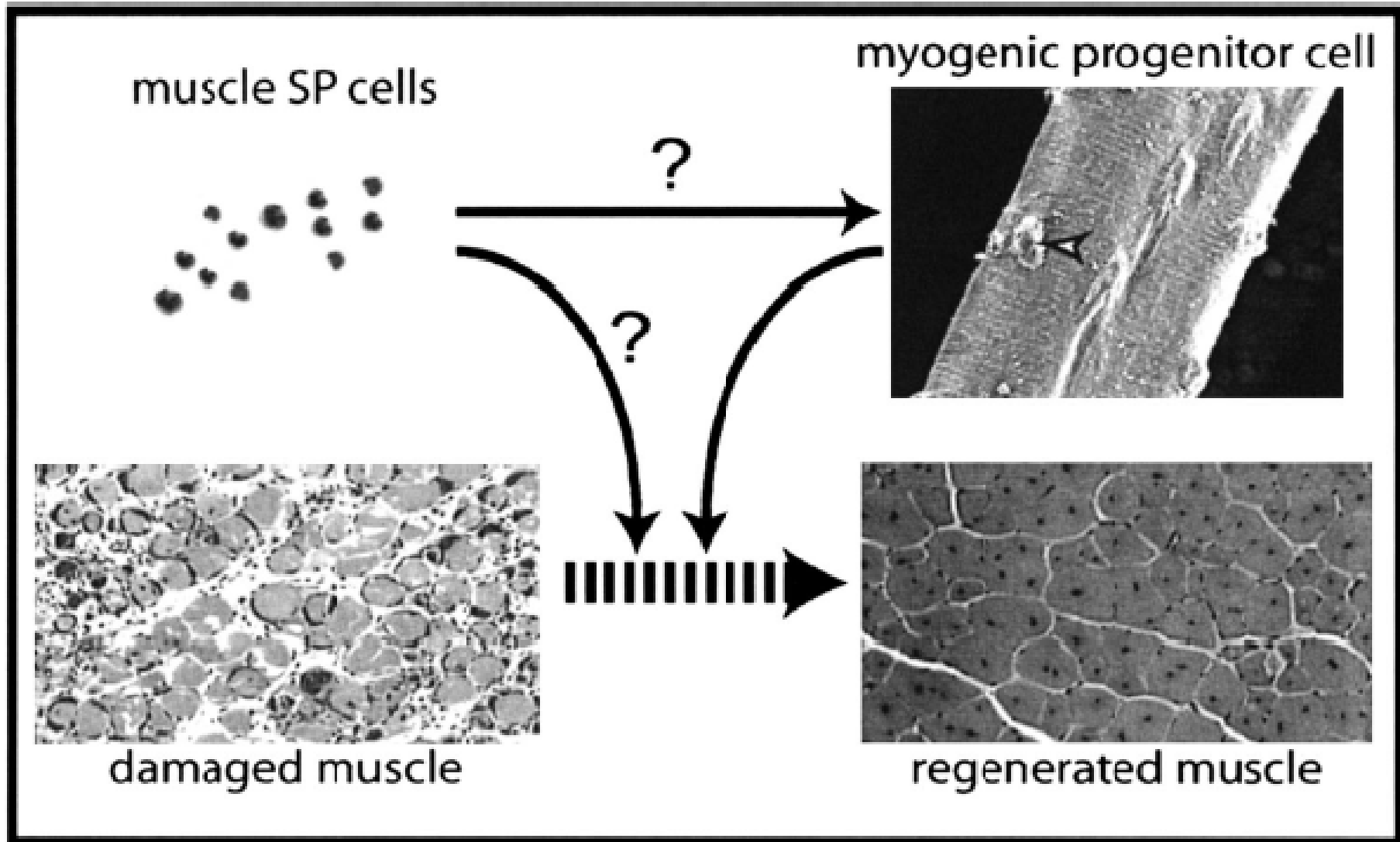
**FIGURE 3.** Expression of MGF and IGF-IEa as a percentage change in the quadriceps muscles of elderly men with resistance exercise training with and without GH administration after training

Data are from Hameed et al. (15) and are means  $\pm$  SE. \* $P < 0.05$  vs. baseline.

