

Φροντιστήριο 1:
Αξιολόγηση της Μυϊκής Δύναμης και Ισχύος



6^ο Συνέδριο Βιοχημείας
και
Φυσιολογίας της Άσκησης

Υποστηρικτής:



Χορηγοί:

Ελληνική Εταιρεία
Βιοχημείας και Φυσιολογίας
της Άσκησης

 Μ.Ι. ΠΡΙΝΙΩΤΑΚΗΣ Α.Ε.Β.Ε.

 **serlntb**

Φροντιστήριο 1:
**Αξιολόγηση της Μυϊκής Δύναμης
και Ισχύος**

6^ο Συνέδριο Βιοχημείας
και
Φυσιολογίας της Άσκησης



**Αξιολόγηση Μυϊκής Απόδοσης:
Μέγιστη δύναμη και ρυθμός
ανάπτυξης δύναμης (RFD)**

**Γρηγόρης Μπογδάνης,
Επίκουρος Καθηγητής
Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α**

Τεχνική υποστήριξη & Συνεργασία:
Αθ. Τσούκος, MSc., Υποψήφιος Διδάκτωρ Σ.Ε.Φ.Α.Α. Ε.Κ.Π.Α
Σ. Μεθενίτης, MSc., Διδάκτωρ Σ.Ε.Φ.Α.Α. Ε.Κ.Π.Α

Ελληνική Εταιρεία
Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης

ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ/ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

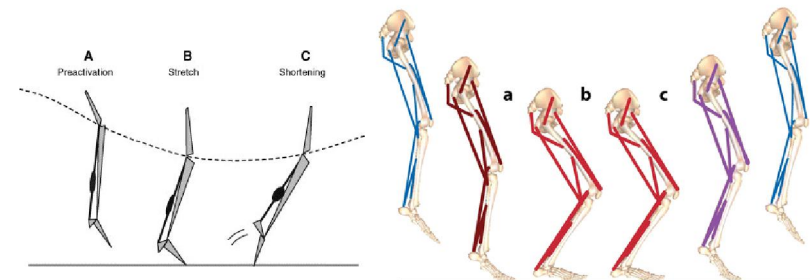
- ✓ Η δύναμη & ισχύς είναι η βάση για τη βελτίωση και εξέλιξη της τεχνικής (ιδίως σε ατομικά και ομαδικά αθλήματα που απαιτούν δύναμη και ισχύ)
- ✓ Εξακρίβωση των δυνατοτήτων και αδυναμιών του αθλητή και στοχευμένη βελτίωση με προσαρμοσμένα προπονητικά προγράμματα
- ✓ Ποσοτικοποίηση της βελτίωσης των διαφόρων παραμέτρων δύναμης και ισχύος μετά την εφαρμογή προπονητικών προγραμμάτων
- ✓ Επιστροφή στην ενεργό δράση μετά από μυϊκό τραυματισμό



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

3

Κύκλος διάτασης-σύσπασης (Stretch-shortening cycle)



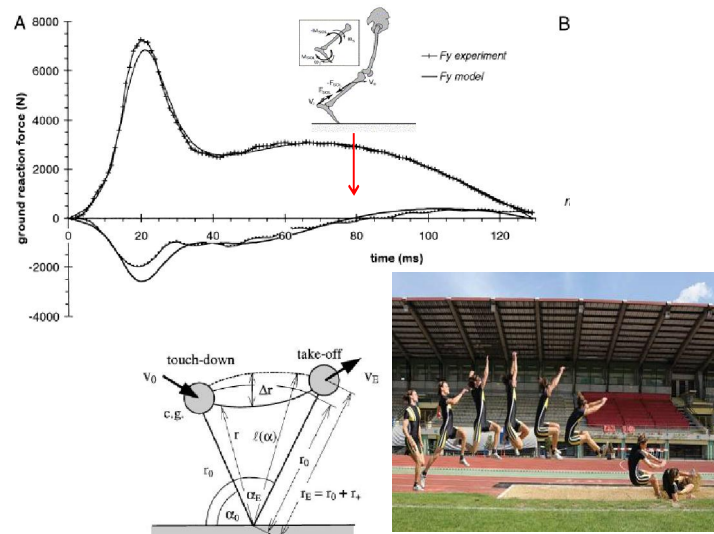
Neptune RR, et al. 2009.
Annu. Rev. Biomed. Eng. 11:81–107

Komi, 2000, Neptune et al., 2009

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

4

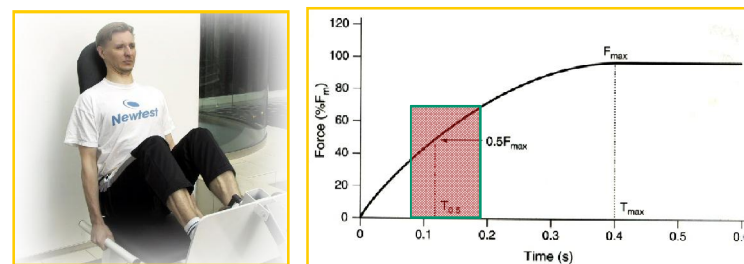
Δυνάμεις αντίδρασης εδάφους στο άλμα σε μήκος



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

Seyfarth et al., (1999)

«Εκρηκτική» δύναμη και ρυθμός ανάπτυξης δύναμης (RFD)



Motion	Time (s)
Takeoff	
Sprint running	0.08–0.10
Long jump	0.11–0.12
High jump	0.18

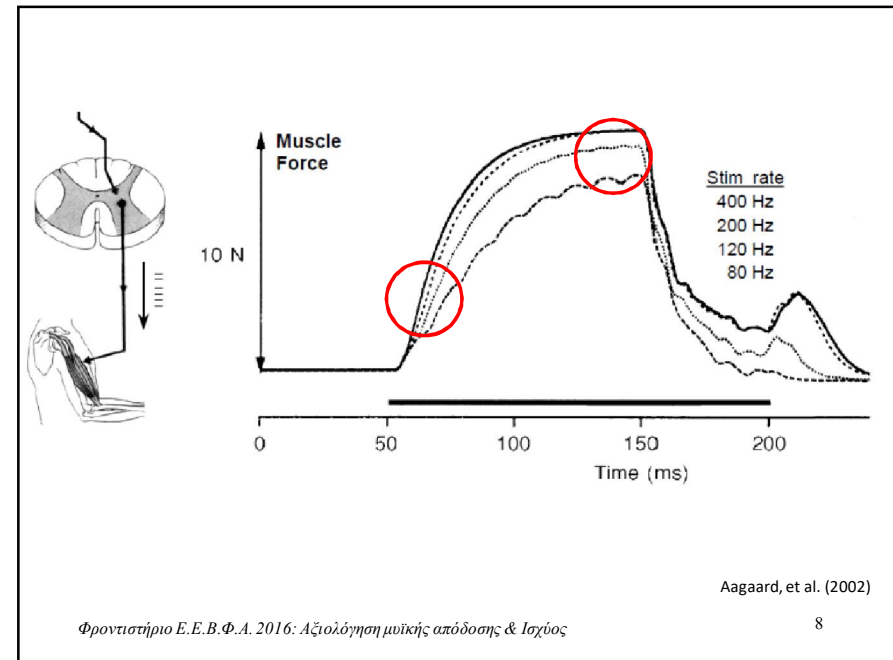
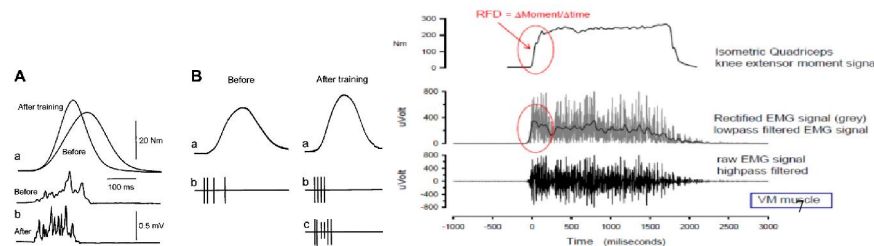
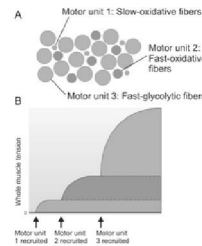
Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

6

Νευρικοί παράγοντες:

1. Αύξηση του ρυθμού «πυροδότησης» κινητικών μονάδων (η κύρια παράμετρος που επηρεάζει τον αρχικό RFD <0-75ms)
2. Συγχρονισμός των κινητικών μονάδων (Intramuscular coordination)
3. Συντονισμός μεταξύ των μυϊκών ομάδων (Intermuscular coordination)

Παράγοντες που προσδιορίζουν τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (RFD)

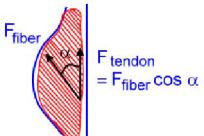


Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

Παράγοντες που προσδιορίζουν τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (RFD)

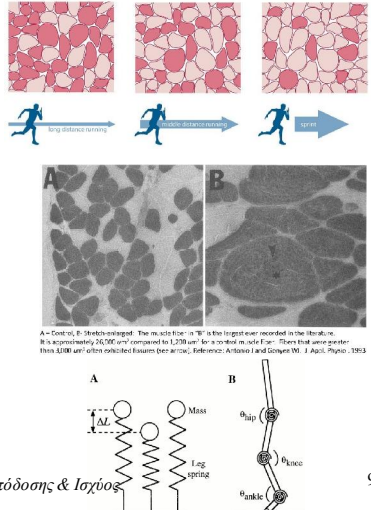
Μυϊκοί παράγοντες:

1. Κατανομή του τύπου των μυϊκών ινών
2. Εγκάρσια διατομή μυϊκών ινών
3. Γωνία πρόσφυσης
4. Σκληρότητα μυών και τενόντων



$F_{\text{tendon}} = F_{\text{fiber}} \cdot \cos \alpha$

Πennate Muscle

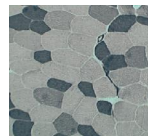


A = Control; B = stretched. The muscle fiber in B is the largest ever recorded in the literature. It is approximately 26,500 μm^2 compared to 1,250 μm^2 for a control muscle fiber. There is also greater than 400% increase in the number of nuclei. Reference: Aravanis and Squire (2011). J. Appl. Physiol. 103:1031-1038.

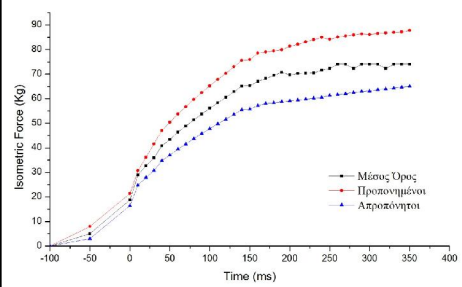
A = Control; B = stretched. The muscle fiber in B is the largest ever recorded in the literature. It is approximately 26,500 μm^2 compared to 1,250 μm^2 for a control muscle fiber. There is also greater than 400% increase in the number of nuclei. Reference: Aravanis and Squire (2011). J. Appl. Physiol. 103:1031-1038.

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

9



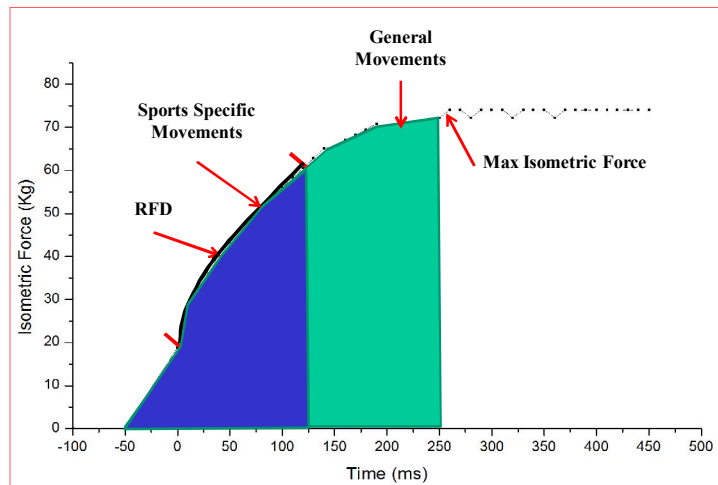
Ο ρυθμός ανάπτυξης δύναμης (RFD) σχετίζεται άμεσα με το ποσοστό μυϊκών ινών ταχείας σύσπασης



Methenitis et al. (2011)

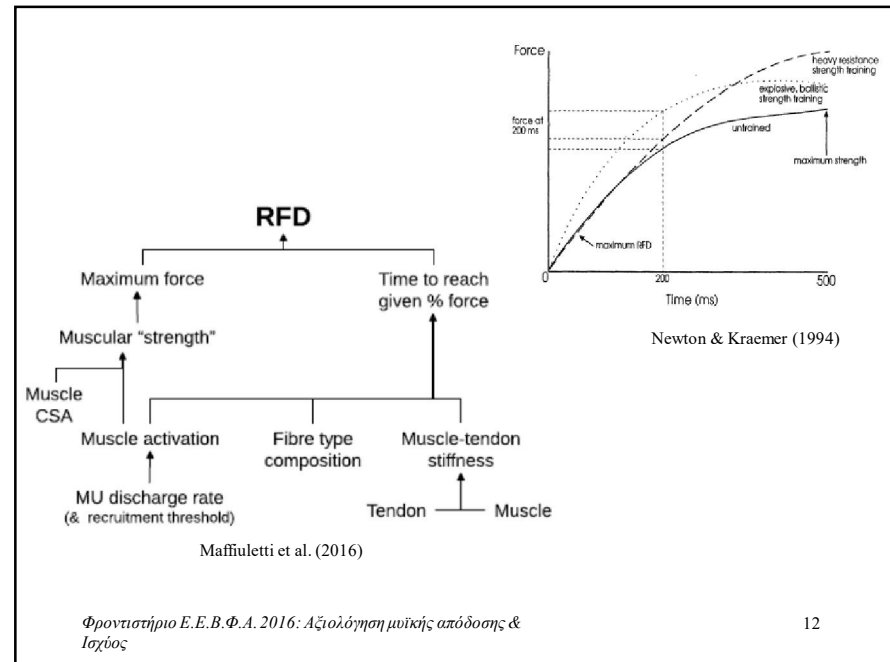
Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

10



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

11



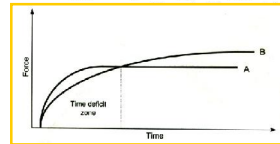
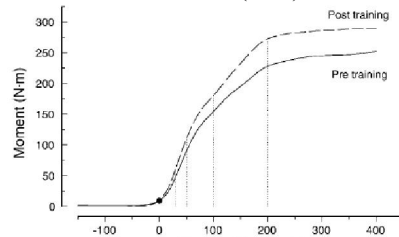
Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

12

Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης (RFD)

Προπόνηση κάτω άκρων με αντιστάσεις για 14 εβδομάδες

Επιβάρυνση 4-6 RM (εκρηκτική εκτέλεση)
Βελτίωση μέγιστης δύναμης: 17%
RFD (15%)



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

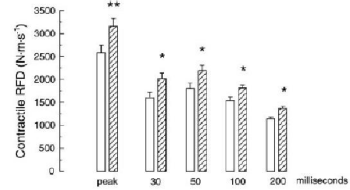
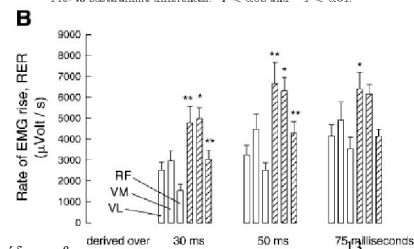
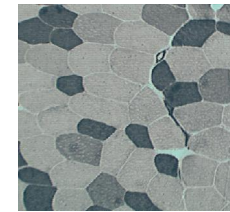


Fig. 3. Contractile RFD (means $\pm$ SE) before (open bars) and after (hatched bars) 14 wk of heavy-resistance strength training. RFD (Amplitude/Time) was calculated in time intervals of 0–30, 50, 100, and 200 ms (Δ time) from the onset of contraction. In addition, peak RFD was determined within the early contraction phase (0–200 ms). Pre- to posttraining differences: * $P < 0.05$ and ** $P < 0.01$.



Aagaard et al. (2002)



	I	IIA	IIX
Ποσοστιαία αναλογία ινών (%)	58 $\pm$ 2.5 vs. 56 $\pm$ 1.9 %	31 $\pm$ 1.8 vs. 41$\pm$2.0%	11 $\pm$ 1.7 vs. 3.9$\pm$1.0
		P<0.001	P<0.001
Ποσοστό εμβαδού (%)	54 $\pm$ 2.5 vs. 49 $\pm$ 2.0 %	36 $\pm$ 2.1 vs. 47$\pm$2.2	9.9 $\pm$ 1.6 vs. 4.0$\pm$4.0
	P=0.06	P<0.001	P<0.05

MHC I
(βραδείας
συστολής)

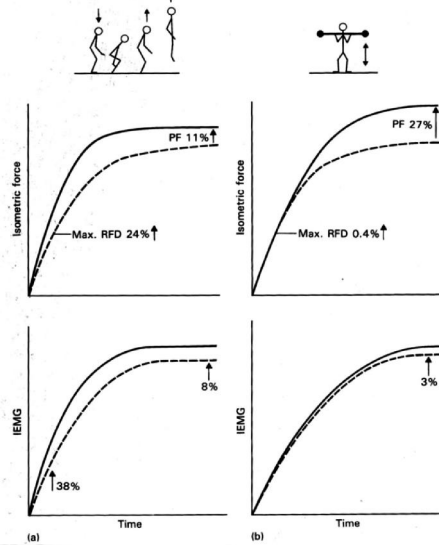
MHC IIA
(ταχείας,
ενδιάμεσες)

MHC IIX
(ταχείας
συστολής)

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

Andersen et al. (2010)

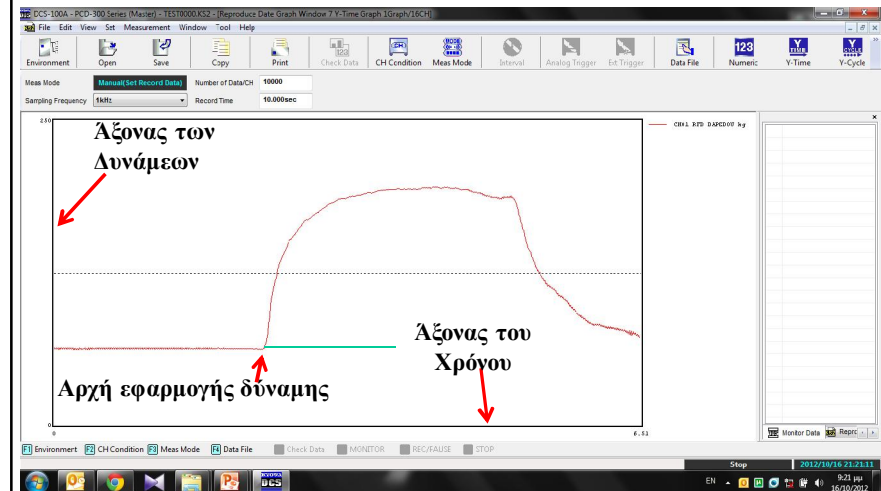
Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης (RFD)



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

15

Μέτρηση μέγιστης ισομετρικής δύναμης υπολογισμός ρυθμού ανάπτυξης δύναμης (RFD)



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

16

Βαθμονόμηση Λογισμικού DSC -100A

ID No.	Device Name	Measurement Output	Unit	Range	Offset	High Preset	Low Preset	Offset	Unit	Detector	
01		Voltage	V	20V	OFF	FLAT	FLAT	19.000	121.50	sg	Δ/Δ
02		Voltage	V	10V	OFF	FLAT	FLAT	1.0000	0.0000	V	Auto
03		Voltage	V	10V	OFF	FLAT	FLAT	1.0000	0.0000	V	Auto
04	Master										RFD DAREDOU

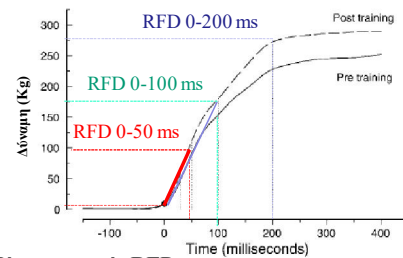
Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

Βαθμονόμηση δυναμοπλατφόρμας (Calibration)

- Θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα γνωστό βάρος πάνω στη δυναμοπλατφόρμα.
- Ρυθμίζουμε τις τιμές του Cal Coefficient ώστε να μας δίνει το μηχάνημα το αντίστοιχο πραγματικό βάρος
- Ευθύγραμμη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

Υπολογισμός ρυθμού ανάπτυξης δύναμης (RFD)



Υπολογισμός RFD
 διαφορά δύναμης : διαφορά χρόνου
 π.χ. RFD 0-100 ms
 Διαφορά δύναμης=174 kg
 Διαφορά χρόνου= 100 ms ή 0.1 s
 $RFD = 174 : 0.1 = 1740 \text{ kg/s}$ ή 17069 N/s
 (1 kg = 9.81 N)

Μέγιστες τιμές RFD

(Hakkinen & Myllyla, 1990)

Αθλητές ισχύος: $48100 \pm 6700 \text{ N/s}$

Αθλητές αντοχής : $30700 \pm 8000 \text{ N/s}$

Άσκηση:

Υπολογίστε τον RFD 0-200 ms από τις τιμές του γραφήματος

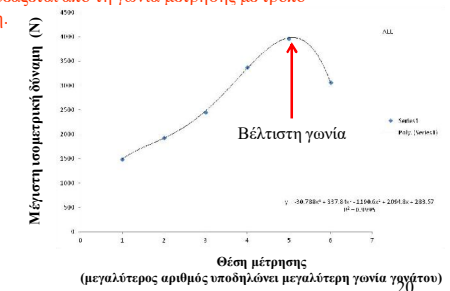
Όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα υπολογισμού του RFD, τόσο μικραίνει η τιμή του

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

19

Σημαντικά σημεία αξιολόγησης μέγιστης ισομετρικής δύναμης

1. Η μέτρηση της ισομετρικής μέγιστης δύναμης επηρεάζεται πολύ από τη γωνία των αρθρώσεων (γονάτου και ισχίου), κυρίως λόγω της μηκο-δυναμικής σχέσης αλλά και των μοσλόν.
2. Υπάρχει μια «αδανική» γωνία αρθρώσεων (π.χ. γονάτου και ισχίου στο leg press), στην οποία επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη τιμή ισομετρικής δύναμης. Αυτή η γωνία είναι ελαφρά διαφορετική για κάθε άτομο
3. Για να εξασφαλίσουν συγκρισιμότητα των μετρήσεων, η θέση του κορμού είναι κατακόρυφη ή με μικρή κλίση προς τα πίσω, ενώ γωνία του γονάτου καθορίζεται στις 90° στο leg press.
4. Ο ρυθμός ανάπτυξης δύναμης (RFD) επηρεάζεται από τη γωνία μέτρησης με τρόπο ανάλογο με τη μέγιστη ισομετρική δύναμη.



Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

20

Σημαντικά σημεία μεθοδολογίας κατά την αξιολόγηση του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης (RFD)

1. Η μέτρηση του RFD επηρεάζεται πολύ από τη γωνία των αρθρώσεων (γονάτου και ισχίου), κυρίως λόγω της μηκο-δυναμικής σχέσης αλλά και των μοχλών.
2. Χρησιμοποίηση σκληρών επιφανειών κατά την αξιολόγηση (παπούτσια άρσης βαρών, καρέκλα, τοίχος)
3. Συχνότητα δειγματοληψίας >1kHz
4. Οδηγίες: «σπρώξε γρήγορα και δυνατά»
5. Αποφυγή αντίθετης κίνησης (countermovement) και σταθεροποίηση της καμπύλης δύναμης πριν την εκτέλεση
6. Πραγματοποίηση μιας συνεδρίας εξοικείωσης και 5 προσπαθειών κατά την κύρια αξιολόγηση

Maffiuletti et al., 2016

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

Leg Press



Table 2. Correlation coefficients between isometric and vertical jump performance parameters

Parameter	Squat jump	Countermovement jump
PF _{max}	0.53*	0.30*
RFD _{max}	0.71*	0.69*
PF ₅₀	0.30	0.42
RFD ₅₀	0.27	0.37

Bench Press

Table 1. Mean ± SD of the Isometric Tests and Performance Parameters

Test parameter	M	SD
1 RM (kg)	102.3	14.8
ISOFOR (N)	989.8**	130.9
120FOR (N)	1,333.5**	237.2
ISO-RFD (N · s ⁻¹)	9,188.7*	3,082.4
120-RFD (N · s ⁻¹)	12,149.6*	4,734.9

Marcora & Miller, 2000; Murphy et al., 1995

Table 3. Isometric strength and vertical jump performance parameters (Mean ± SD)

Parameter	Mean	SD
PF _{max} (N)	1,007	956
PF ₅₀ (N)	1,442	938
RFD _{max} (N · s ⁻¹)	27,814*	15,508
RFD ₅₀ (N · s ⁻¹)	17,782	6,756
Squat jump (m)	0.40	0.07
Countermovement jump (m)	0.57	0.07

ΙΣΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ

Πρέπει να προσεχθούν τα παρακάτω, διότι μεταβάλλουν το αποτέλεσμα και την αξιοποίησή του στην αθλητική πρακτική:

Η γωνία μέτρησης μεταβάλλει σημαντικά το αποτέλεσμα

- Η κίνηση είναι στατική και δε μοιάζει με την αθλητική κίνηση που είναι δυναμική
- Δεν εμπεριέχει τον κύκλο διάτασης-σύσπασης (stretch-shortening cycle-SSC). Προδιάταση-ελαστική ενέργεια)
- Διαφορές στον τρόπο ενεργοποίησης των μυών (οι οποίες διαφοροποιούνται με τη γωνία της άρθρωσης)

ΑΛΛΑ...

- Είναι πιο ασφαλής σε σχέση με άλλες μεθόδους
- Δεν είναι εύκολο να μετρήσεις τη δύναμη στην αθλητική κίνηση

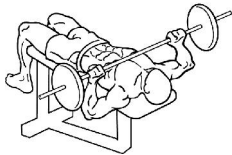
Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

22

Μέτρηση μέγιστης δύναμης σε δυναμικές κινήσεις

Συνήθως γίνεται σε πολυαρθρικές ασκήσεις που συμμετέχουν μεγάλες μυϊκές ομάδες, όπως: πίεση πάγκου, ημικάθισμα ή βαθύ κάθισμα, leg press

- Όχι πάντα εφικτή (απαιτεί μεγάλα βάρη)
- Απαιτεί καλή γνώση της τεχνικής της κίνησης (ειδικά με ελεύθερα βάρη)
- Μπορεί να επιβαρύνει υπέρμετρα κάποιες αρθρώσεις αν ο αθλητής ή η αθλήτρια δεν είναι καλά γυμνασμένος και προετοιμασμένος



Φροντιστήριο E.E.B.Φ.A. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος



23

Διαδικασία μέτρηση μέγιστης δύναμης σε δυναμικές κινήσεις

Γενική προθέρμανση (5 λεπτά)

1. Προθέρμανση (κινήσεις) με ελαφρύ βάρος που επιτρέπει 10 επαναλήψεις
2. 1 λεπτό αποκατάσταση
3. Εκτίμηση φορτίου που να επιτρέπει 3-5 επαναλήψεις
 - προσθέτουμε 5-10% (5-10 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση του επάνω μέρους του σώματος (π.χ. πίεση πάγκου)
 - προσθέτουμε 10-20% (10-20 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση ποδιών (π.χ. ημικάθισμα ή leg press)
4. 2 λεπτά αποκατάσταση
5. Εκτίμηση φορτίου που να επιτρέπει 2-3 επαναλήψεις
 - προσθέτουμε 5-10% (5-10 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση του επάνω μέρους του σώματος (π.χ. πίεση πάγκου)
 - προσθέτουμε 10-20% (10-20 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση ποδιών (π.χ. ημικάθισμα ή leg press)
6. 2-4 λεπτά αποκατάσταση
7. Αύξηση της επιβάρυνσης
 - προσθέτουμε 5-10% (5-10 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση του επάνω μέρους του σώματος (π.χ. πίεση πάγκου)
 - προσθέτουμε 10-20% (10-20 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση ποδιών (π.χ. ημικάθισμα ή leg press)
8. Εκτέλεση μιας επανάληψης
9. Αν η εκτέλεση είναι επιτυχημένη 2-4 λεπτά αποκατάσταση και επιστροφή στο βήμα 7
10. Αν η εκτέλεση είναι αποτυχημένη τότε δίνονται 2-4 λεπτά για αποκατάσταση και αφαιρούμε
 - 2.5-5% (2-4 κιλά) από το προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση του επάνω μέρους του σώματος (π.χ. πίεση πάγκου)
 - προσθέτουμε 5-10% (5-9 κιλά) στο προηγούμενο βάρος για αξιολόγηση ποδιών (π.χ. ημικάθισμα ή leg press)

Ιδανικά, η μία μέγιστη επανάληψη (1 ME ή 1 RM-repetition maximum) επιτυγχάνεται σε 5 σετ

(National Strength and Conditioning Association)

Φροντιστήριο E.E.B.Φ.A. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

24

Διαδικασία μέτρησης μέγιστης δύναμης σε δυναμικές κινήσεις

Ο αριθμός των επαναλήψεων που μπορούν να εκτελεστούν σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό της μέγιστης δύναμης (1MAE)

% 1 MAE	Αριθμός των επαναλήψεων
100	1
95	2
93	3
90	4
87	5
85	6
83	7
80	8
77	9
75	10
70	11
67	12
65	15

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

25

Έμμεσος προσδιορισμός της μέγιστης δύναμης (1ME ή 1RM)

M.A.E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
%1M.A.E.	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
Kg που Υπερνικήθηκαν	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7
	20	19	19	18	17	17	17	16	15	15	13	13
	30	29	28	27	26	26	25	24	23	23	20	20
	40	38	37	36	35	34	33	32	31	30	27	26
	50	48	47	45	44	43	42	40	39	38	34	33
	60	57	56	54	52	51	50	48	46	45	40	39
	70	67	65	63	61	60	58	56	54	53	47	46
	80	76	74	72	70	68	66	64	62	60	54	52
	90	86	84	81	78	77	75	72	69	68	60	59
	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
	110	105	102	99	96	94	91	88	85	83	74	72
	120	114	112	108	104	102	100	96	92	90	80	78
	130	124	121	117	113	111	108	104	100	98	87	85
	140	133	130	126	122	119	116	112	108	105	94	91
	150	143	140	135	131	128	125	120	116	113	101	98
	160	152	149	144	139	136	133	128	123	120	107	104
	170	162	158	153	148	145	141	136	131	128	114	111
	180	171	167	162	157	153	149	144	139	135	121	117
	190	181	177	171	165	162	158	152	146	143	127	124
	200	190	186	180	174	170	166	160	154	150	134	130

Φροντιστήριο Ε.Ε.Β.Φ.Α. 2016: Αξιολόγηση μυϊκής απόδοσης & Ισχύος

26

Φροντιστήριο 1:

Αξιολόγηση της Μυϊκής Δύναμης και Ισχύος



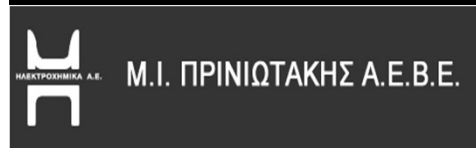
Ελληνική Εταιρεία
Βιοχημείας και
Φυσιολογίας
της Άσκησης

6^ο Συνέδριο Βιοχημείας
και
Φυσιολογίας της Άσκησης

Υποστηρικτής:



Χορηγοί:



Φροντιστήριο 1: Αξιολόγηση της Μυϊκής Δύναμης και Ισχύος

**6^ο Συνέδριο Βιοχημείας
και
Φυσιολογίας της Άσκησης**



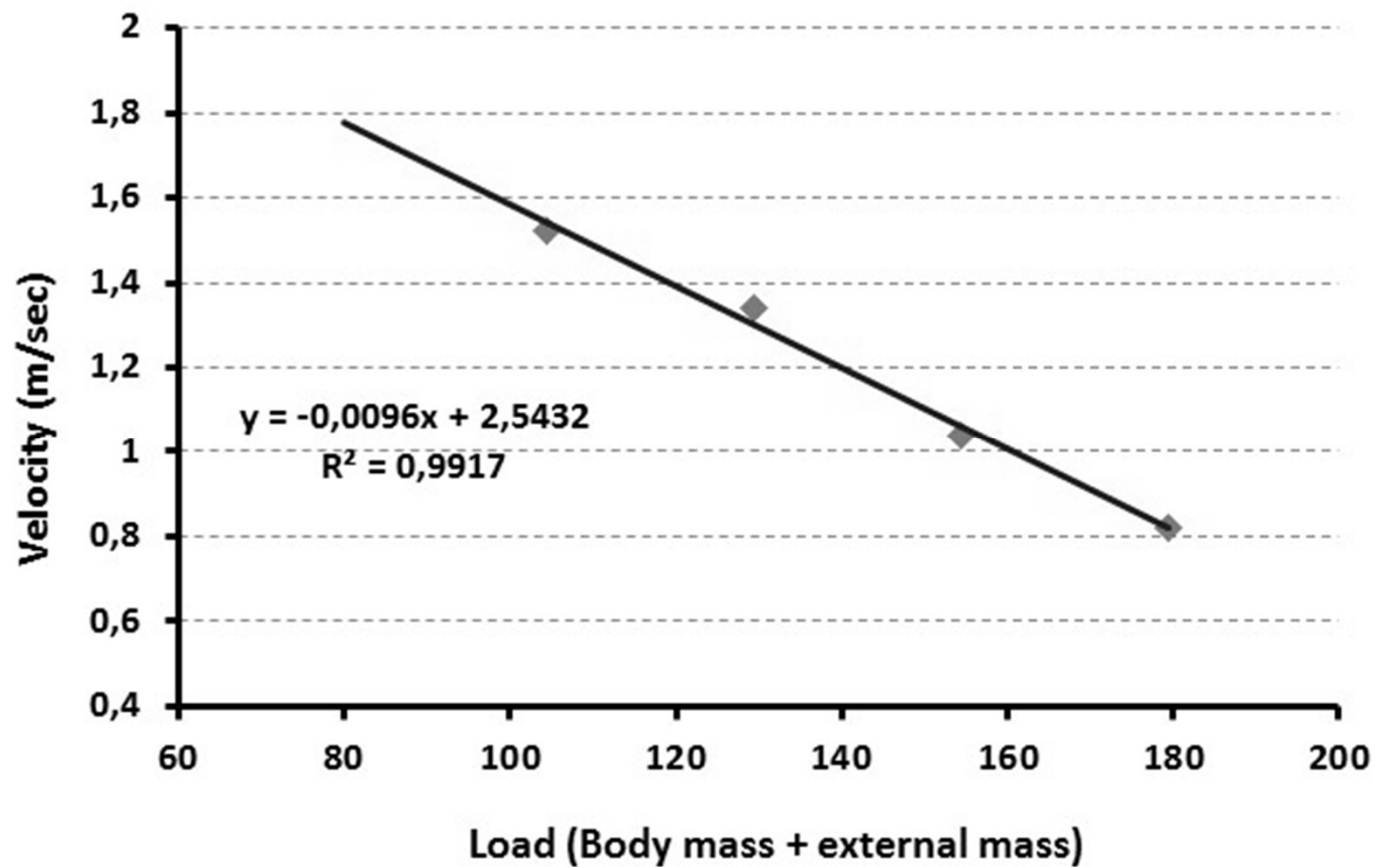
**Ελληνική Εταιρεία
Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης**

Αξιολόγηση Μυϊκής Απόδοσης: Ταχοδυναμική Αξιολόγηση

**Ηλίας Σμήλιος,
Επίκουρος Καθηγητής
Τ.Ε.Φ.Α.Α., Δ.Π.Θ.**



Σχέση ταχύτητας - φορτίου



Φορτίο = Δύναμη;

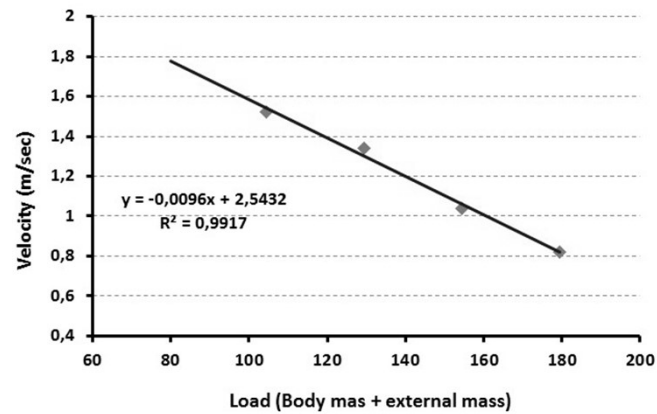
$$\text{Force (N)} = m \times a + m \times g$$