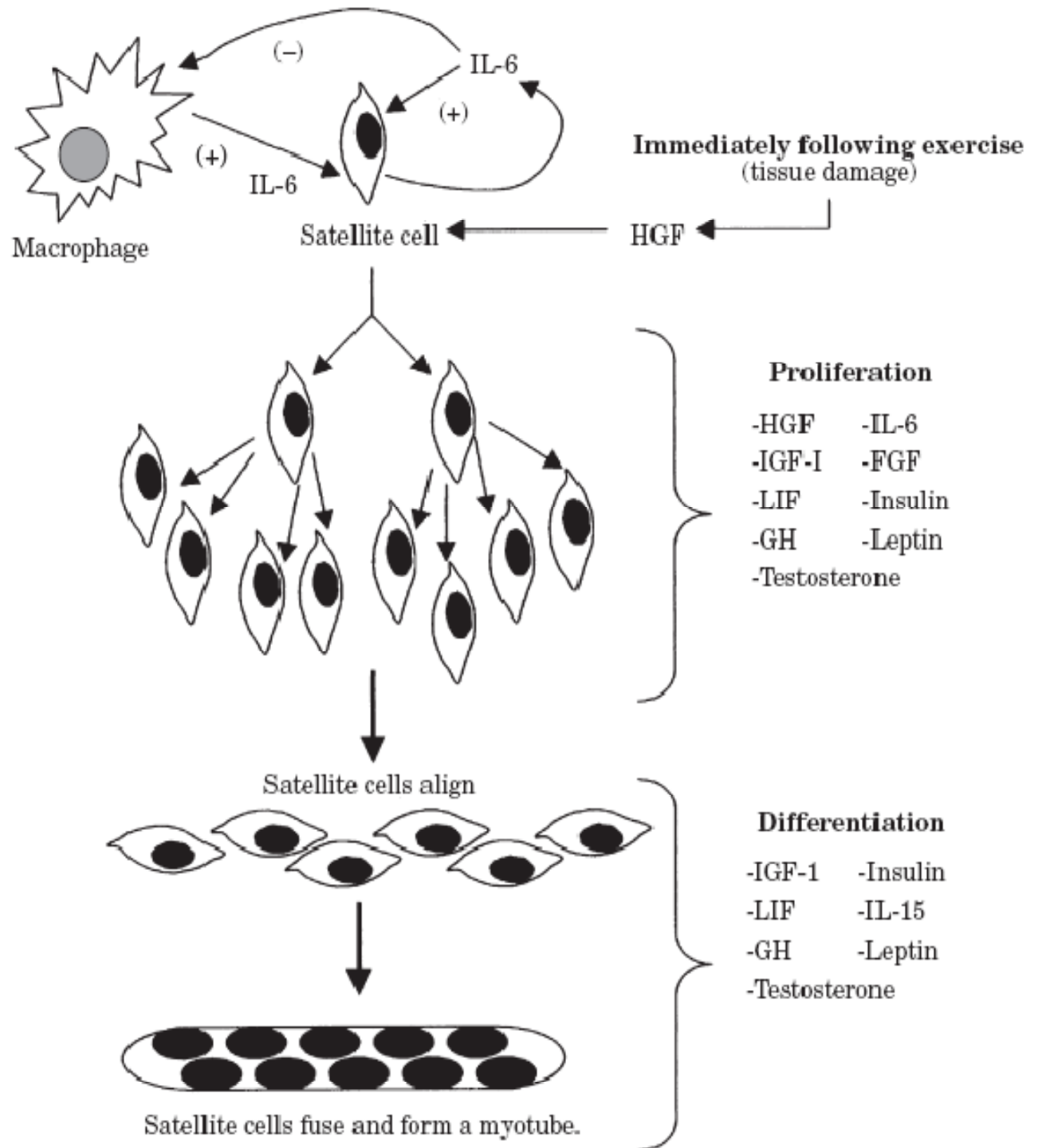
# *ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ ΣΕ ΜΥΟΪΝΙΔΙΟ*



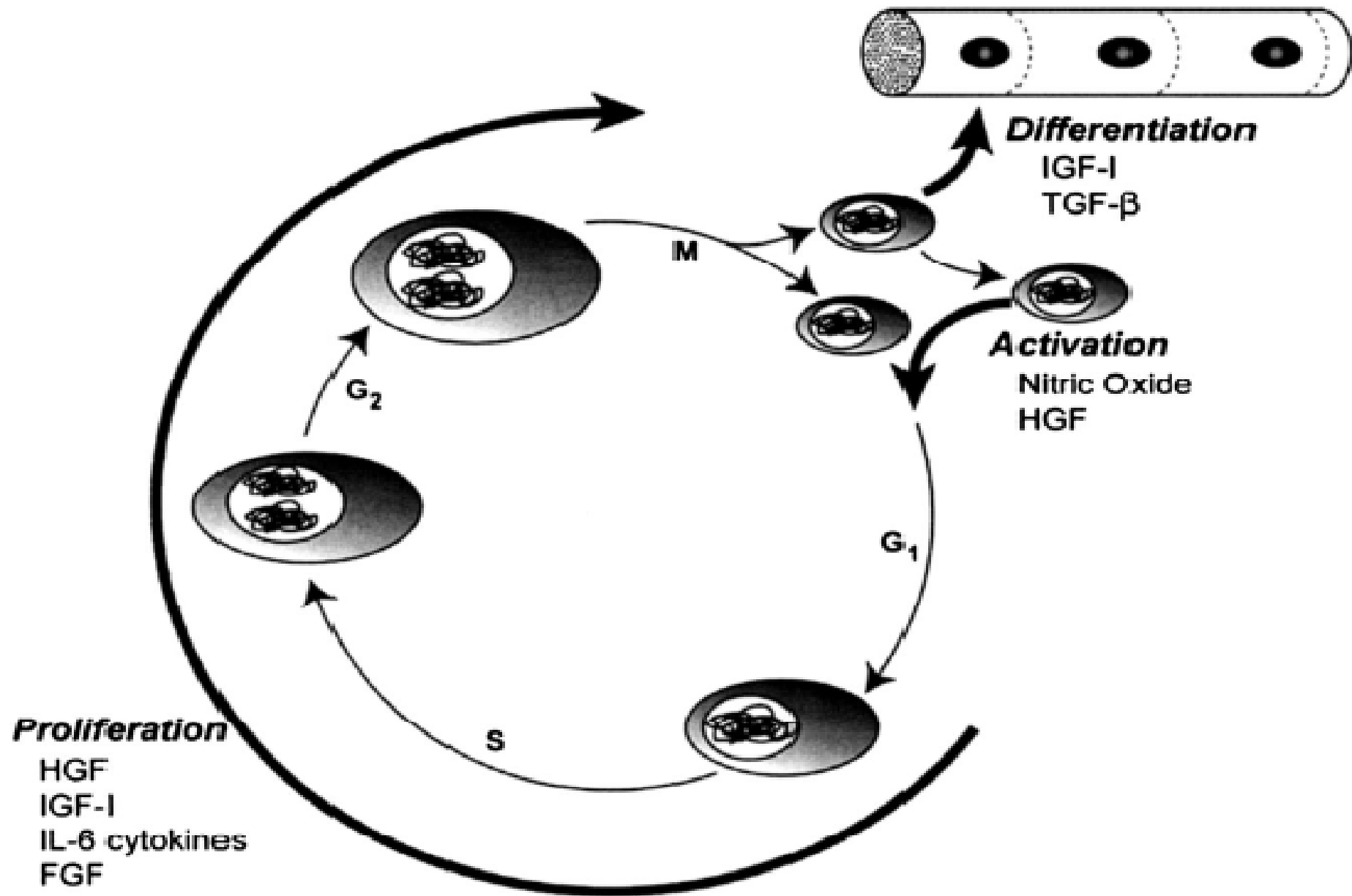
# *ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ/ΕΠΟΥΛΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟ*