m = μάζα, φορτίο

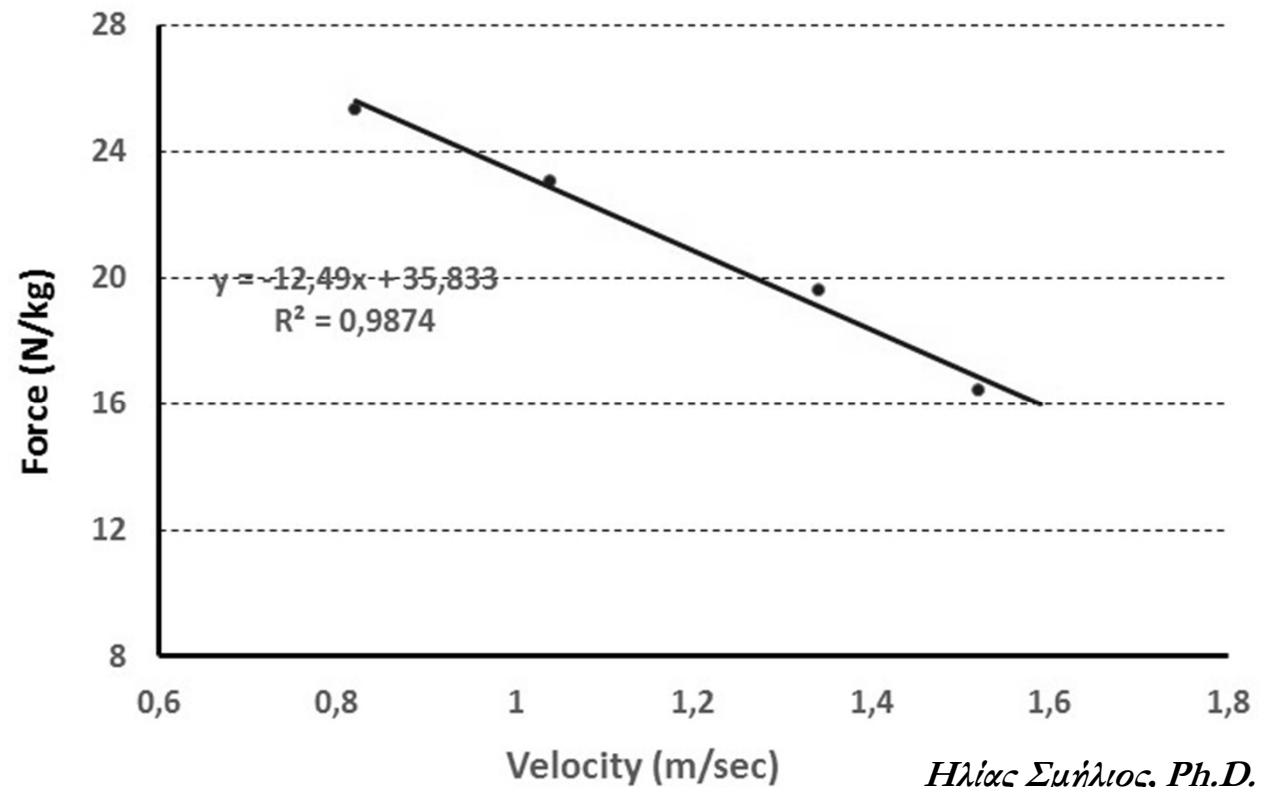
a = επιτάχυνση του φορτίου

g = επιτάχυνση της βαρύτητας

Σχέση ταχύτητας - φορτίου

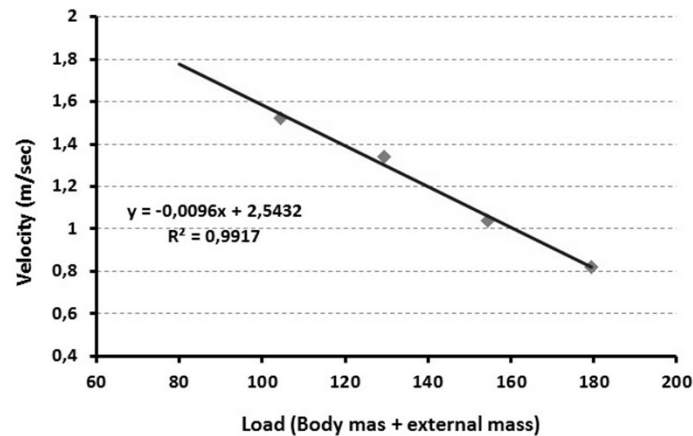


Σχέση δύναμης - ταχύτητας κίνησης Ταχο-δυναμική σχέση



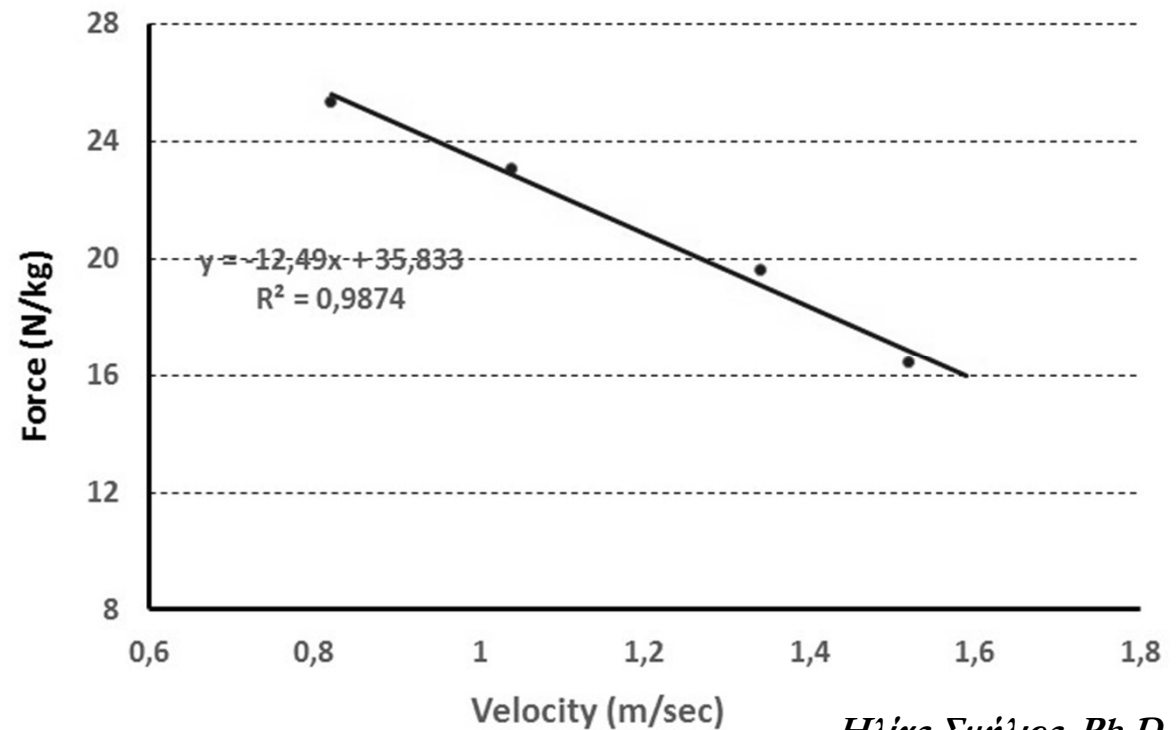
Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Σχέση ταχύτητας - φορτίου



Έλεγχος - ποσοτικοποίηση της νευρο-μυϊκής απόδοσης σε ένα εύρος φορτίων

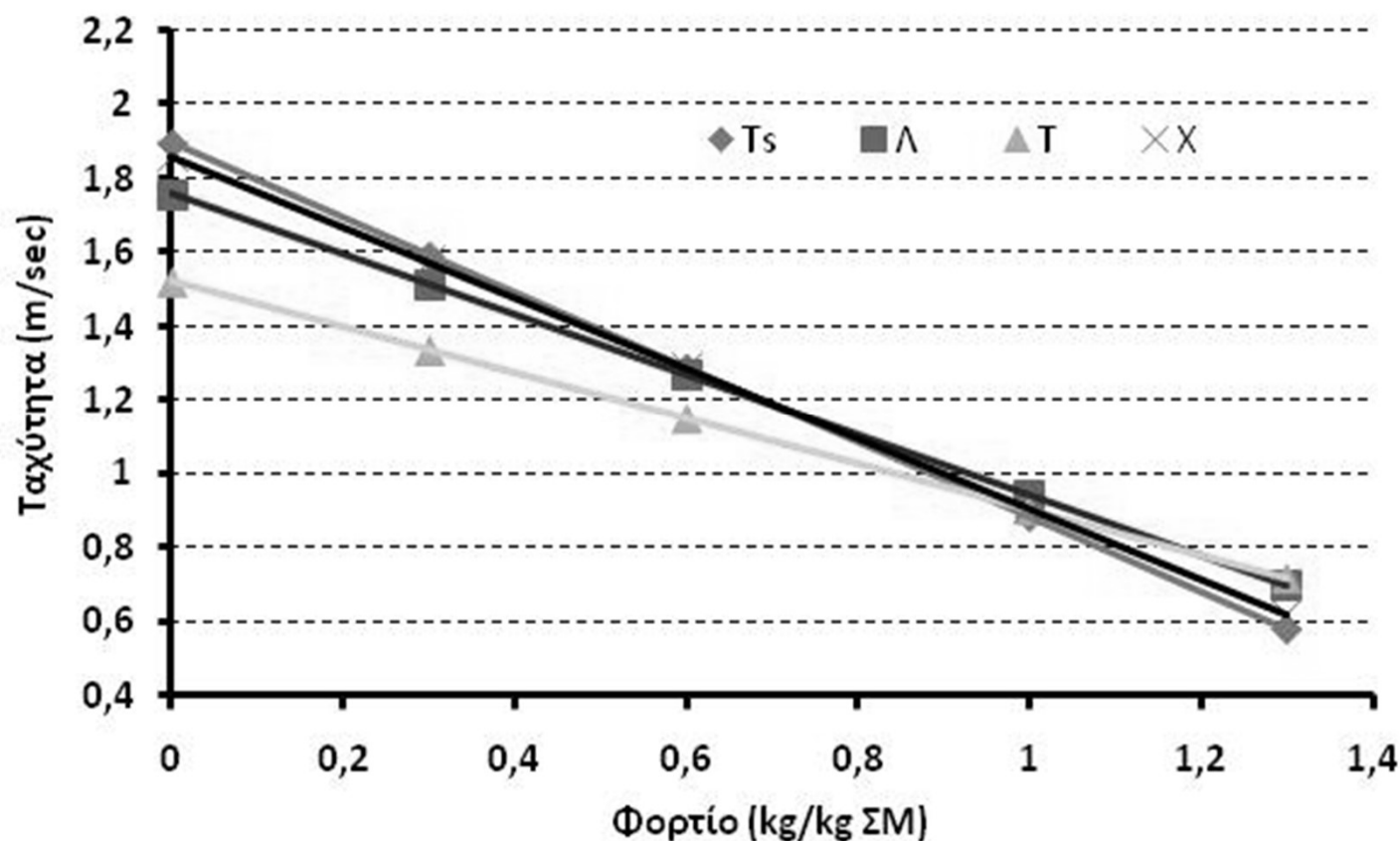
Σχέση δύναμης - ταχύτητας κίνησης Ταχο-δυναμική σχέση



Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Σχέσεις Φορτίου - Ταχύτητας Ποδοσφαιριστών

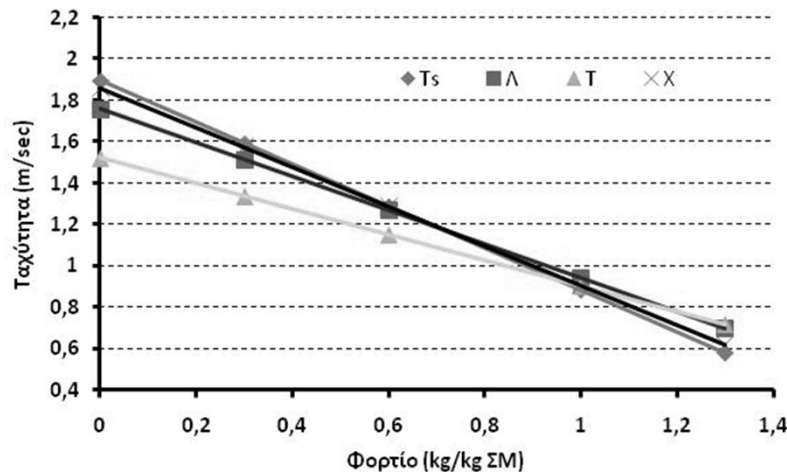
Διαφοροποιήσεις μεταξύ αθλητών



Δ.Π.Θ., Σ.Ε.Φ.Α.Α., Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής & Άθλησης,
Κατεύθυνση Κλινικής Εργοφυσιολογίας & Φυσιολογίας της Άσκησης

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

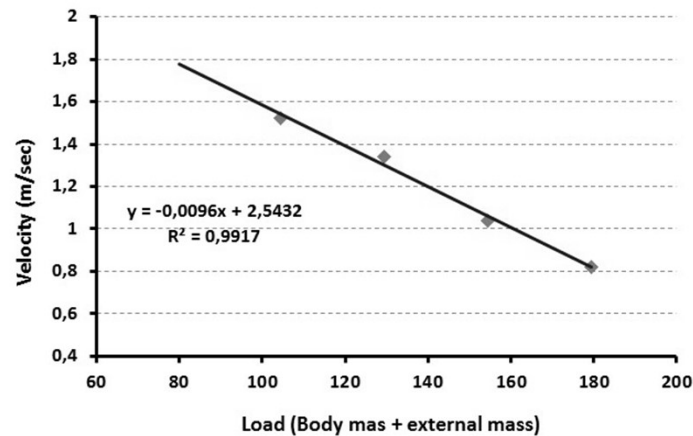
Σχέση φορτίου - ταχύτητας κίνησης



Έλεγχος – ποσοτικοποίηση
της νευρο-μυϊκής απόδοσης σε
ένα εύρος φορτίων

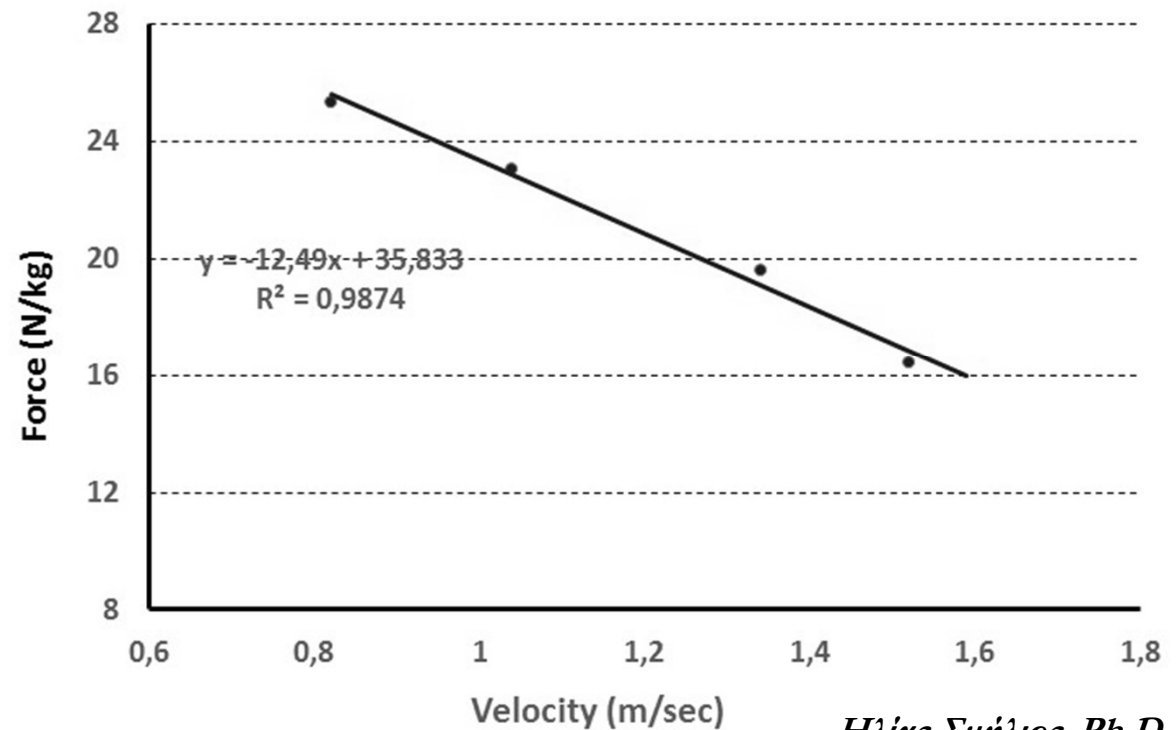
Η εύρεση της ταχο-δυναμικής σχέσης μπορεί να
φανερώσει τυχόν αδυναμίες στην εφαρμογή δύναμης
με υψηλή ή χαμηλή ταχύτητα κίνησης

Σχέση ταχύτητας - φορτίου



Έλεγχος - ποσοτικοποίηση της νευρο-μυϊκής απόδοσης σε ένα εύρος φορτίων

Σχέση δύναμης - ταχύτητας κίνησης Ταχο-δυναμική σχέση



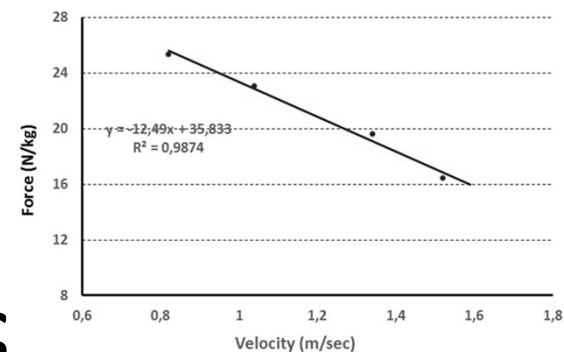
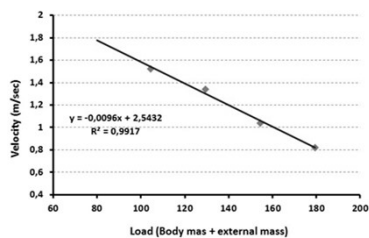
Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Ισχύς

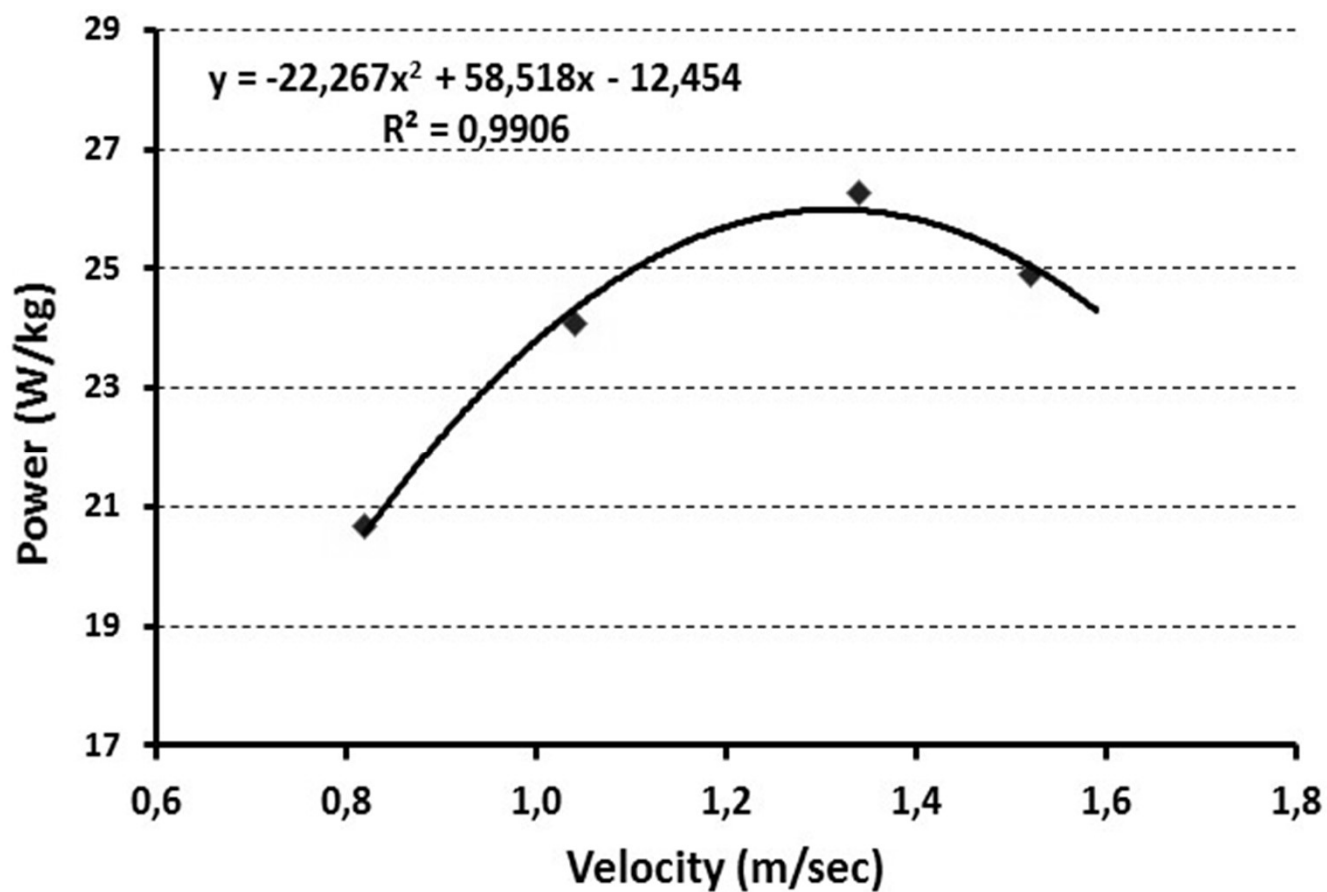
$$\text{Power (W)} = F \times V$$

F = force

V = velocity

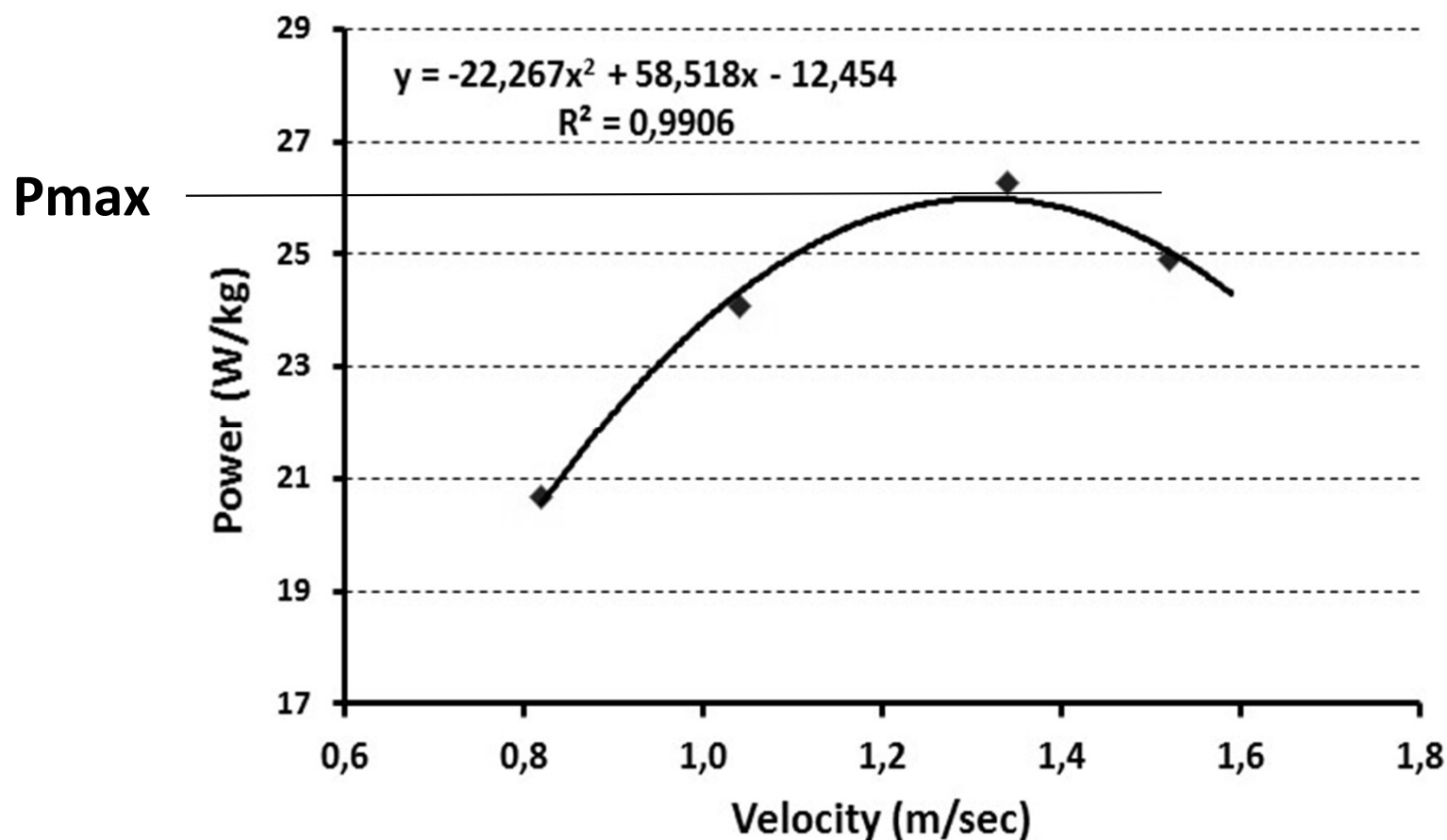


Σχέση ισχύος – ταχύτητας

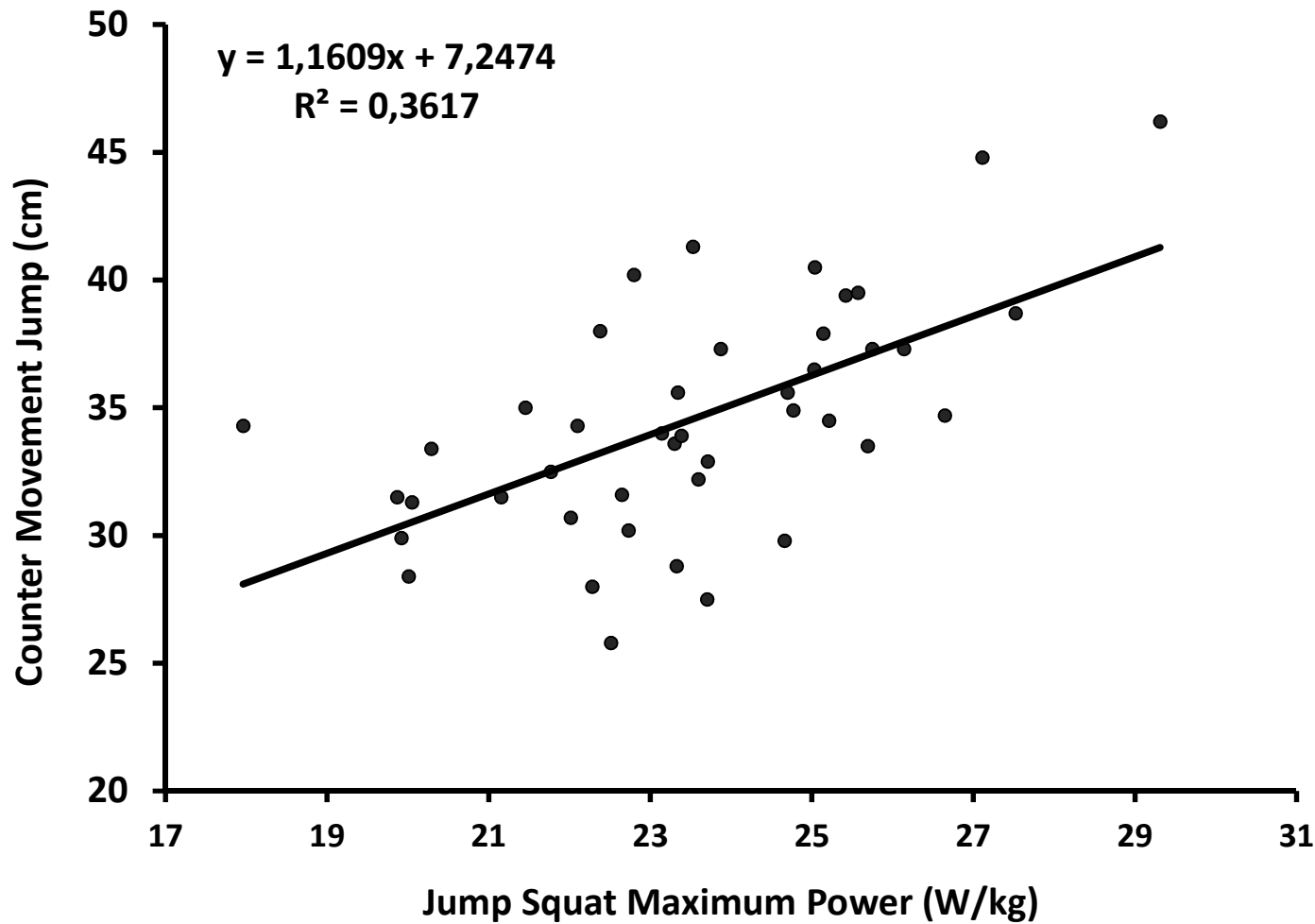


Χρησιμότητα της μέτρησης της σχέσης ισχύος - ταχύτητας

Προσδιορισμός της μέγιστης παραγόμενης ισχύος (P_{max})



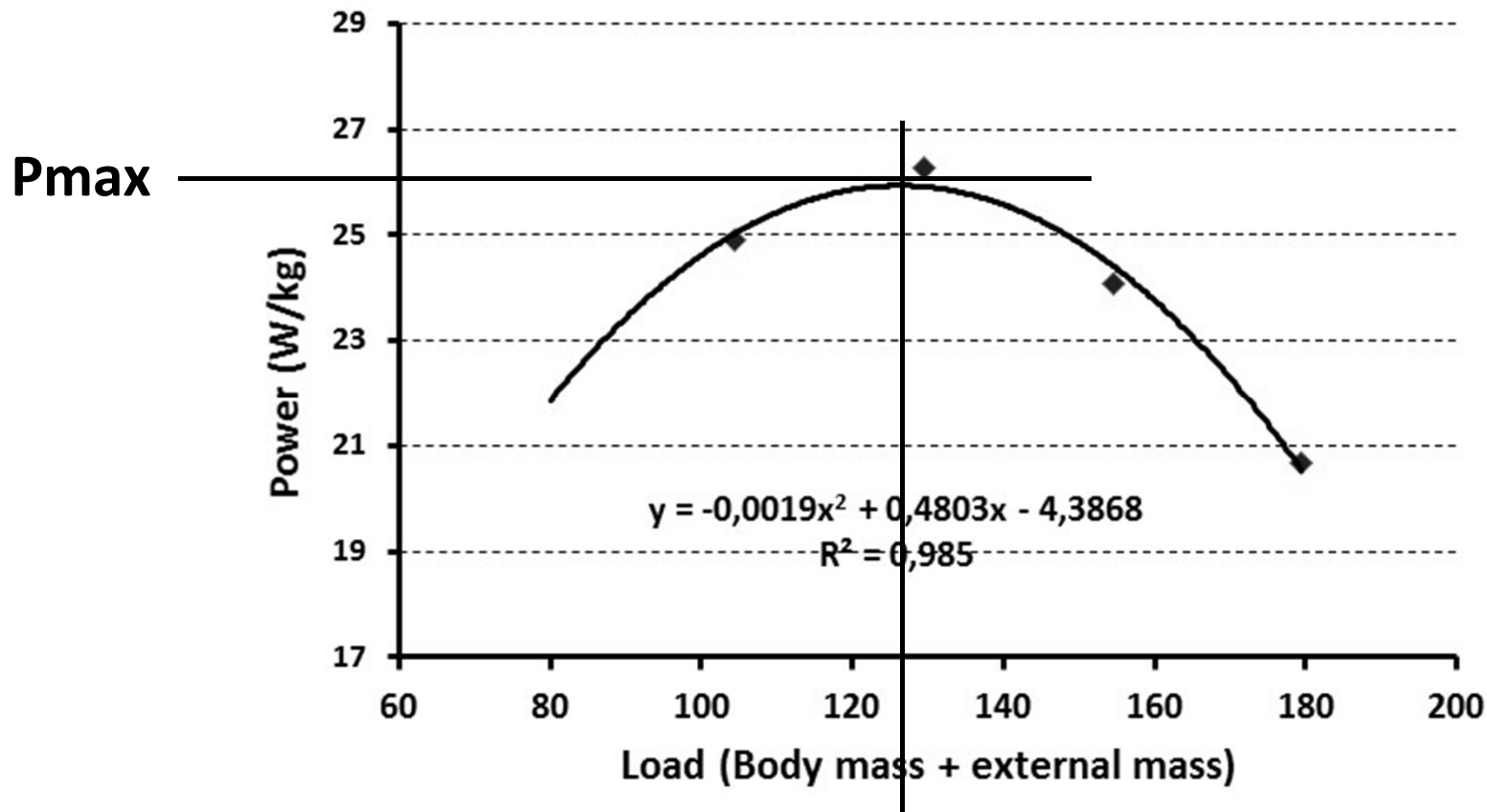
Η Pmax (W/kg) σχετίζεται με την αλτική ικανότητα



Χρησιμότητα της μέτρησης της σχέσης ισχύος - φορτίου

Προσδιορισμός του φορτίου επίτευξης της μέγιστης ισχύος (P_{max})

Θεωρείται το καλύτερο φορτίο για προπόνηση ταχυδύναμης



Body mass: 79.5 kg

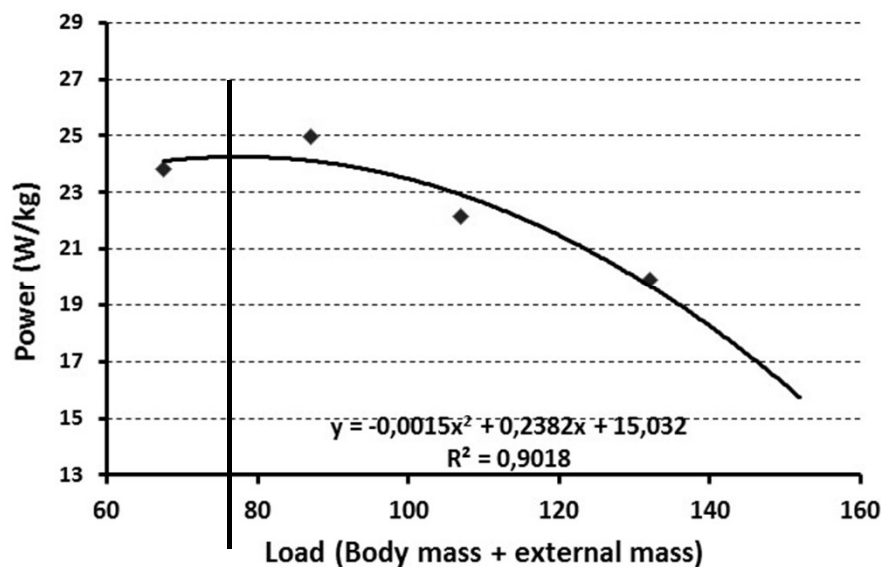
Φορτίο επίτευξης της μέγιστης ισχύος

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

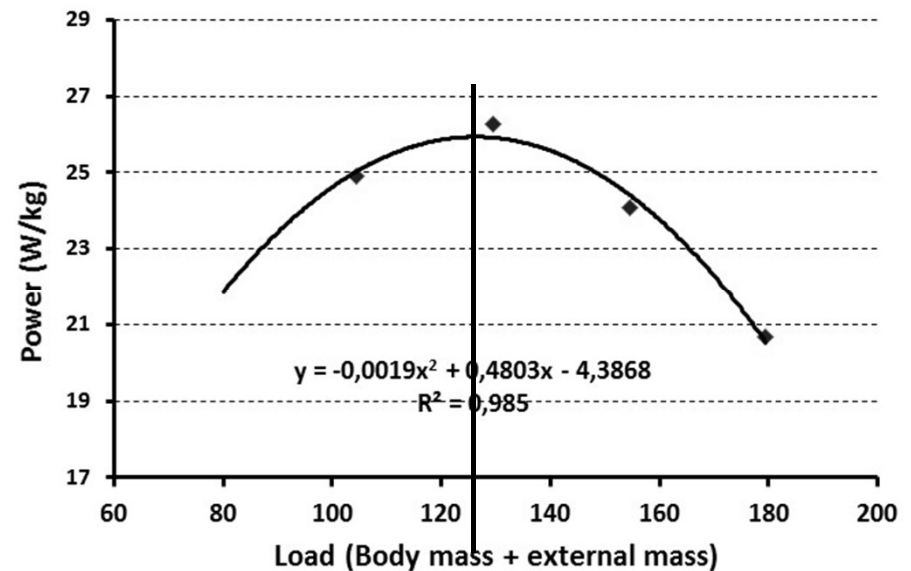
Χρησιμότητα της μέτρησης της σχέσης ισχύος - φορτίου

Προσδιορισμός του φορτίου επίτευξης της μέγιστης ισχύος (P_{max})
Θεωρείται το καλύτερο φορτίο για προπόνηση ταχυδύναμης

Διαφοροποιήσεις μεταξύ αθλητών



Body mass: 67 kg



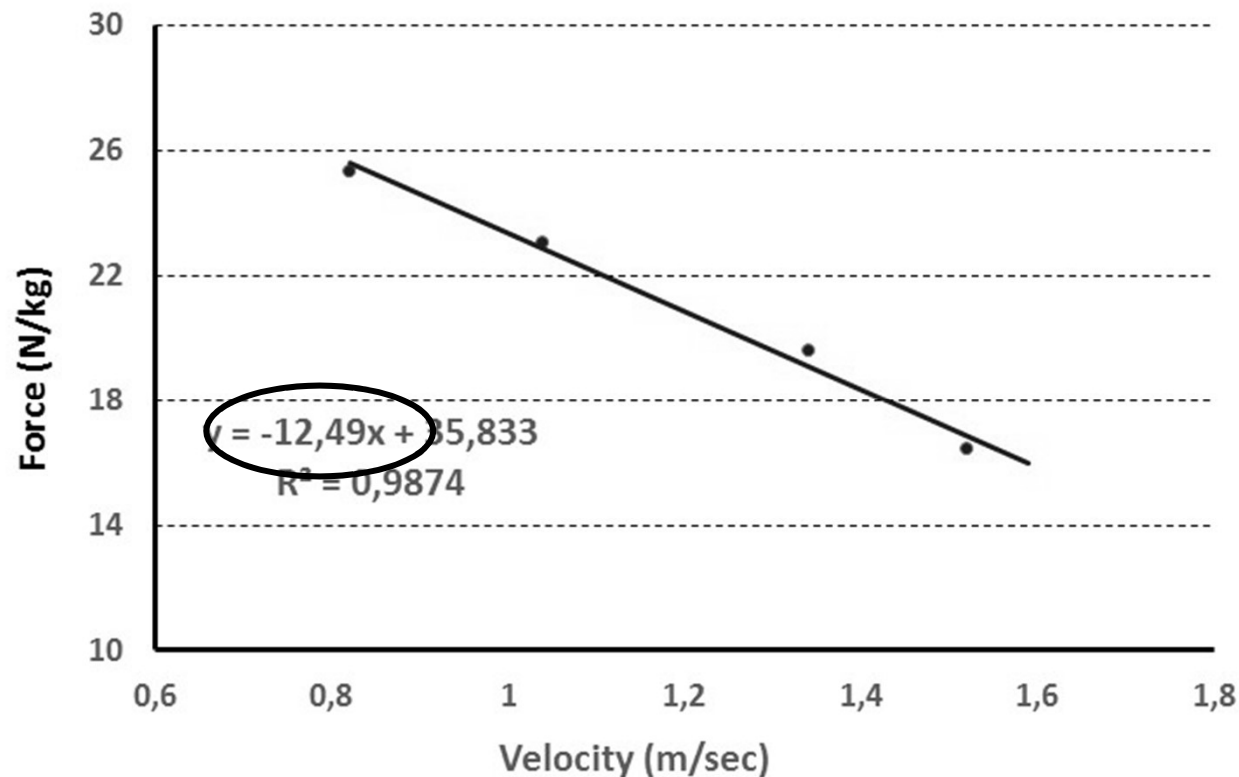
Body mass: 79.5 kg

Φορτίο επίτευξης της μέγιστης ισχύος

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.