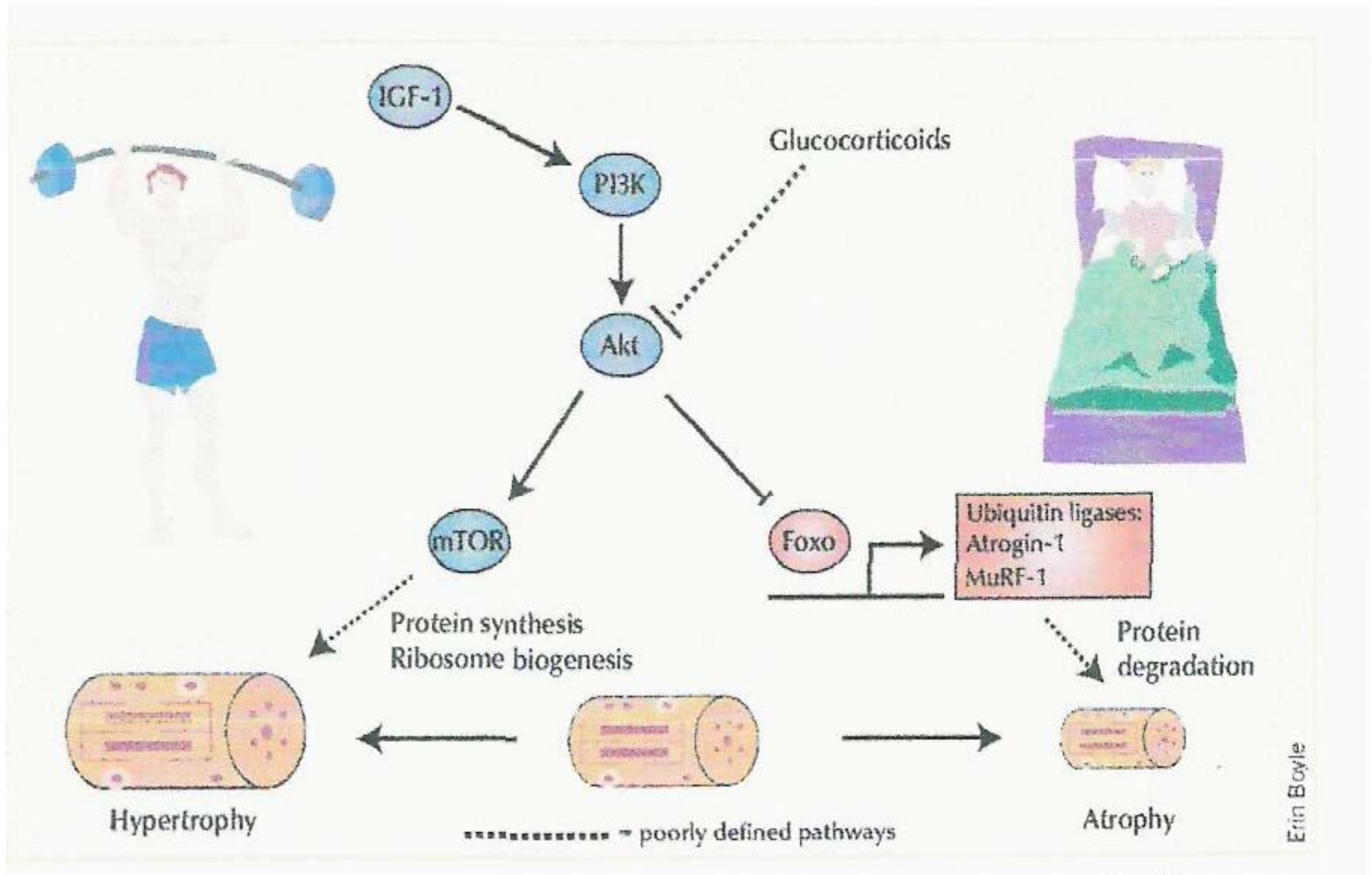
**Η  
ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ  
ΤΩΝ  
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ  
ΚΥΤΤΑΡΩΝ**



# ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ/ΕΠΟΥΛΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟ



# Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ



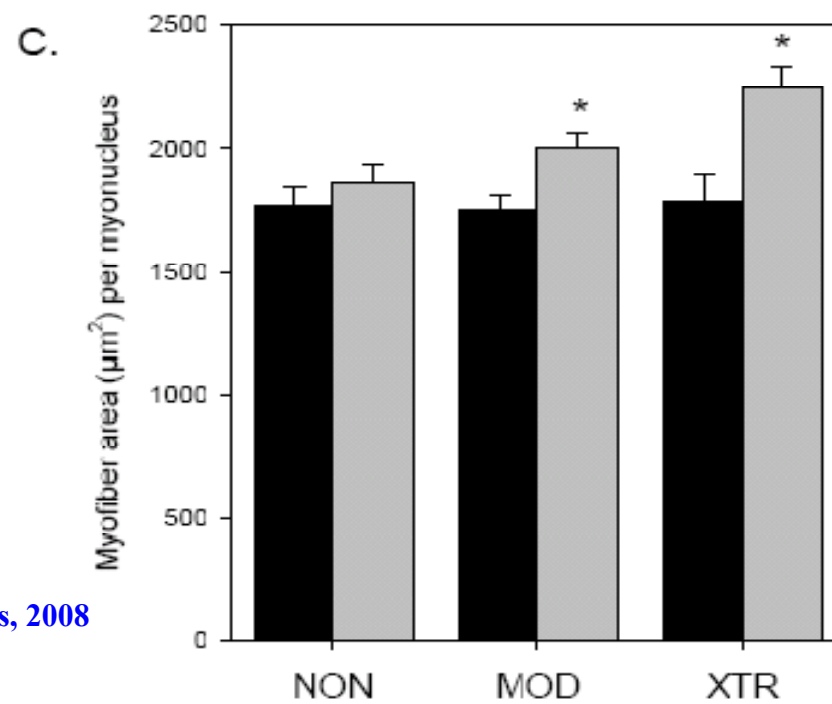
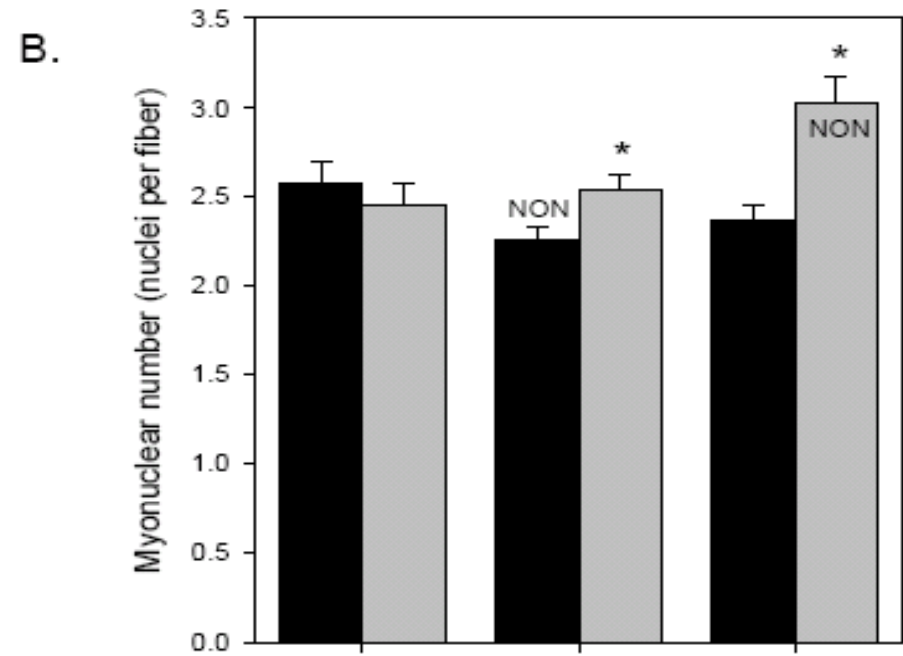
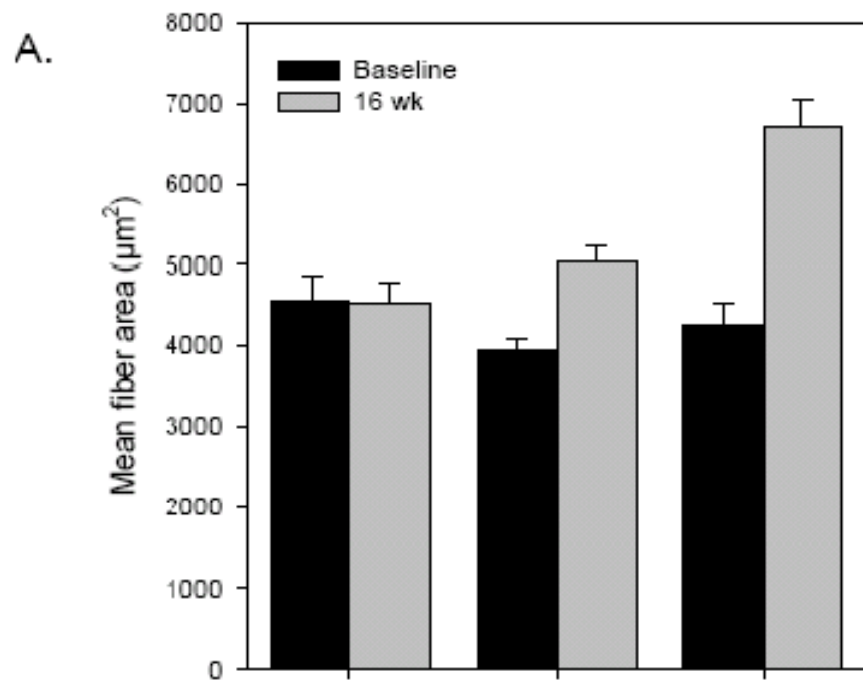


# **Η Υπερτροφία των Μυοϊνιδίων μετά από Προπόνηση Μυϊκής Ενδυνάμωσης με Αντιστάσεις Συνδέεται με την Προσθήκη Πυρήνων από τα Δορυφορικά Κύτταρα**

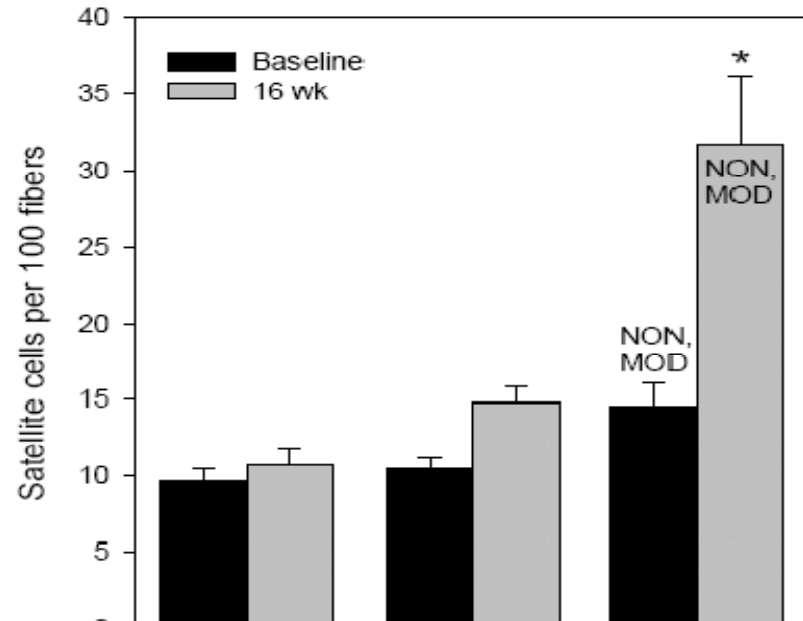
**Petrella JK, et al., Journal of Applied Physiology, in press, 2008**

Η συγκεκριμένη μελέτη προτείνει ότι:

1. Η προσθήκη πυρήνων στην μυϊκή ίνα μέσω των δορυφορικών κυττάρων αποτελεί μάλλον απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη υπερτροφίας των μυοϊνιδίων στους ανθρώπους.
2. Τα άτομα που διαθέτουν υψηλότερα αρχικά επίπεδα δορυφορικά κύτταρα διαθέτουν μεγαλύτερη δυνατότητα περαιτέρω αύξησης των επιπέδων δορυφορικών κυττάρων, ενσωμάτωσης νέων πυρήνων στα μυϊκά κύτταρα και υπερτροφίας με την προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης με αντιστάσεις.