Κλίση της σχέσης δύναμης - ταχύτητας

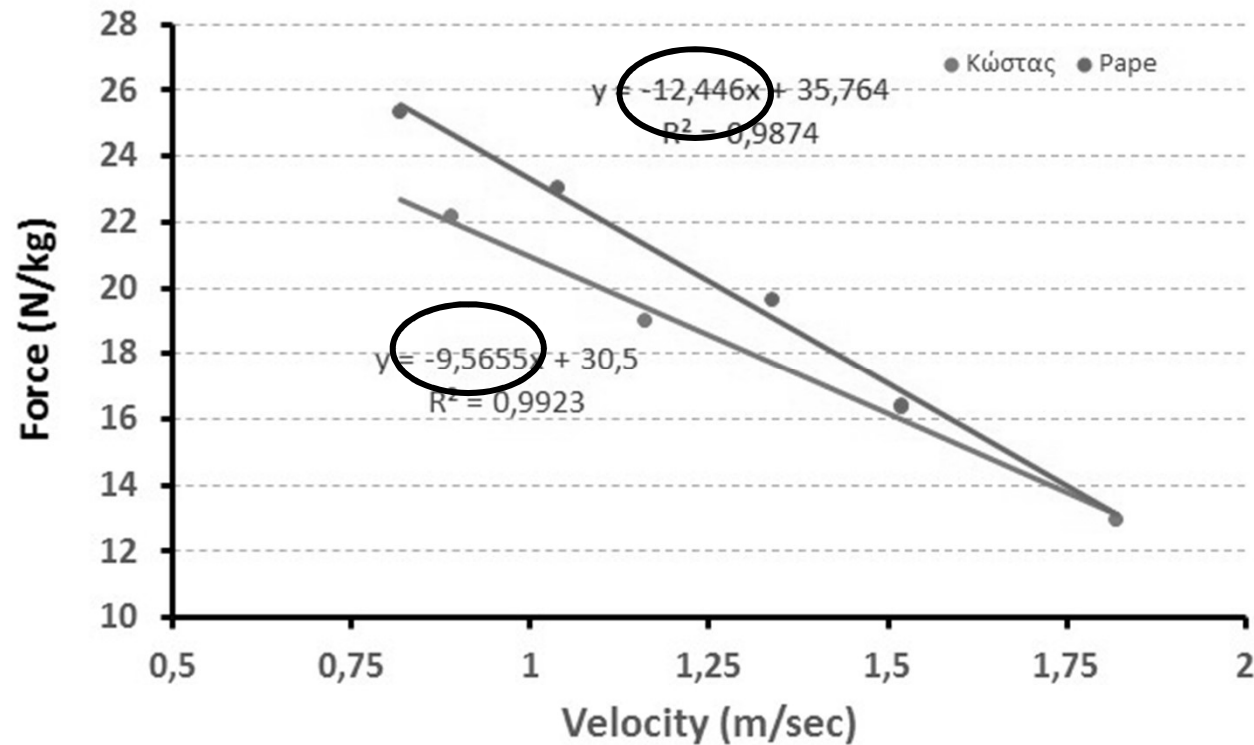


Δείκτης της αναλογίας δύναμης - ταχύτητας

Όσο μεγαλύτερη η τιμή της κλίσης τόσο περισσότερο υπερτερεί η ικανότητα της δύναμης έναντι της ταχύτητας

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Σχέσεις Δύναμης - Ταχύτητας Διαφοροποιήσεις μεταξύ αθλητών



- Πόσο δυνατός ή γρήγορος πρέπει να είναι ένας αθλητής;
- Ποια η ιδανική σχέση δύναμης και ταχύτητας;
- Στη βελτίωση ποιας ποιότητας πρέπει να στοχεύσουμε με την προπόνηση δύναμης;

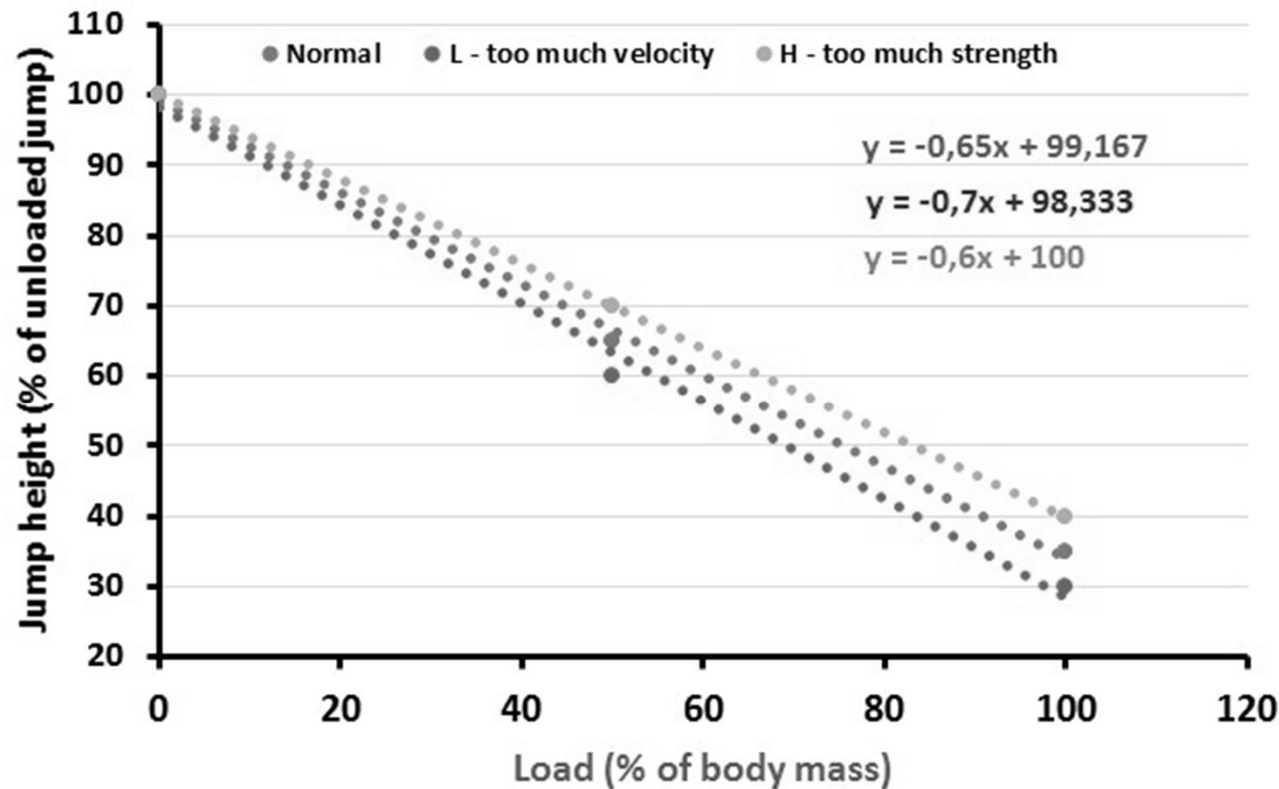
Ερωτήματα...

- Πόσο δυνατός ή γρήγορος πρέπει να είναι ένας αθλητής;
- Ποια η ιδανική σχέση δύναμης και ταχύτητας;
- Στη βελτίωση ποιας ποιότητας πρέπει να στοχεύσουμε με την προπόνηση δύναμης;



Δείκτες αναλογίας Δύναμης - Ταχύτητας

Σχέση Ύψους άλματος - Φορτίου (% σωματικής μάζας)

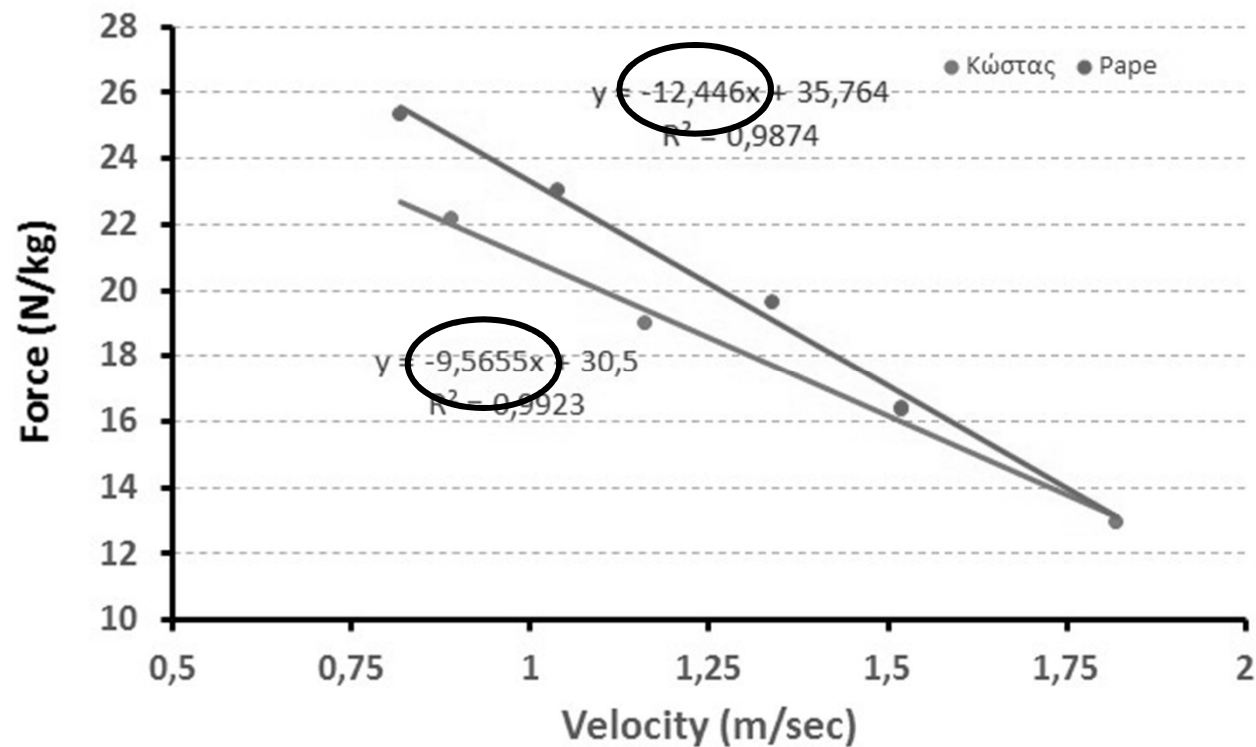


Άλμα με ταλάντευση (CMJ) με και χωρίς φορτίο

- $CMJ_{50\%bm} / CMJ = 0,65 \pm 0,05$
- $CMJ_{100\%bm} / CMJ = 0,35 \pm 0,05$

McGuigan et al. (2013). *Strength and Power Assessment Protocols*. In: Physiological tests for elite athletes Tanner R.K. & Gore C.J., eds. Champaign IL: Human Kinetics, U.S.A., 2013, pp 207 – 230.

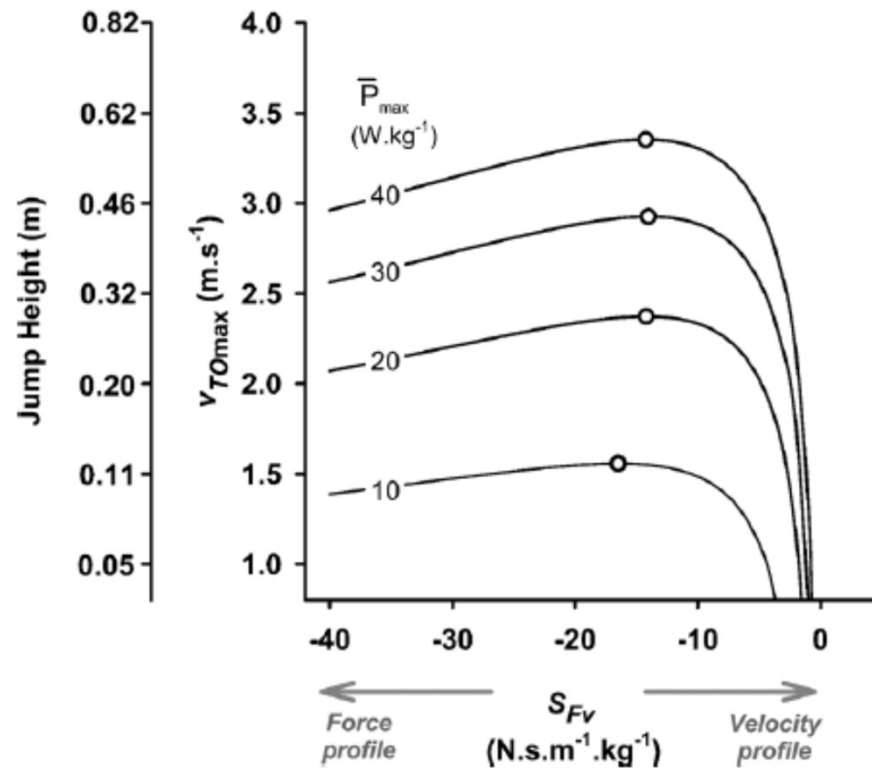
Κλίση της σχέσης Δύναμης - Ταχύτητας



Ποια η βέλτιστη κλίση της σχέσης Δύναμης – Ταχύτητας;

Το ύψος ενός άλματος εξαρτάται από:

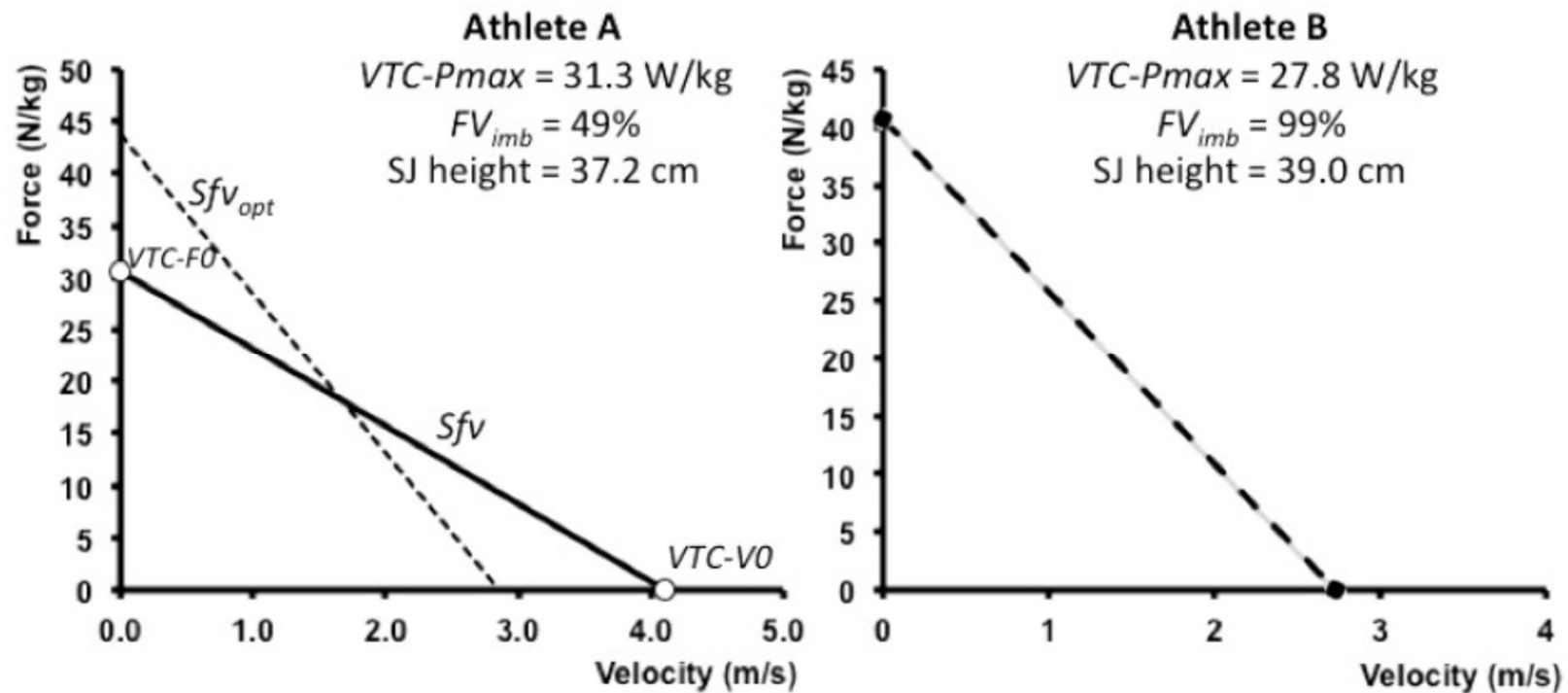
- τη μέγιστη ισχύ ($P_{\max}$)
- την απόσταση ώθησης (h_{PO})
- την κλίση της σχέσης δύναμης – ταχύτητας (S_{FV})



Για μια δεδομένη απόσταση ώθησης και μέγιστη ισχύ, απόκλιση από την ιδανική κλίση ταχοδυναμικής σχέσης (η οποία εξαρτάται από την μέγιστη ισχύ) οδηγεί σε μειωμένη απόδοση. Διόρθωση της αναλογίας δύναμης και ταχύτητας (κλίση ταχοδυναμικής σχέσης) βελτιώνει την απόδοση.

Samozino et al. *Med. Sci. Sports Exerc.*
44(2): 313 - 322, 2012

Υπάρχουσα (S_{FV}) και Ιδανική (S_{FVopt}) Κλίση της σχέσης Δύναμης - Ταχύτητας



Morin and Samozino. Interpreting Force-Velocity – Power Profiles for Individualized and Specific Training. *Int J Sports Physiol Perf* 11(2): 267 - 272, 2016

Υπολογισμός της βέλτιστης κλίση της Ταχο - δυναμικής Σχέσης (S_{FVopt})

$$S_{FVopt} = -\frac{g^2}{3\bar{P}_{max}} - \frac{(-(g^4)h_{PO}^4 - 12gh_{PO}^3\bar{P}_{max}^2)}{3h_{PO}^2\bar{P}_{max}Z(\bar{P}_{max}, h_{PO})} + \frac{Z(\bar{P}_{max}, h_{PO})}{3h_{PO}^2\bar{P}_{max}}$$

Στο excel

$$= -(9,81^2)/(3*B5) - (-(9,81^4)*C5^4 - 12*9,81*C5^3*B5^2)/(3*C5^2*B5*E5) + E5/(3*C5^2*B5)$$

Όπου B5 το κελί με την τιμή της Pmax (W/kg), C5 το κελί με την τιμή του h_{PO} (m) και E5 με την τιμή του Z

$$Z(\bar{P}_{max}, h_{PO}) = \left(-(g^6)h_{PO}^6 - 18g^3h_{PO}^5\bar{P}_{max}^2 - 54h_{PO}^4\bar{P}_{max}^4 + 6\sqrt{3}\sqrt{2g^3h_{PO}^9\bar{P}_{max}^6 + 27h_{PO}^8\bar{P}_{max}^8} \right)^{1/3}$$

Στο excel

$$= -(9,81^6)*C5^6 - 18*9,81^3*C5^5*B5^2 - 54*C5^4*B5^4 + 6*SQRT(3)*SQRT(2*9,81^3*C5^9*B5^6 + 27*C5^8*B5^8))^{(1/3)}$$

Όπου B5 το κελί με την τιμή της Pmax (W/kg), C5 το κελί με την τιμή του h_{PO} (m)

Samozino et al. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44(2): 313 - 322, 2012

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Μέτρηση του h_{PO}

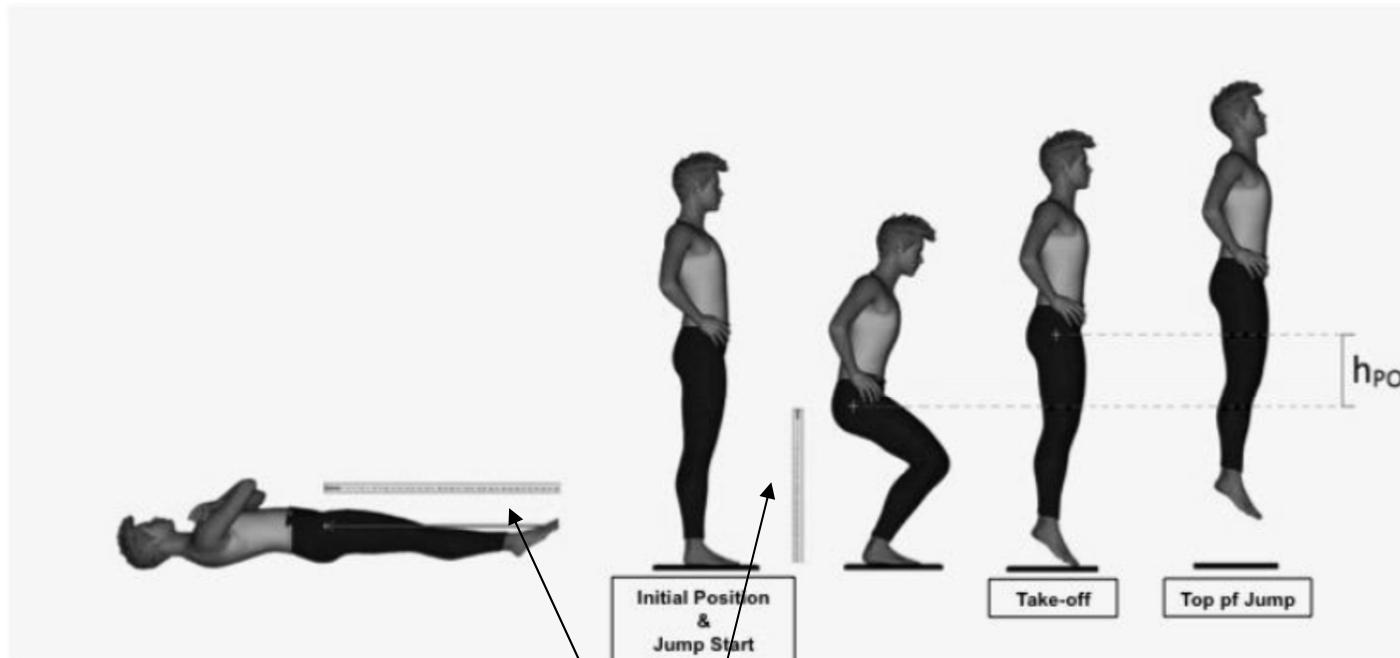


Figure 1 The three key positions during a vertical countermovement jump and the three distances used in the proposed computations.