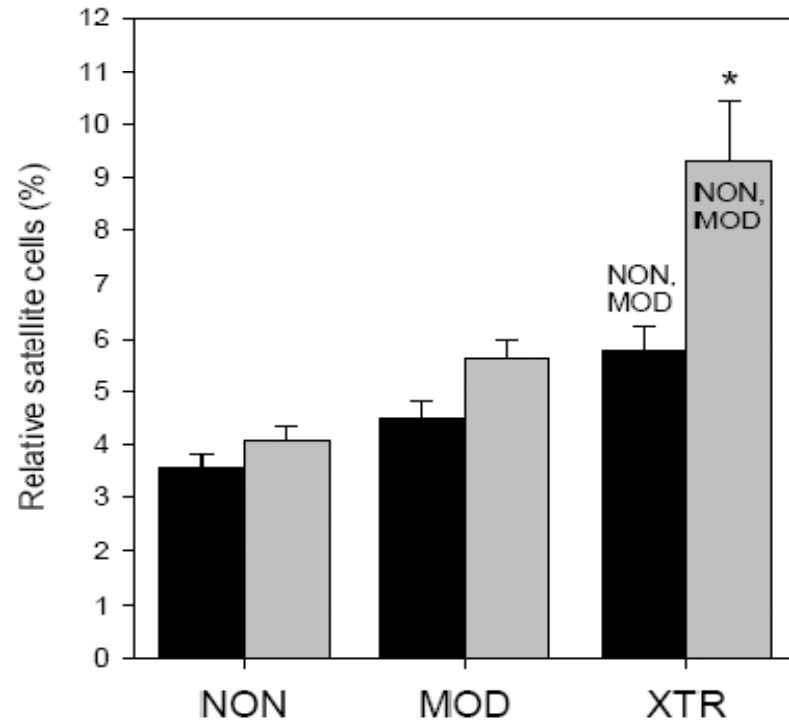


A.

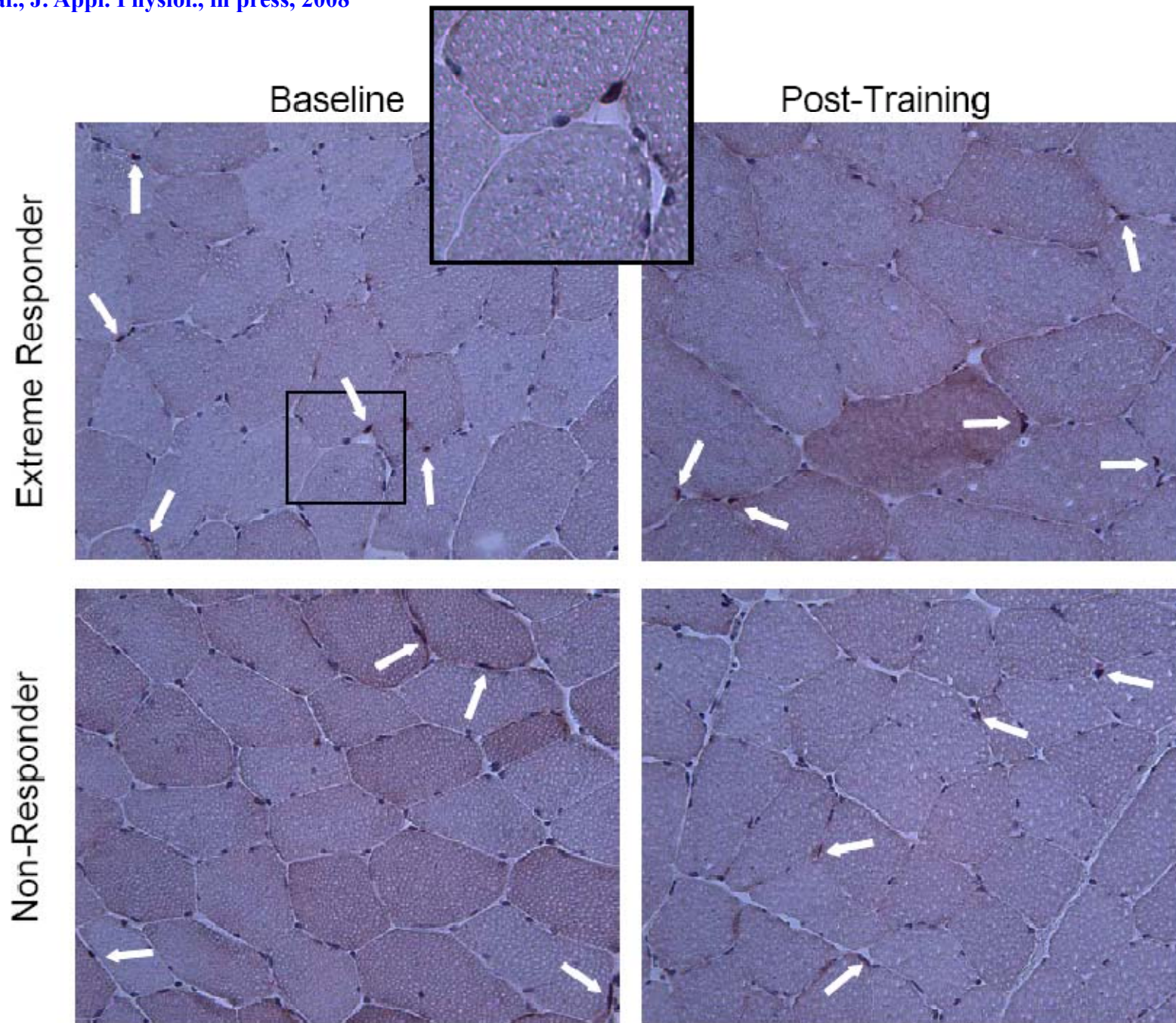


Η αύξηση των δορυφορικών κυττάρων με την προπόνηση διαφέρει μεταξύ των ατόμων

B.