$h_{PO} =$ Η διαφορά των δύο αποστάσεων σε μέτρα

Samozino et al. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44(2): 313 - 322, 2012

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Υπολογισμός της αναλογίας πραγματικής (S_{FV}) και βέλτιστης (S_{FVopt}) σχέσης δύναμης - ταχύτητας

$$(S_{fv}/S_{fv_{opt}}) \times 100$$

Τιμές υψηλότερες του 100% δείχνουν έλλειμα σε ταχύτητας κίνησης και τιμές χαμηλότερες του 100% έλλειμα σε δύναμη

Υπολογισμός του μέγιστου ύψους άλματος που μπορεί να επιτευχθεί με τη βέλτιστη σχέση δύναμης – ταχύτητας με μια δεδομένη τιμή μέγιστης ισχύος

$$h_{\max} = \frac{h_{\text{PO}}^2}{2g} \left(\sqrt{\frac{S_{\text{Fvopt}}^2}{4} + \frac{2}{h_{\text{PO}}} \left(2\sqrt{-\bar{P}_{\max} S_{\text{Fvopt}}} - g \right)} + \frac{S_{\text{Fvopt}}}{2} \right)^2$$

Jimenez – Reyes et al. *Eur J Appl Physiol* 114: 2281 – 2288, 2014



Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Υπολογισμός της Δύναμης (F/kg), της Ταχύτητας (V) και της Ισχύος (W/kg) μετρώντας μόνο το ύψος του άλματος

$$\bar{F} = mg\left(\frac{h}{h_{PO}} + 1\right)$$

F = force

V = velocity

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

P= power

m = μάζα (σωματικό βάρος και το εξωτερικό φορτίο)

h = ύψος άλματος σε μέτρα

$$\bar{P} = mg\left(\frac{h}{h_{PO}} + 1\right)\sqrt{\frac{gh}{2}}$$

g = 9,81

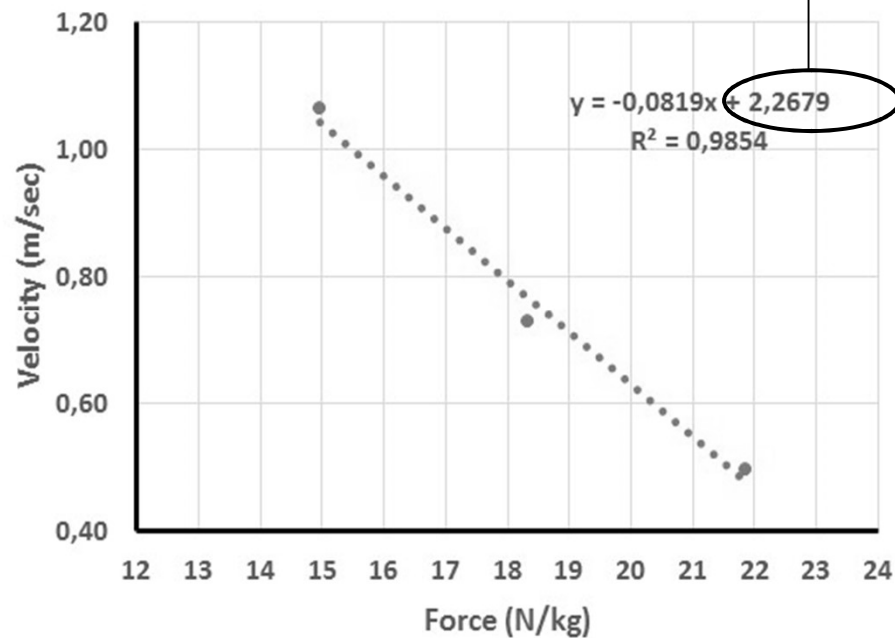
h_{PO} = απόσταση ώθησης

$$P_{max} = (F_{max} \times V_{max}) / 4$$

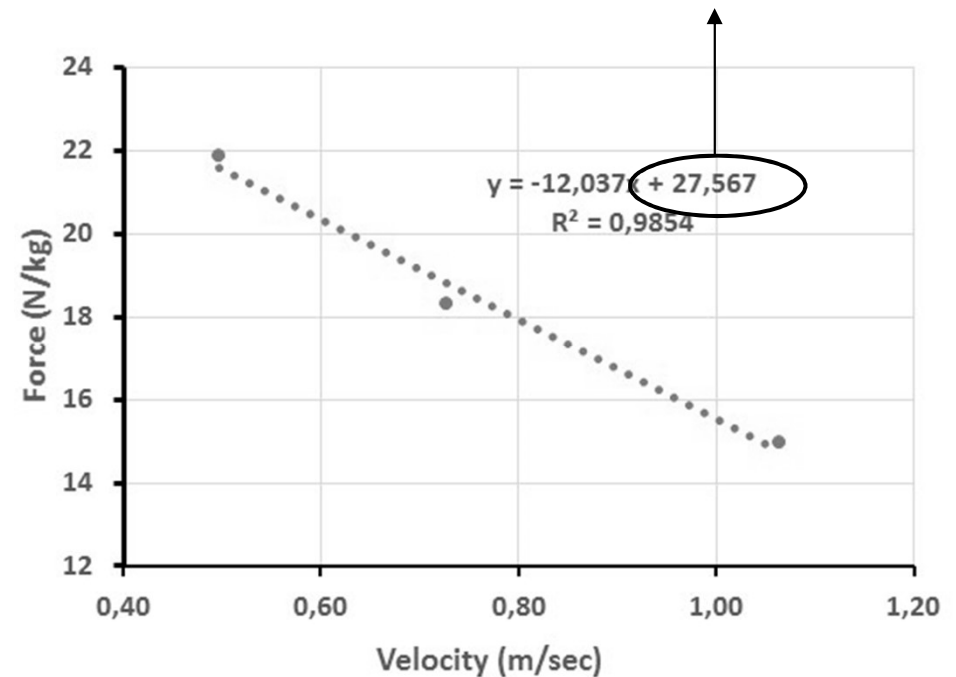
Υπολογίζονται οι παράμετροι για κάθε άλμα με διαφορετικό φορτίο και δημιουργείται η σχέση δύναμης – ταχύτητας και το αντίθετο, για τον υπολογισμό της κλίσης της σχέσης των δύο παραμέτρων καθώς και της μέγιστης ταχύτητας, δύναμης και ισχύος. Κατόπιν, υπολογίζεται η βέλτιστη κλίση της σχέσης και η αναλογία της πραγματικής και της βέλτιστης σχέσης.

Θεωρητική μέγιστη ταχύτητα (V_{max}) και μέγιστη δύναμη (N/kg)

Μέγιστη ταχύτητα (V_{max})



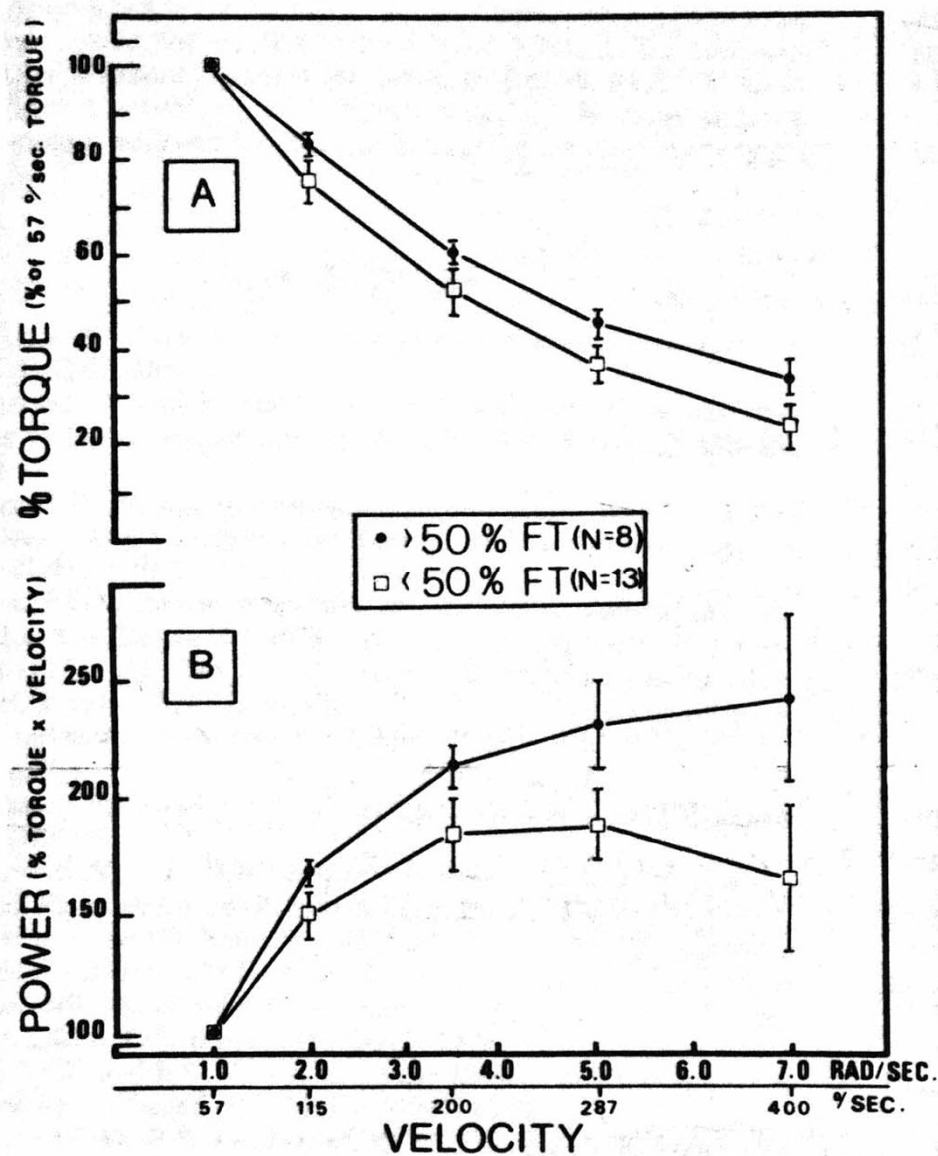
Μέγιστη δύναμη (N/kg)



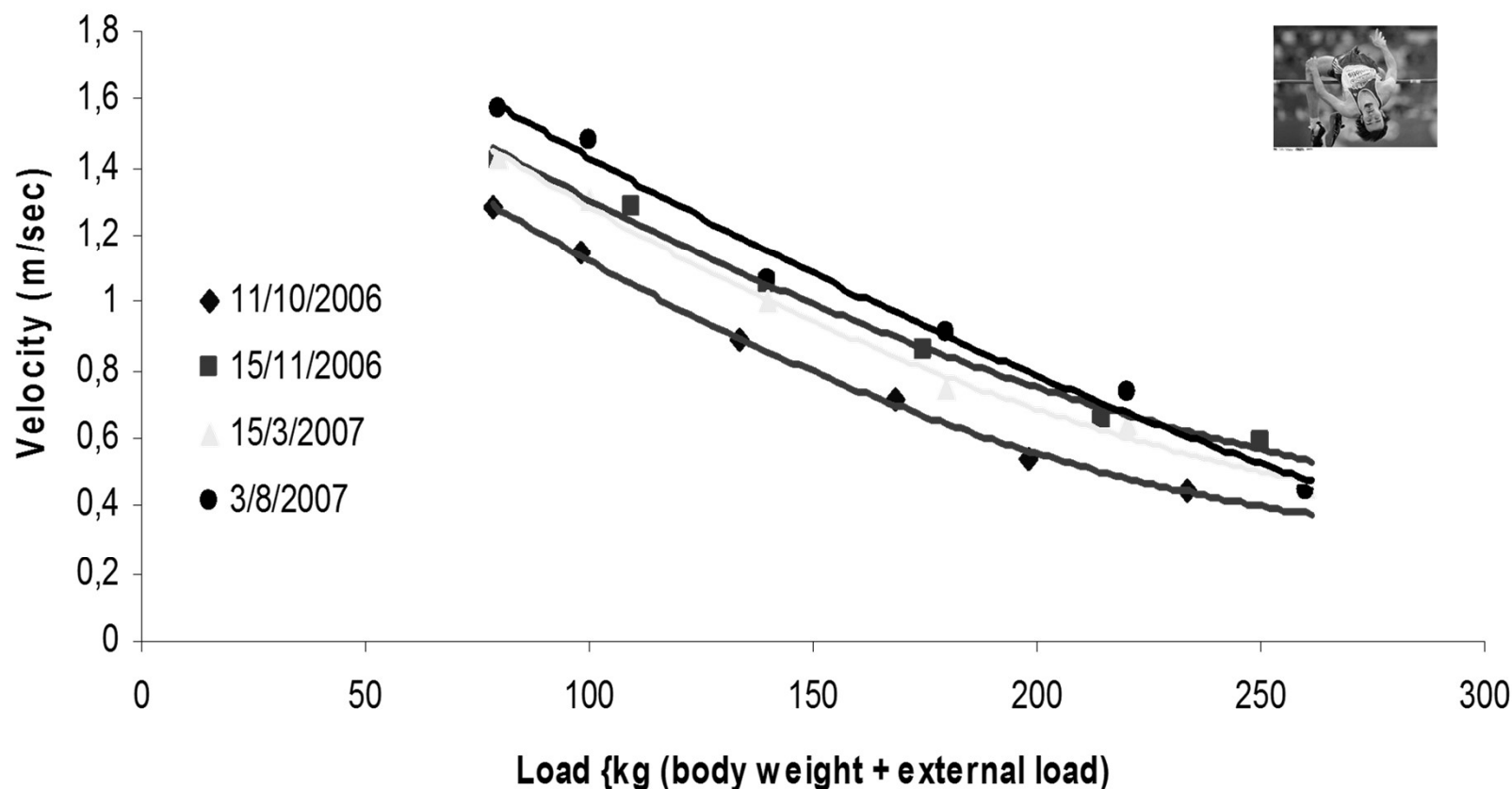
Βιολογικές παράμετροι που καθορίζουν την ταχο - δυναμική ικανότητα

- **Τύπος μυϊκών ινών**
- **Επιφάνεια διατομής του μυός – Λειτουργική επιφάνεια διατομής του μυός**
- **Αναλογία επιφάνειας διατομής ινών τύπου I προς τύπου II**
- **Γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών στο συνδετικό ιστό**
- **Μήκος μυϊκών ινών**
- **Αριθμός των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται**
- **Συχνότητα ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων**
- **Συγχρονισμός της ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων**
- **Συγχρονισμός της δράσης των μυών**

Λειτουργικές διαφορές μυϊκών ινών ταχείας και βραδείας συστολής



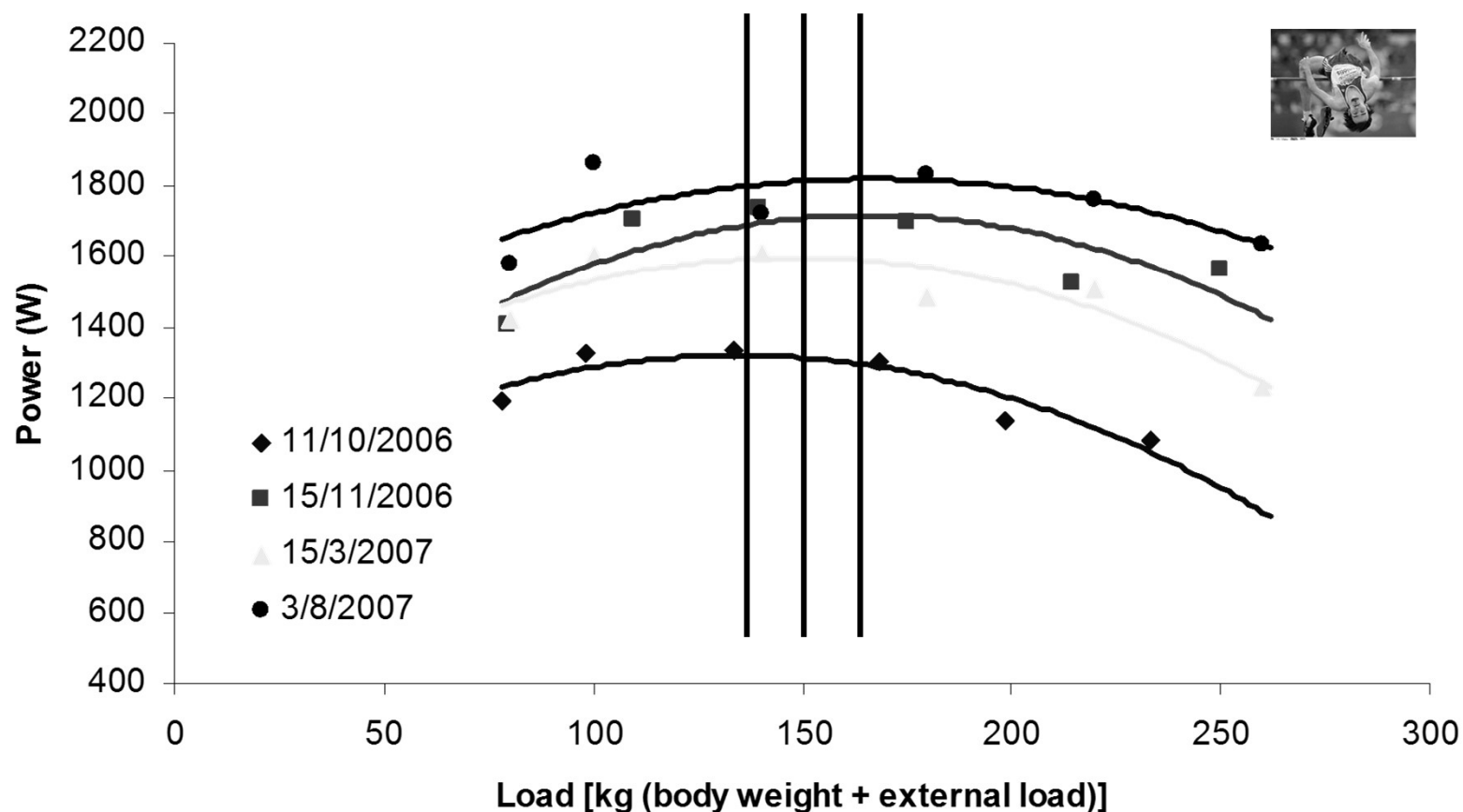
Μεταβολή με την Προπόνηση της Σχέσης Φορτίου (% 1-RM) – Ταχύτητας Κίνησης (ατομικά δεδομένα)



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής & Άθλησης, Κατεύθυνση Φυσιολογίας της Άσκησης

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

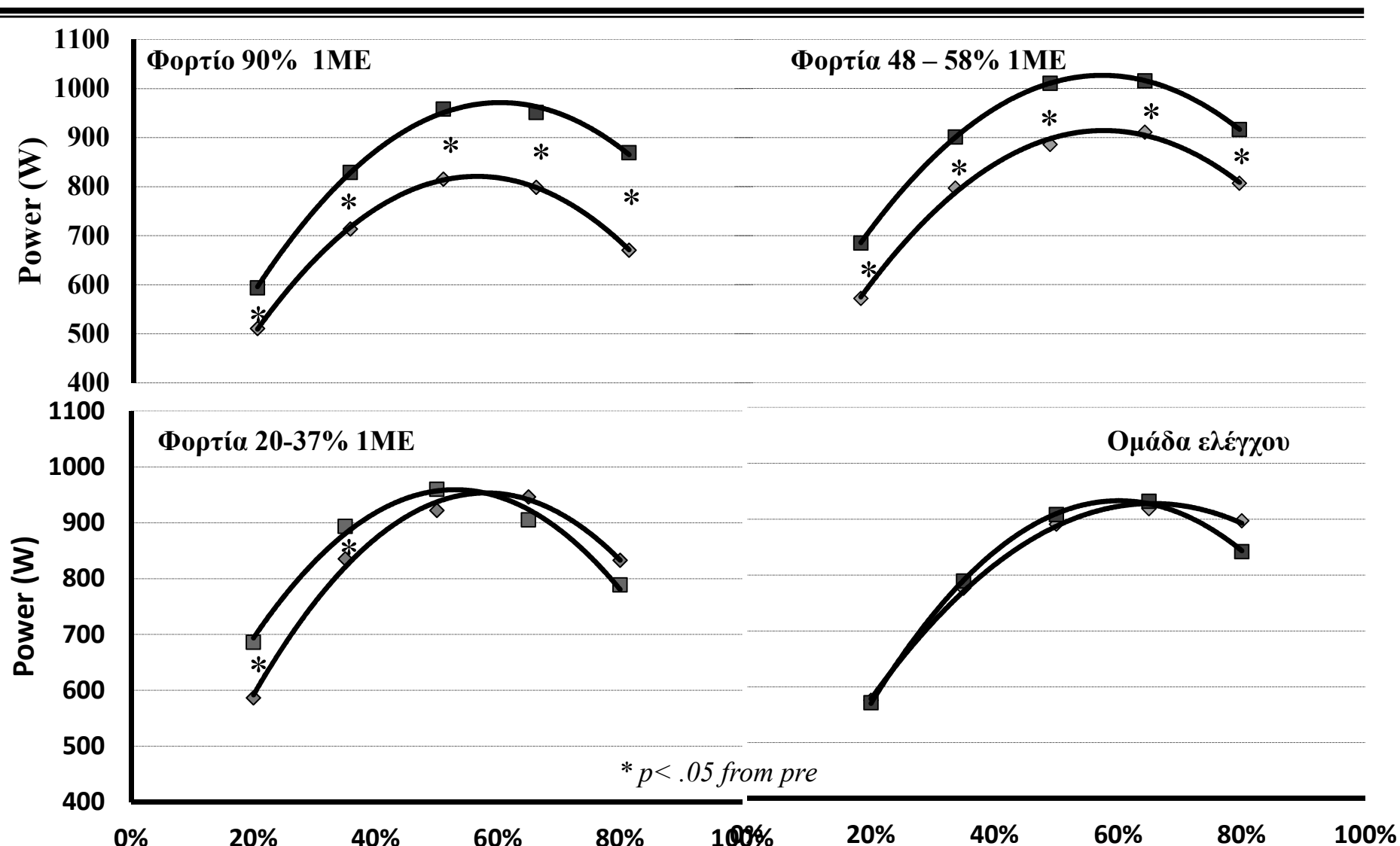
Μεταβολή με την Προπόνηση της Σχέσης Φορτίου (% 1-RM) – Ισχύος (ατομικά δεδομένα)



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής & Άθλησης, Κατεύθυνση Φυσιολογίας της Άσκησης

Ηλίας Σμήλιος, Ph.D.

Μεταβολή με την Προπόνηση της Σχέσης Φορτίου (% 1-RM) – Ισχύος



Φροντιστήριο 1:

Αξιολόγηση της Μυϊκής Δύναμης και Ισχύος



Ελληνική Εταιρεία
Βιοχημείας και Φυσιολογίας
της Άσκησης

6^ο Συνέδριο Βιοχημείας και Φυσιολογίας της Άσκησης

Υποστηρικτής:



Χορηγοί:



Μ.Ι. ΠΡΙΝΙΩΤΑΚΗΣ Α.Ε.Β.Ε.



serinth



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εργαστήριο Κλασικού Αθλητισμού - Γυμναστήριο Μυϊκής Ενδυνάμωσης

Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή Ισχύος και Δύναμης

Γεράσιμος Τερζής
Αναπληρωτής Καθηγητής

Μυϊκή Δύναμη και Ισχύς

Μυϊκή Δύναμη είναι

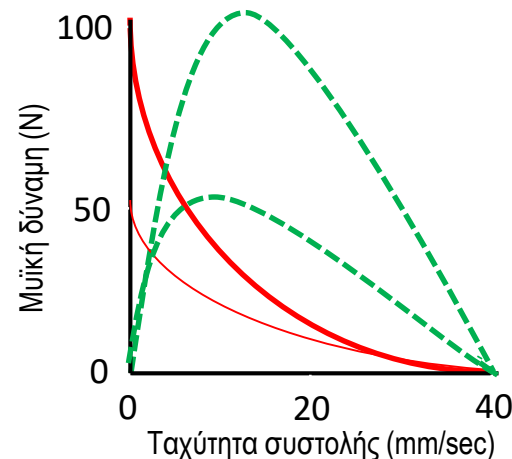
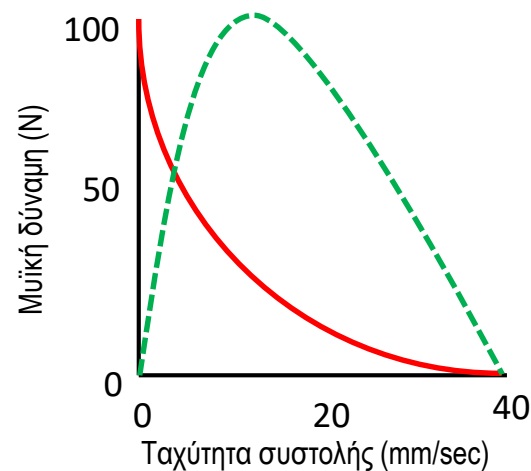
η δύναμη που μπορεί να παράγει ένας μύς ή μια μυϊκή ομάδα σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα.

Μυϊκή Ισχύς είναι

το έργο που μπορεί να παράγει ένας μύς ή μια ομάδα μυών στη μονάδα του χρόνου ... ή αλλιώς ...

Ισχύς = Δύναμη x Ταχύτητα

Κάθε παράγοντας που επηρεάζει τη Μυϊκή Δύναμη ή την Ταχύτητα σύσπασης των μυών, επηρεάζει και τη Μυϊκή Ισχύ.

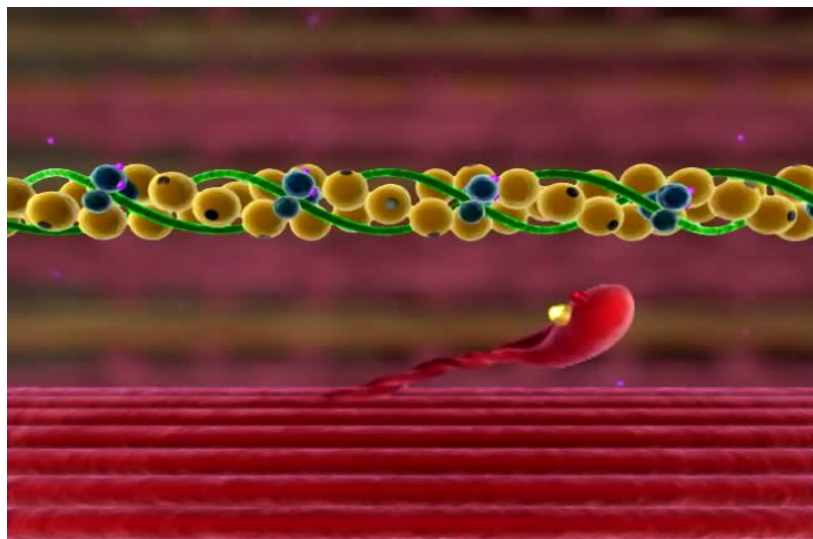


Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- **Μέγεθος μυϊκής μάζας**
- Είδος μυϊκών ινών
- Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II
- Επιστράτευση μυϊκών ινών
- Αντανακλαστικά
- Αρχιτεκτονική των μυών
- Συνδετικός ιστός



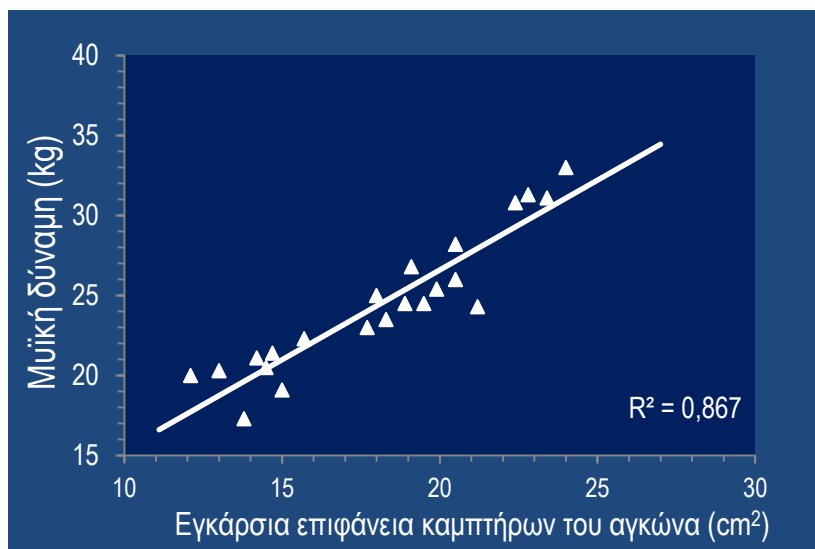
Μυϊκή Δύναμη και μυϊκός ιστός



- Περίπου το 40% της μάζας
Μάζα (βάρος) = 75kg → Μυϊκή μάζα ~ 30 kg
- Οι γυμνασμένοι έχουν ακόμα μεγαλύτερη μάζα

Κατάταξη άλιπης σωματικής μάζας (kg)

120kg	Σωματοδομική (Mr. Olympia)
90kg	Σφυροβόλος
60kg	Φοιτητής Φυσικής Αγωγής
55kg	Αγύμναστος νεαρός άντρας
50kg	Αγύμναστη γυναίκα 35 ετών
40kg	Ηλικιωμένοι - Ασθενείς με σαρκοπενία



Άλιπη μάζα και μυϊκή ισχύς

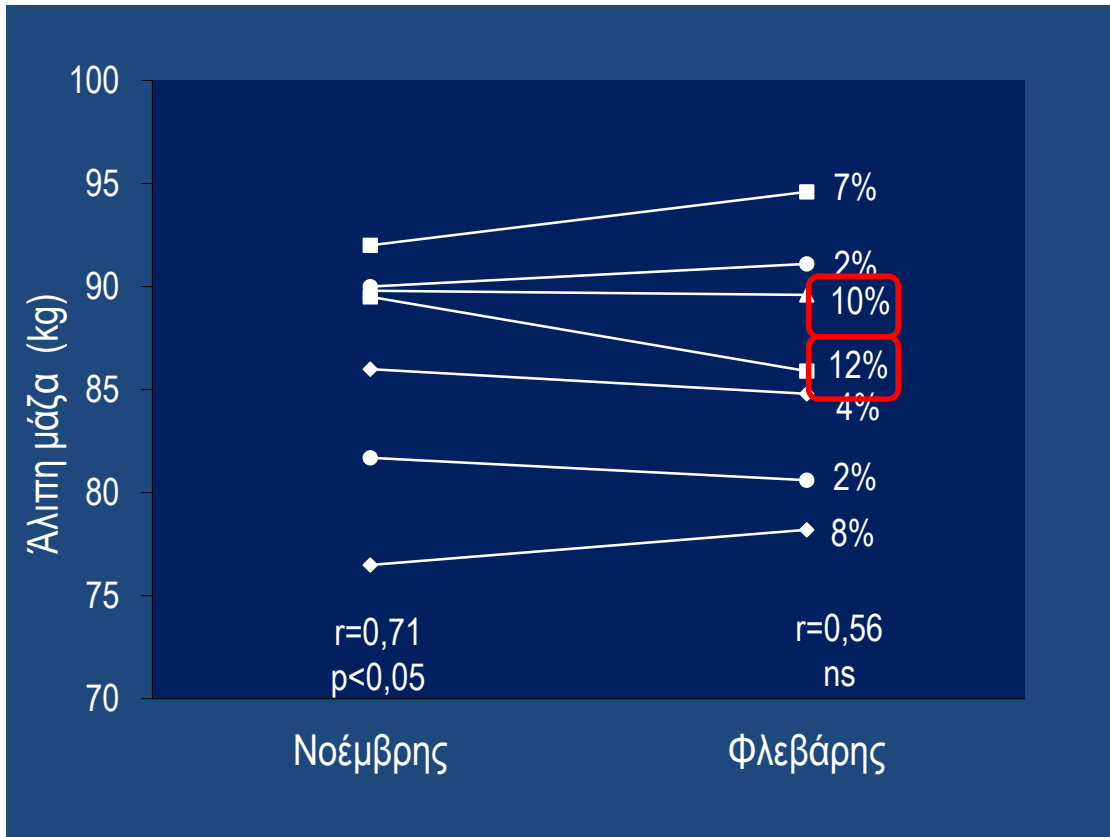
Σχετίζεται η άλιπη μάζα με τη ριπτική επίδοση;



	Αγώνισμα	Φύλλο	Επίδοση (m)	Συσχέτιση (Pearson r)
DeRose,Biazus(1976)	Σφαιροβολία	A	16-19,3	0,94
Morrow et al. (1982)	Σφαιροβολία	A	17,6	0,72
	Δισκοβολία	A	53,5	0,55
Kyriazis et al. (2010)	Σφαιροβολία (π)	A	16,6	0,71
Terzis et al. (2010)	Σφυροβολία	A	72,2	0,81

Αλλαγές της άλιπης μάζας - Αλλαγές στην ισχύ

Η αύξηση της άλιπης μάζας οδηγεί σε αύξηση της ριπτικής επίδοσης; $\longrightarrow$ Όχι



INTERNATIONAL JOURNAL OF
SPORTS PHYSIOLOGY AND PERFORMANCE
Promoting the Science and Practice of Sports Physiology

**Body Composition and Performance in
Shot Put Athletes at Preseason and at
Competition**

Thomas Kyriazis, Gerasimos Terzis, Giorgos Karampatsos,
Stavros Kavouras, and Giorgos Georgiadis

Μέγεθος της μυϊκής μάζας

Συμπεράσματα

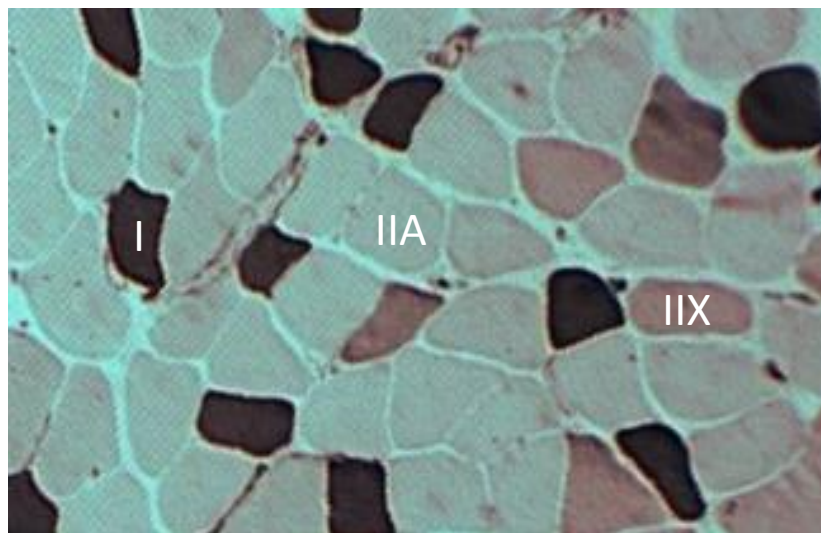
1. Το μέγεθος της μυϊκής μάζας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μέγιστη μυϊκή **δύναμη** (περισσότερες εγκάρσιες γέφυρες).
2. Το μέγεθος της μυϊκής μάζας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μυϊκή **ισχύ**.
3. Αγωνίσματα με **υψηλή εξωτερική αντίσταση** και σχετικά χαμηλή ταχύτητα κίνησης απαιτούν την ανάπτυξη **μεγάλης μυϊκής μάζας** (π.χ. σφαιροβολία).
4. Όσο **μικρότερη είναι η εξωτερική αντίσταση** και υψηλότερη η ταχύτητα κίνησης τόσο **μικρότερη** η ανάγκη για ανάπτυξη μεγάλης **μυϊκής μάζας** (π.χ. άλματα).

Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- Μέγεθος μυϊκής μάζας
- **Είδος μυϊκών ινών**
- Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II
- Επιστράτευση μυϊκών ινών
- Αντανακλαστικά
- Αρχιτεκτονική των μυών
- Συνδετικός ιστός

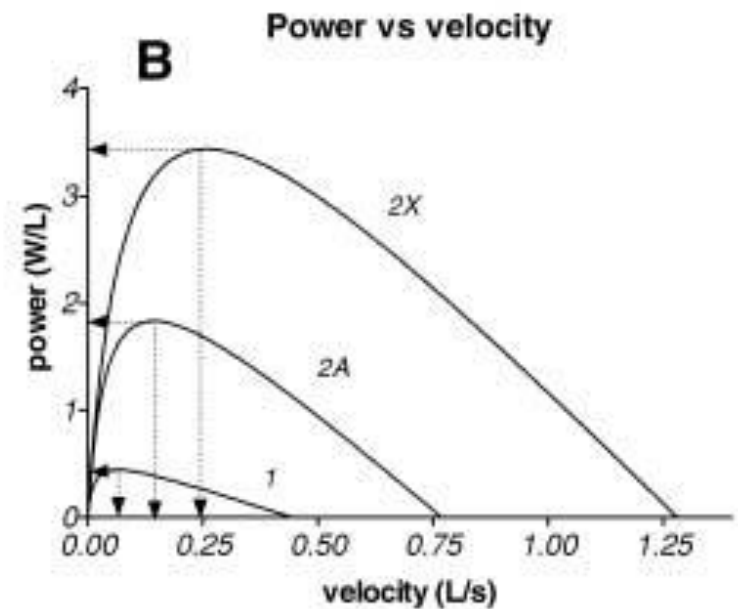
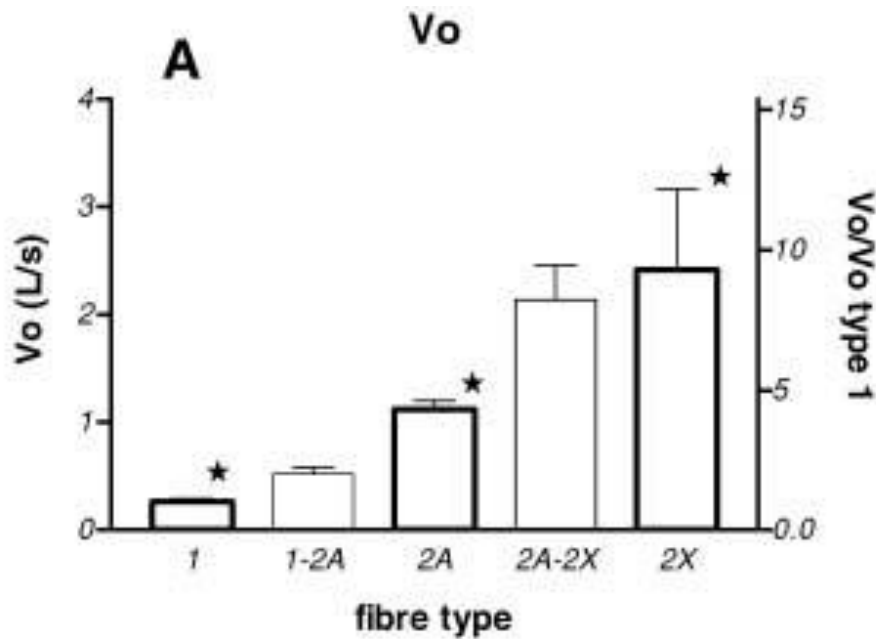
Είδος μυϊκών ινών

	I	IIA	IIIX(β)
Ταχύτητα συστολής	+	++	+++
Εγκάρσια επιφάνεια	++	+++	++
Τριχοειδή αγγεία	+++	++	+
Αερόβια ένζυμα	+++	++	+
Αναερόβια ένζυμα	+	+++	+++



Είδος Μυϊκών ινών

Ταχύτητα συστολής και ισχύς των μυϊκών ινών



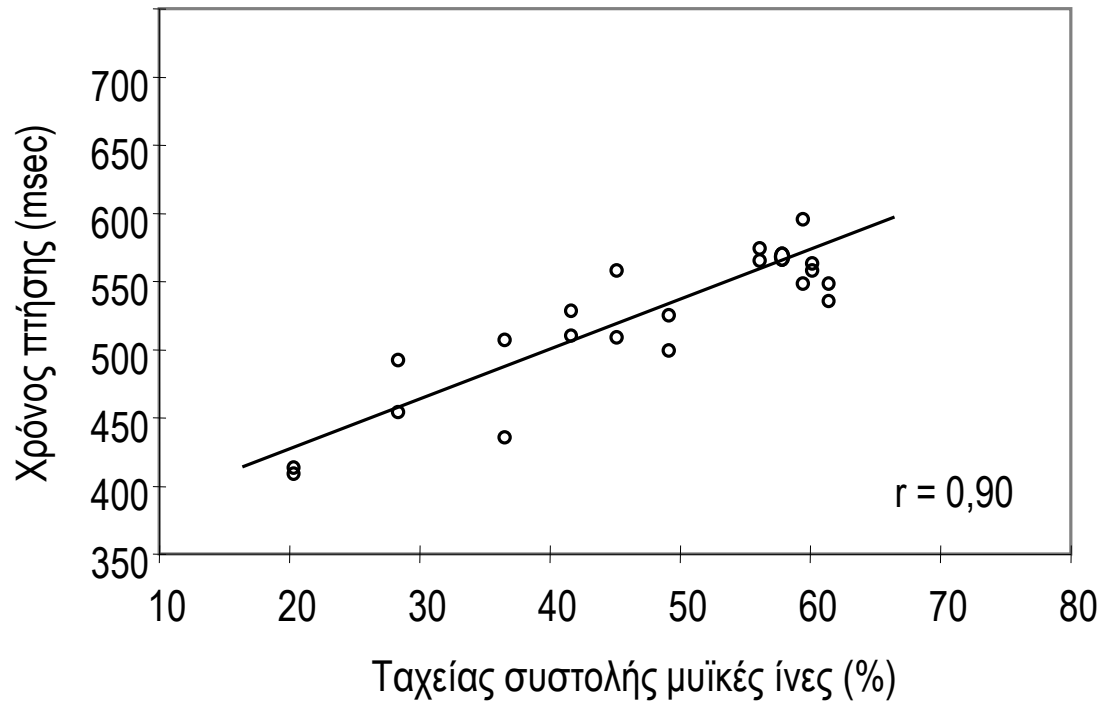
Physiol Rev 91: 1447-1531, 2011
doi:10.1152/physrev.00031.2010

FIBER TYPES IN MAMMALIAN SKELETAL MUSCLES

Stefano Schiaffino and Carlo Reggiani

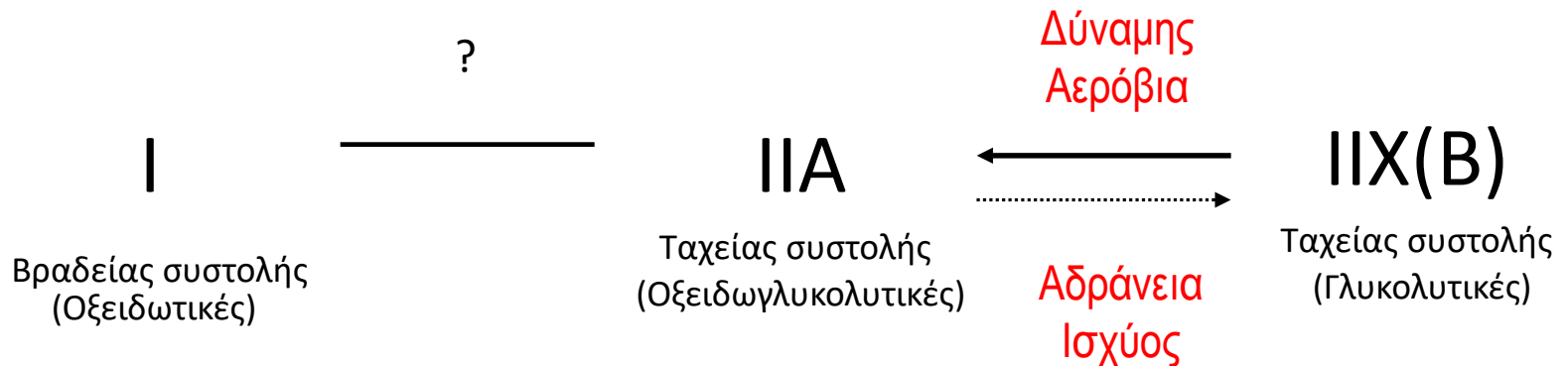
Είδος μυϊκών ινών

Μυϊκές ίνες τύπου II και αλματική επίδοση



Είδος μυϊκών ινών

Αλλαγές στην ποσοστιαία κατανομή των μυϊκών ινών με την άσκηση;

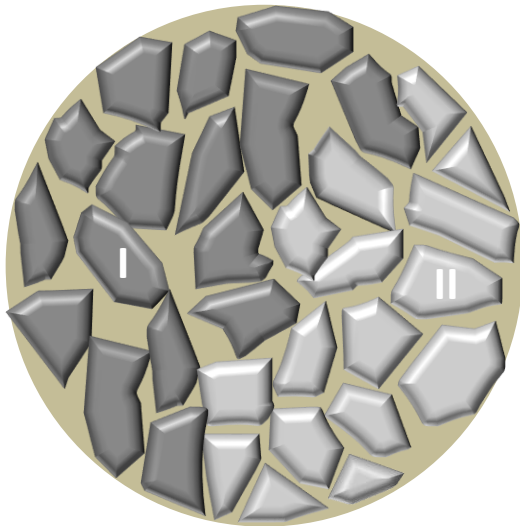


Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- Μέγεθος μυϊκής μάζας
- Είδος μυϊκών ινών
- **Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II**
- Επιστράτευση μυϊκών ινών
- Αντανακλαστικά
- Αρχιτεκτονική των μυών
- Συνδετικός ιστός



Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II

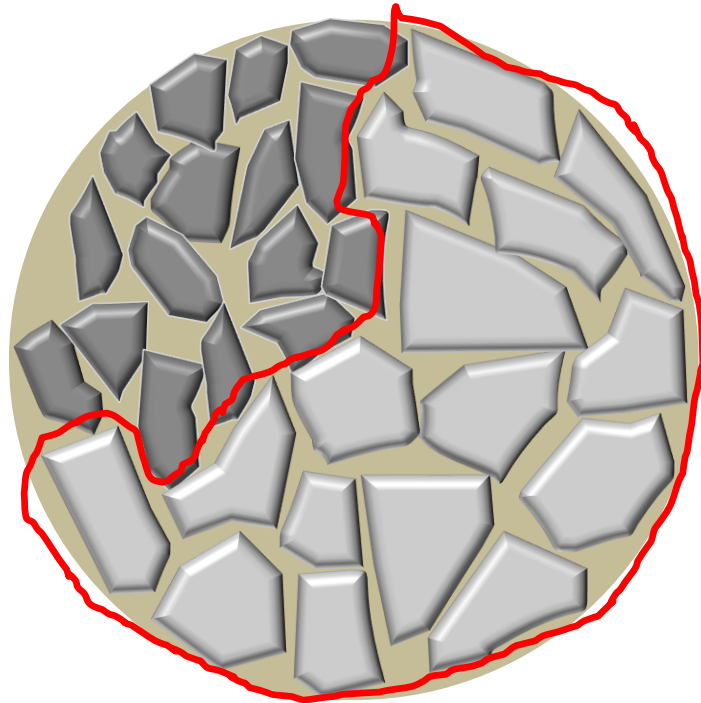


Ίνες I: 50%

Ίνες II: 50%

Εγκάρσια επιφάνεια I: 50%

Εγκάρσια επιφάνεια II: 50%



Ίνες I : 50%

Ίνες II: 50%

Εγκάρσια επιφάνεια I: 30%

Εγκάρσια επιφάνεια II: 70%

Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II

Συμπέρασμα

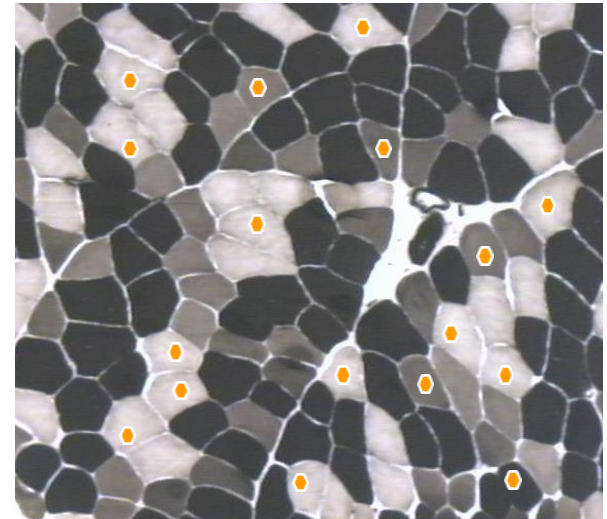
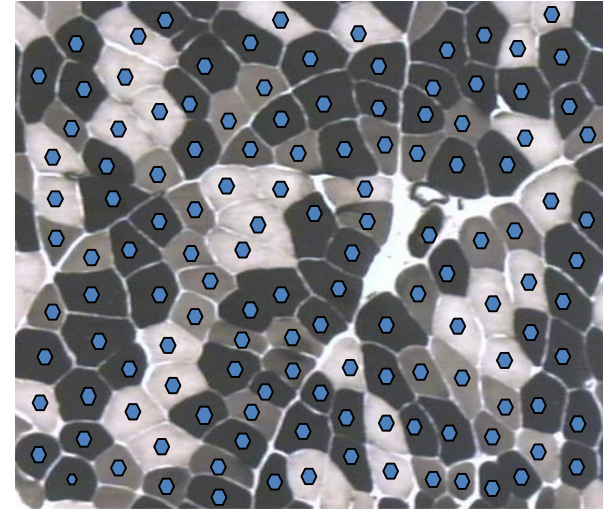
Η υψηλή μυϊκή ισχύς απαιτεί πολλές και μεγάλες σε μέγεθος μυϊκές ίνες τύπου II

Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- Είδος μυϊκών ινών
- Μέγεθος μυϊκών ινών
- Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II
- **Επιστράτευση μυϊκών ινών**
- Αντανακλαστικά
- Αρχιτεκτονική των μυών
- Συνδετικός ιστός

Επιστράτευση των μυϊκών ινών

Κατά την άσκηση με
έκκεντρες και σύγκεντρες
συσπάσεις



Journal of Physiology (1989), **409**, pp. 451–471
With 8 text-figures
Printed in Great Britain

451

**SELECTIVE RECRUITMENT OF HIGH-THRESHOLD HUMAN MOTOR
UNITS DURING VOLUNTARY ISOTONIC LENGTHENING OF
ACTIVE MUSCLES**

By A. NARDONE, C. ROMANÒ AND M. SCHIEPPATI*

Επιστράτευση των μυϊκών ινών

Συμπέρασμα

Δεν γνωρίζουμε ακριβώς ποιές μυϊκές ίνες ενεργοποιούνται κατά την άσκηση με αντιστάσεις

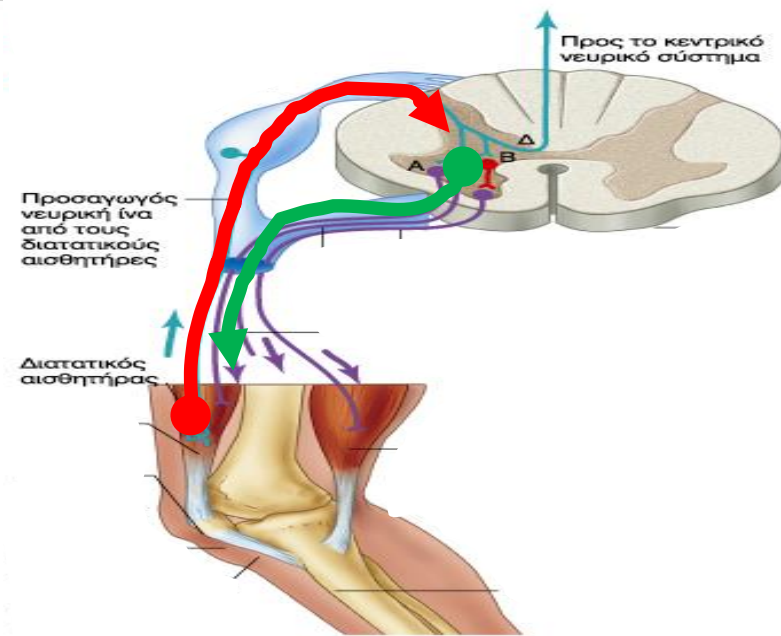
Οι μυϊκές ίνες οι οποίες ενεργοποιούνται κατά την άσκηση είναι εκείνες οι οποίες θα προσαρμοστούν - δυναμώσουν

Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- Μέγεθος μυϊκής μάζας
- Είδος μυϊκών ινών
- Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II
- Επιστράτευση μυϊκών ινών
- **Αντανακλαστικά**
- Αρχιτεκτονική των μυών
- Συνδετικός ιστός

Αντανακλαστικά

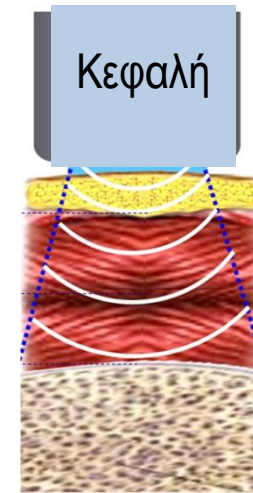
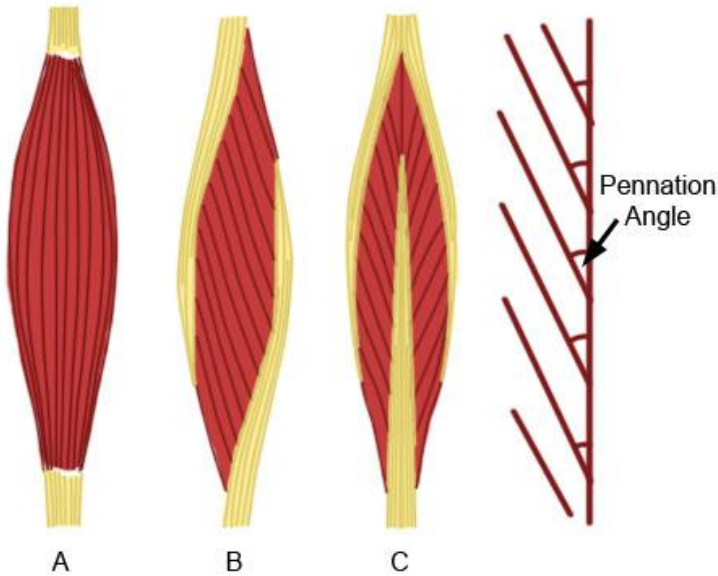
Μυοτατικό αντανακλαστικό



Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- Μέγεθος μυϊκής μάζας
- Είδος μυϊκών ινών
- Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II
- Επιστράτευση μυϊκών ινών
- Αντανακλαστικά
- **Αρχιτεκτονική των μυών**
- Συνδετικός ιστός

Πτεροειδής διάταξη των μυϊκών ινών

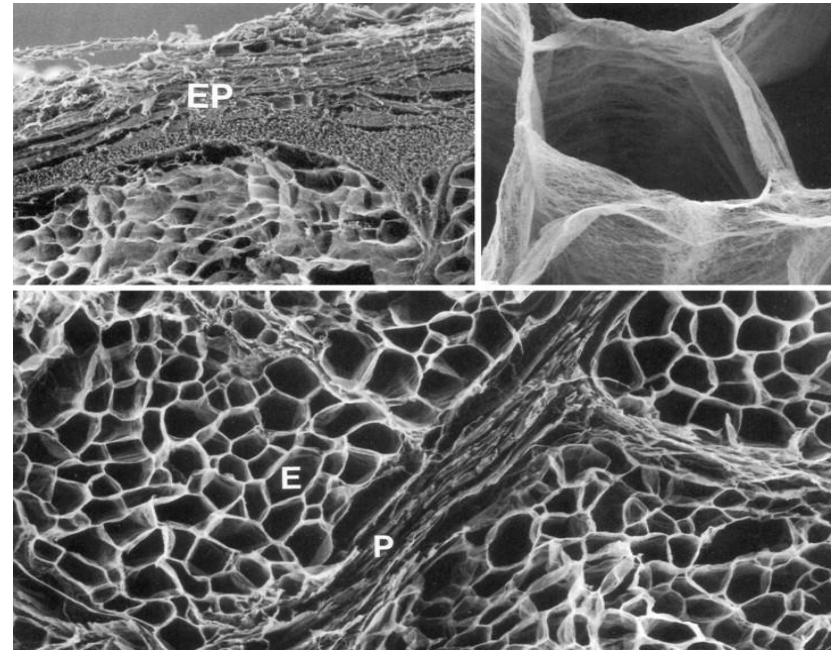
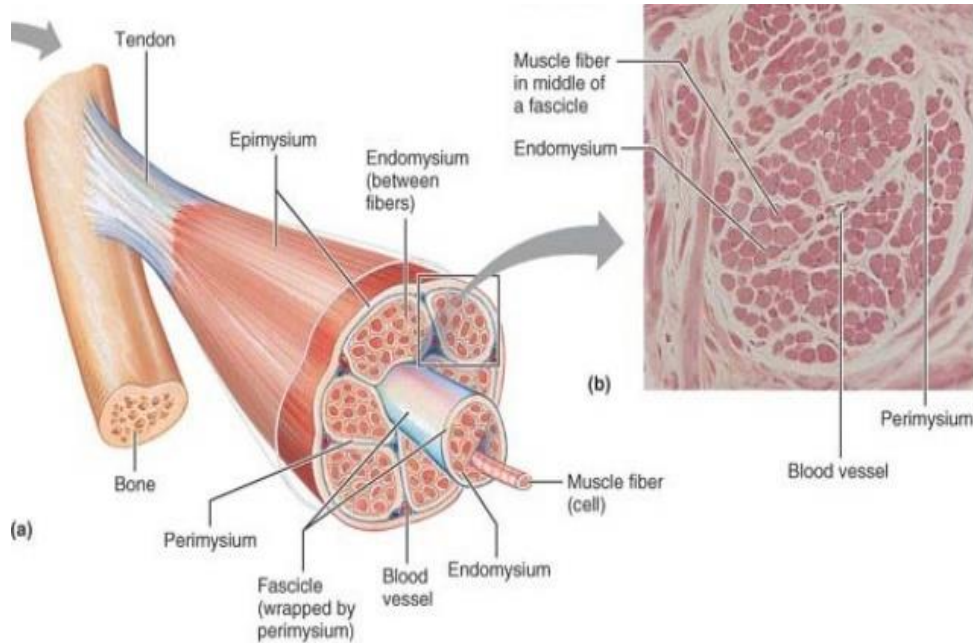


Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

- Μέγεθος μυϊκής μάζας
- Είδος μυϊκών ινών
- Μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II
- Επιστράτευση μυϊκών ινών
- Αντανακλαστικά
- Αρχιτεκτονική των μυών
- **Συνδετικός ιστός**

Συνδετικός Ιστός

Επιμύιο - Περιμύιο - Ενδομύιο - Τένοντες



Κύρια εργασία

Μεταφορά των δυνάμεων που παράγονται μέσα στα σαρκομέρια, στα οστά για την παραγωγή της κίνησης.

Επιθυμητό

1. **Ακαμψία** στις απότομες αλλαγές μήκους με υψηλή αντίσταση
2. **Ελαστικότητα** και άμεση απόδοση της μηχανικής ενέργειας (SSC)

Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης

Σύνοψη

- Ο σημαντικότερος παράγοντας για τη **Μυϊκή Δύναμη**: μέγεθος μυών
- Ο σημαντικότερος παράγοντας για τη **Μυϊκή Ισχύ**: μέγεθος και αριθμός των **ινών τύπου II** που **επιστρατεύονται** και το μήκος των μυϊκών δεματίων
- Περισσότερη έρευνα για το ρόλο των αντανακλαστικών (προσαρμογές με την άσκηση) και του συνδετικού ιστού