Petrella et al., J. Appl. Physiol., in press, 2008



# NEA ANAKALYPSH: O PARAGONTAS SrF EINAI AYTOΣ POU EPIHREAZEI THN ENERGOPOIΗΣH TΩN ΔOPYΦOPΩN KYTTAPΩN

Cell Metabolism  
Article

Cell  
PRESS

## SrF-Dependent Paracrine Signals Produced by Myofibers Control Satellite Cell-Mediated Skeletal Muscle Hypertrophy

Alireza Ghazizadeh,<sup>1,2,3,4</sup> Christophe Lohmeiser,<sup>1,2,3,4,5</sup> Sophie Hébert,<sup>1,2,3</sup> Laura Collard,<sup>1,2,3</sup> Dany Gaudin,<sup>1,2,3</sup> Margyline Faller,<sup>1,2,3</sup> Nicolas Cognard,<sup>1,2</sup> Stéphanie Satorre-Pichon,<sup>1,2</sup> Guillaume Péroche,<sup>1,2,3</sup> Lucie Garcia,<sup>1,2,3</sup> David Tall,<sup>1,2,3</sup> Dominique Dargatzis,<sup>1,2,3</sup> and Athanasios Katsisopoulos<sup>1,2,3,4,5</sup>  
<sup>1</sup>INSERM U1204, Institut Curie, F-75004 Paris, France  
<sup>2</sup>INSERM U1163, F-75004 Paris, France  
<sup>3</sup>INSERM U1163, Université Paris Descartes, F-75004 Paris, France  
<sup>4</sup>Université Paris Descartes, F-75004 Paris, France  
<sup>5</sup>INSERM U1204, Institut Néologie, F-75003 Paris, France  
<sup>6</sup>INSERM U1163, F-75003 Paris, France  
<sup>7</sup>Université Pierre et Marie Curie, F-75004 Paris, France  
\*These authors contributed equally to this work.  
†The copyright holder for this preprint (which was not certified by peer review) is the author/funder, who has granted bioRxiv a license to display the preprint in perpetuity. It is made available under aCC-BY 4.0 International license.

### SUMMARY

Adult skeletal muscle re-adapt to their fiber size to workload. We show that serum response factor (Srf) is required for satellite cell-mediated hypertrophic muscle growth. Deletion of *Srf* from myofibers and not satellite cells blunts overload-induced hypertrophy, and impairs satellite cell proliferation and recruitment to pre-existing fibers. We reveal a gene network in which *Srf* within myofibers modulates interleukin-6 and cyclooxygenase-2/interleukin-6 co-expression and therefore exerts a paracrine control of satellite cell functions. *Il6* *l*-deleted muscles, in vivo overexpression of interleukin-6 is sufficient to restore satellite cell proliferation but not satellite cell fusion and overall growth. In contrast, cyclooxygenase-2/interleukin-6 overexpression rescues satellite cell recruitment and muscle growth without affecting satellite cell proliferation, identifying altered fusion as the limiting cellular event. These findings unravel a role for *Srf* in the translation of mechanical cues applied to myofibers into paracrine signals, which in turn will modulate satellite cell functions and support muscle growth.

### INTRODUCTION

Adult skeletal muscle is a highly plastic tissue, the mass of which changes in response to environmental cues and physiological stimuli. The basic cellular building blocks of adult muscle are the multinucleated myofibers, which are able to grow during postnatal growth, during regeneration after injury, and in response to a functional demand such as external loads.

Myofibers can grow following the addition of new contractile proteins to pre-existing sarcomeric units, which involve

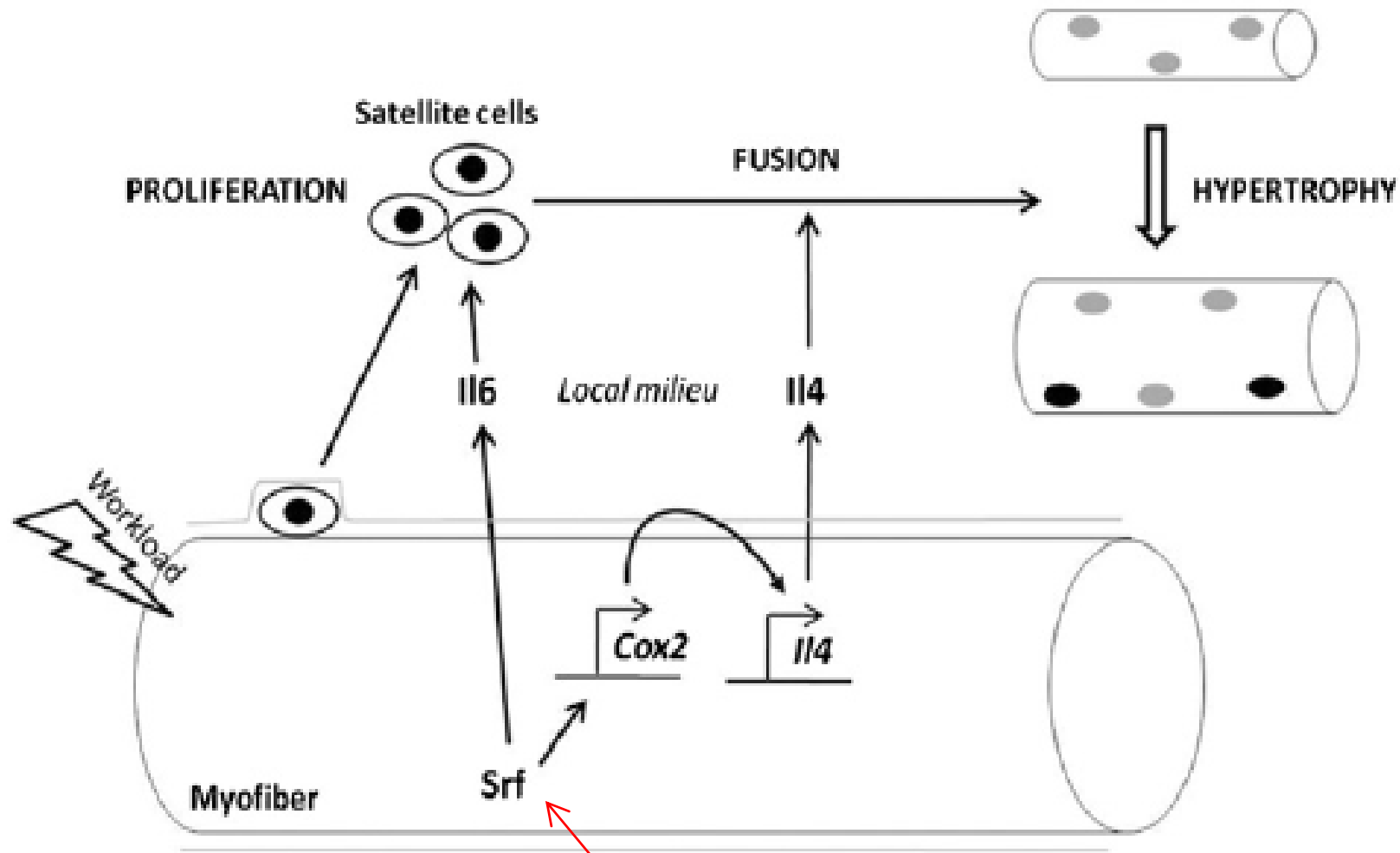
the phosphorylation of myosin heavy chain (MHC) signaling pathway. Anabolic hormones, such as insulin-like growth factor 1 (IGF-1), induce myofiber hypertrophy by activating the Akt pathway and the transcription machinery through mTOR, MEK1, and CREB1 (Blum, 2010). Postnatal myofiber growth can also result from the activation of new nuclei provided by muscle stem cells called satellite cells. Once activated in response to the adaptive requirements of the muscle, satellite cells go through an ordered series of events, including proliferation, migration, and fusion to generate myofibers (Lohmeiser and Hubball, 2010).

A large set of genes in the sarcomeric proteins modulate the proliferation and differentiation of satellite cells (Young et al., 2005). Among them, interleukin 6 (IL6), a cytokine elevated at high concentrations in contracting muscle fibers and after exercise (Lohmeiser et al., 2002; Peterson et al., 2002), enhances satellite cell proliferation and migration during muscle hypertrophy (Peterson et al., 2000). Muscle-secreted interleukin 6 (IL6) promotes muscle regeneration and postnatal growth by facilitating the migration of myoblasts (Lohmeiser et al., 2005) and the fusion of myoblasts to nascent myofibers (Horsley et al., 2002). Prostaglandins produced by cyclooxygenase (COX) enzymes, which acting on the rate-limiting step in the synthesis of bioactive lipids prostaglandins, also regulate satellite cell behavior. In particular, COX2 inhibition abrogates COX2-derived prostaglandins, modulate satellite cell proliferation, migration, and fusion (Horsley et al., 2002; Liu et al., 2004; Sun et al., 2004).

Although significant progress has been made in understanding the signaling pathways that control muscle mass, the molecules that sense muscle overload and translate it into signals that support hypertrophy are unclear. Furthermore, very little is known about the transcription factors and target genes that are involved in controlling adult muscle growth.

Serum response factor (SRF) is a ubiquitously expressed transcription factor that binds the CArG box sequence. One major class of SRF targets is represented by promoters in muscle and comprises several genes encoding sarcomeric proteins

# Ο Srf ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙ ΤΙΣ ΜΥΟΚΙΝΕΣ ΠΟΥ ΜΕ ΤΗ ΣΕΙΡΑ ΤΟΥΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΟΥΝ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΑ ΚΥΤΤΑΡΑ



ΑΥΤΟΣ ΑΠΟ ΠΟΙΟΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙΤΑΙ;