



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Έκκεντρη άσκηση για τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος και απόδοσης



Γρηγόρης Μπογδάνης, PhD
Επικ. Καθηγητής, Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α

Έκκεντρη άσκηση:



Πλειομετρική άσκηση
Κύκλος διάτασης-σύσπασης
(Stretch - Shortening Cycle):



Neptune RR, et al., 2009,
R. Anna. Rev. Biomech. Eng. 11:81-107



Έκκεντρη άσκηση, Γ. Μπογδάνης

Komi, 2000, Neptune et al., 2009, Suchomel et al., 2018

- Αύξηση δύναμης/ισχύος
- Μυϊκή υπερτροφία
- Πρόληψη τραυματισμών

Χαρακτηριστικά έκκεντρων & πλειομετρικών ασκήσεων

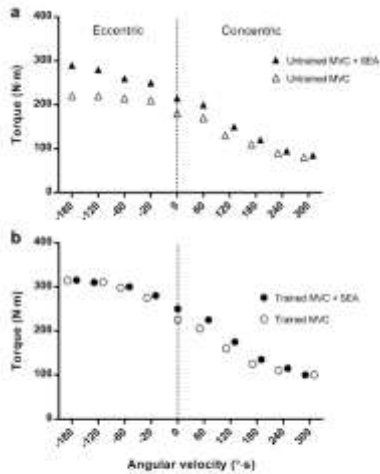
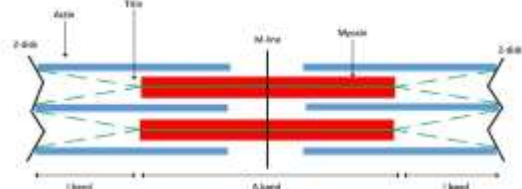


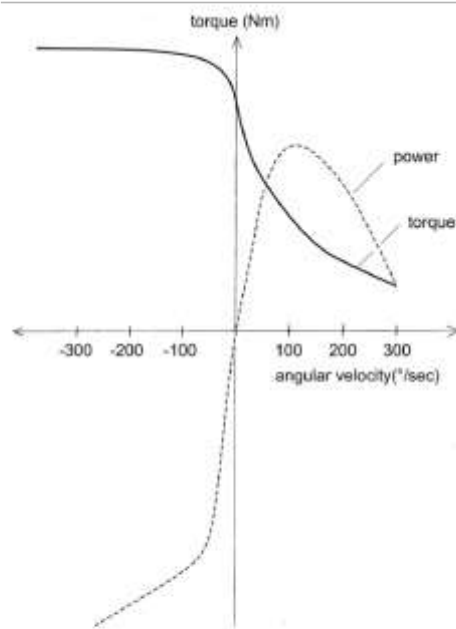
Fig. 2. Representative torque-angular velocity curve during a single joint isokinetic movement (i.e. knee extension) for (a) an untrained and (b) a trained participant during a maximal voluntary contraction (MVC) and a MVC with superimposed electrical activation (MVC + SEA). Data from Amelids et al. [31].

- Ανάπτυξη υψηλής τάσης-δύναμης και διάτασης στον μυ
- Μεγαλύτερη επιστράτευση κινητικών μονάδων ταχείας σύσπασης στις γρήγορες έκκεντρες κινήσεις
- Επίδραση στα συστατικά και «ελαστικά στοιχεία» (τιτανίνη-titin)
- Συμμετοχή ιδιοδεκτικών υποδοχέων (μυϊκή άτρακτος, τενόντια όργανα Golgi)
- Μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση (EMG) κυρίως σε αγύμναστους



Norrbbrand et al, 2008; Schoenfeld, 2010; Roig et al.2009

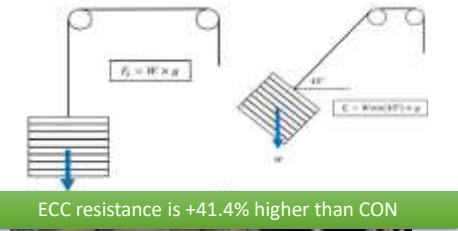
Χαρακτηριστικά Έκκεντρων μυϊκών συσπάσεων



Hoppeler, 2016

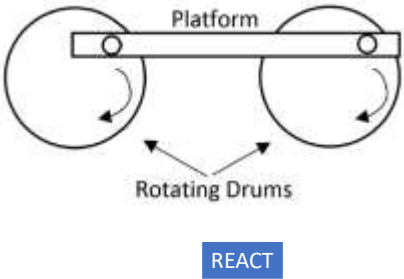
Έκκεντρη υπερφόρτωση -Eccentric overload

Αλλαγή επιβάρυνσης στην έκκεντρη φάση, αλλάζοντας την γωνία κίνησης του βάρους



Tinwala et al. 2017, Friedmann-Bette et al, 2010, Frizziero et al., 2014

Έκκεντρη υπερφόρτωση -Eccentric overload



12-48 RPM, max 3300 N

BTE ECCENTRON

REACT

Tinwala et al. 2017, Friedmann-Bette et al, 2010, Frizziero et al., 2014

Max force: 800 N (1600 with pulley)
Max velocity: 3.9 m/s (1.9 with pulley)



Exentrix

Max force: 6200 N
Max velocity: 0.34 m/s



Exerbotics

Max load supported: 400 kg
Max load generated: 250 kg

Max velocity: 1.4 m/s



Lifter-Intelligent motion

Tinwala et al. 2017, Stock et al., 2014, Douglas et al., 2018
Πλειομετρική προπόνηση, Γ. Μπογδάνης

Max power: 900 W
Speed: 30-100 RPM



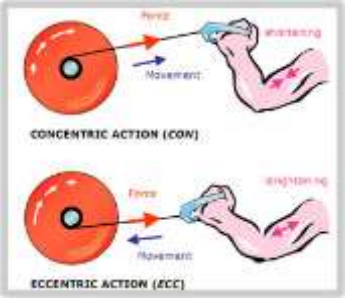
Cyclus 2 Eccentric

Max force: 6200 N
Velocity: from 5s to 60 s cable movement



ARX FIT
Adaptive Resistance eXercise

Tinwala et al. 2017, Stock et al., 2014
Πλειομετρική προπόνηση, Γ. Μπογδάνης



Cyclus 2 Eccentric



nHANCE flywheel

Norrbrand et al., 2010, Tinwala et al. 2017, Friedmann-Bette et al. 2010, Frizziero et al., 2014

Αγγή Έκκεντρη άσκηση

MULTIARTICULAR ISOKINETIC HIGH-LOAD ECCENTRIC TRAINING INDUCES LARGE INCREASES IN ECCENTRIC AND CONCENTRIC STRENGTH AND JUMPING PERFORMANCE

CHRISTOS PAPADOPOULOS,¹ KONSTANTINOS THEODOROU,¹ GREGORY C. BOGDANS,²

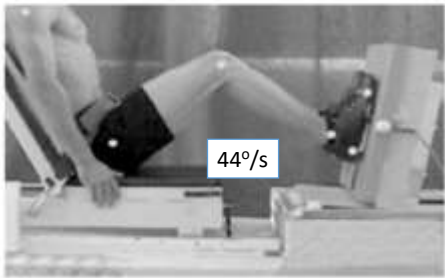


TABLE 1. Characteristics of the eccentric training program.*

Weeks	Sets	Repetitions	Intensity (% of maximal eccentric force)	Rest interval (min)	Total repetitions per week (sessions × sets × repetitions)
1	3	10	70	5	2 × 3 × 10 = 60
2	5	8	80	3	2 × 5 × 8 = 80
3	5	8	80	3	2 × 5 × 8 = 80
4	4	5	90	5	2 × 4 × 5 = 40
5	4	5	90	5	2 × 4 × 5 = 40
6	5	6	90	6	2 × 5 × 6 = 60
7	5	6	90	6	2 × 5 × 6 = 60
8	5	6	90	7	2 × 5 × 6 = 72
					Total = 492 repetitions

TABLE 2. Drop jump performance for the eccentric (ECC) and the control group (CG) measured before (PRE) and after (POST) training (mean ± SD).*

Group	Variable	PRE	POST	Post vs. pre (N)	p
ECC	DL _{jump} (cm)	34.2 ± 7.9	38.6 ± 8.1†	+13.6 ± 3.2	0.001
	DL _{supp} (ms)	318 ± 78	261 ± 70†	-17.6 ± 2.6	0.001
	DL _{max} (W)	4,542 ± 520	5,712 ± 445†	+26.8 ± 1.1	0.001
	DL _{supp} (cm)	34.4 ± 8.2	34.1 ± 7.9	-0.7 ± 0.4	0.99
CG	DL _{jump} (cm)	324 ± 74	337 ± 68	+3.1 ± 1.8	0.99
	DL _{max} (W)	4,692 ± 474	4,532 ± 832	-3.7 ± 1.3	0.94

*DL_{jump} = drop jump height; DL_{supp} = drop jump support time; DL_{max} = drop jump maximal power.

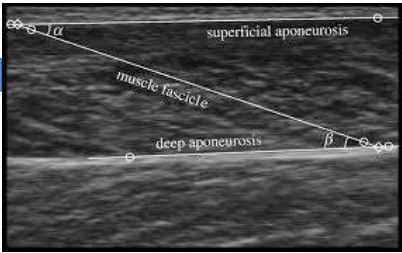
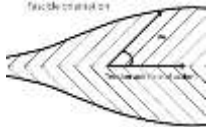
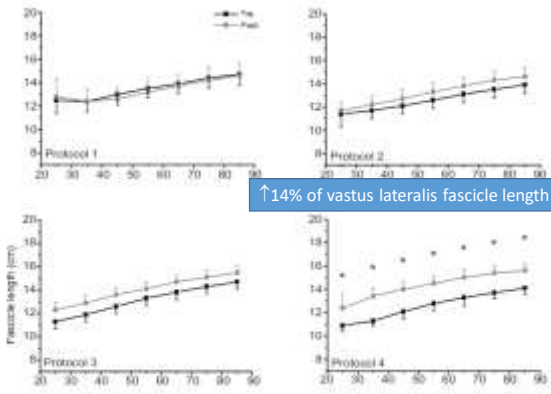
TABLE 3. Maximal eccentric force (F_{maxECC}) and force attained in the first 300 milliseconds (F_{300ECC}) for the eccentric (ECC) and the control group (CG) measured before (PRE) and after (POST) training (mean ± SD).*

Group	Variable	PRE	POST	p
ECC	F _{maxECC} (N)	3,804 ± 694	5,203 ± 940	0.001
	F _{300ECC} (N)	2,509 ± 638	3,657 ± 612	0.001
CG	F _{maxECC} (N)	4,121 ± 948	4,063 ± 1,140	0.98
	F _{300ECC} (N)	2,017 ± 620	1,598 ± 890	0.42

*The p values are from the analysis of variance post hoc test for the interaction effect.

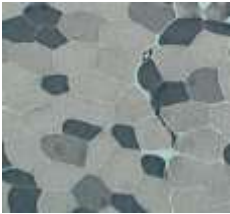
Γρήγορη Έκκεντρη άσκηση

The lengthening velocity of the fascicles during the eccentric loading, particularly in the phase where the knee joint moment decreases (i.e. deactivation of the muscle) is an important factor for longitudinal muscle growth.



Sharifnezhad et al., 2014

Προπόνηση δύναμης



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

MHC I
(βραδείας σύσπασης)

MHC IIA
(ταχείας, ενδιάμεσες)



MHC IIIX
(ταχείας σύσπασης)

Andersen et al. (2010)

Γρήγορη Έκκεντρη άσκηση (ημι-κάθισμα- MONO κατέβασμα με ταχύτητα και ακινητοποίηση όταν η γωνία στο γόνατο φτάσει τις 90°) με επιβαρύνσεις από 30-90% 1-RM.

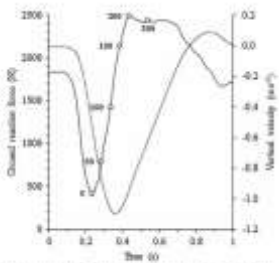
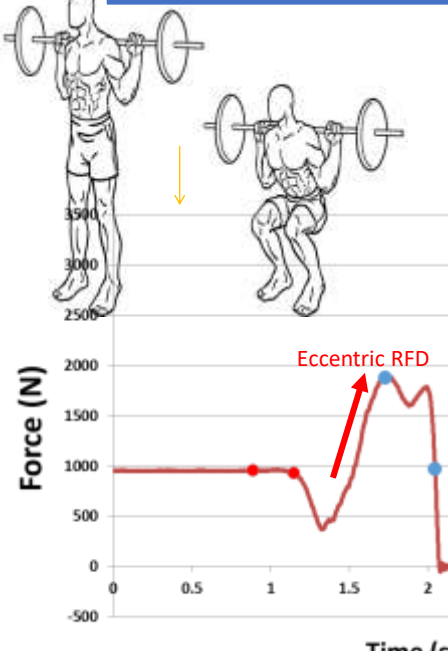


FIGURE 1—External reaction force (solid line) and vertical velocity (dashed line) vs time during the fast eccentric squat (right) the one of the participants.



Bogdanis, Tsoukos, Brown, Selima, Veligeas, Spengos, Terzis, 2018

TABLE 1. Ground reaction force-time characteristics during performance of the fast eccentric half-squat exercise against loads ranging from 30% to 90% of pretraining maximal half-squat strength (1RM) for the determination of optimal load.

	30% 1RM	40% 1RM	50% 1RM	60% 1RM	70% 1RM	80% 1RM	90% 1RM
Loaded bar mass (kg)	44 ± 9	56 ± 11*	75 ± 14*	88 ± 17*	102 ± 20*	117 ± 23*	132 ± 26*
PF (N)	1483 ± 221	1630 ± 226	1769 ± 241*	1903 ± 259 ^{ab}	2088 ± 355 ^{abc}	2160 ± 360 ^{abcd}	2234 ± 415 ^{abcde}
Allen: Scaled PF (N/kg ^{0.75})	67.1 ± 9.0	69.2 ± 8.9	67.8 ± 10.2*	704.3 ± 12.8 ^{ab}	154.1 ± 15.3 ^{ab}	118.2 ± 16.3 ^{abcd}	121.6 ± 18.1 ^{abcde}
RFD ₀₋₅₀ (N/s ²)	88.06 ± 3.807	114.03 ± 3.013	83.84 ± 3.801	98.25 ± 4.709	106.31 ± 45.48	98.88 ± 32.67	65.49 ± 5.868*
RFD ₀₋₁₀₀ (N/s ²)	80.84 ± 25.06	91.42 ± 22.54	84.78 ± 3.081	88.47 ± 36.64	97.11 ± 36.51	89.12 ± 40.09	89.90 ± 19.07 ^{ab}
RFD ₁₀₀ (N/s ²)	80.75 ± 12.99	68.62 ± 12.54	89.18 ± 15.31	108.8 ± 12.83	156.1 ± 18.8*	123.1 ± 21.65	173.4 ± 21.89*
RFD ₁₀₀ (N/s ²)	40.22 ± 4.23	40.12 ± 7.67	40.71 ± 1.68	49.98 ± 9.69	52.96 ± 9.42*	58.65 ± 13.68	39.76 ± 18.42*
Peak downward velocity (m/s ⁻¹)	-1.01 ± 0.13	-1.02 ± 0.06	-0.89 ± 0.15	-0.82 ± 0.11*	-0.53 ± 0.11*	-0.63 ± 0.14 ^{ab}	-0.30 ± 0.20 ^{abcde}
Total movement time (ms)	641 ± 114	710 ± 62	734 ± 114	728 ± 134	763 ± 83	775 ± 130	957 ± 229 ^{abcde}
Time to peak V (ms)	273 ± 56	288 ± 89	278 ± 60	290 ± 45	282 ± 59	301 ± 63	335 ± 46
Time to peak V (% of total)	40.7 ± 8.1	37.2 ± 8.9	39.0 ± 10.0	36.2 ± 6.7	37.5 ± 4.5	38.1 ± 6.7	35.6 ± 5.7
Total movement time (ms)	641 ± 114	710 ± 62	726 ± 116	726 ± 134	757 ± 83	775 ± 130	957 ± 229 ^{abcde}

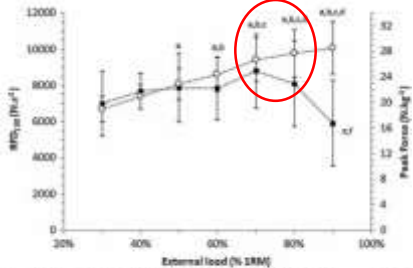
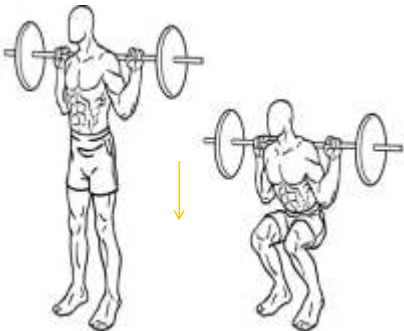
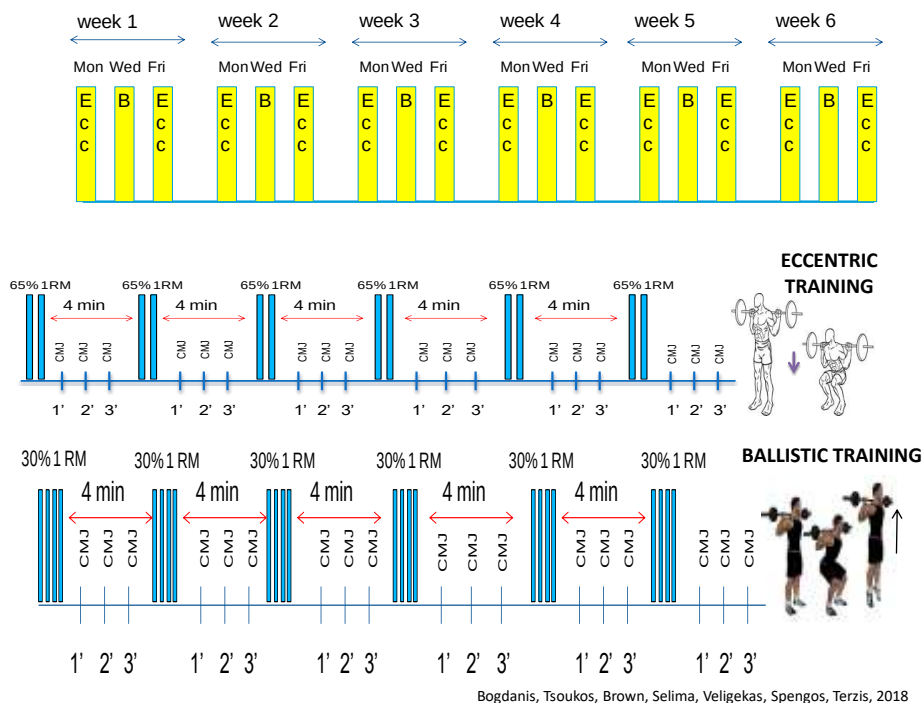


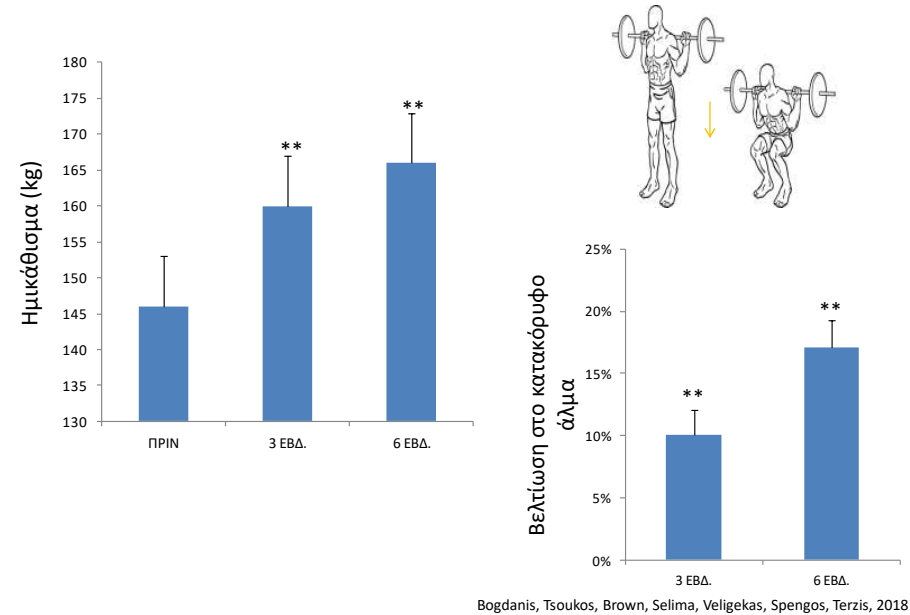
FIGURE 2—RFD during the first 150 ms (RFD150, closed squares) and peak ground reaction force (open circles) during the fast eccentric squat exercise against different external loads (from 30% to 90% of pretraining 1RM).

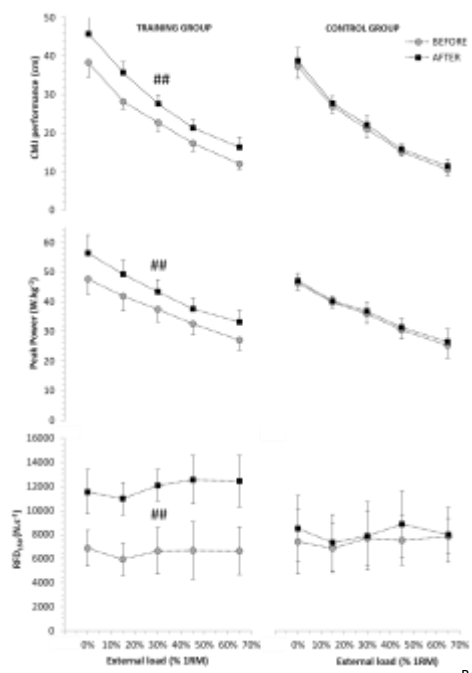


Bogdanis, Tsoukos, Brown, Selima, Veligeas, Spengos, Terzis, 2018

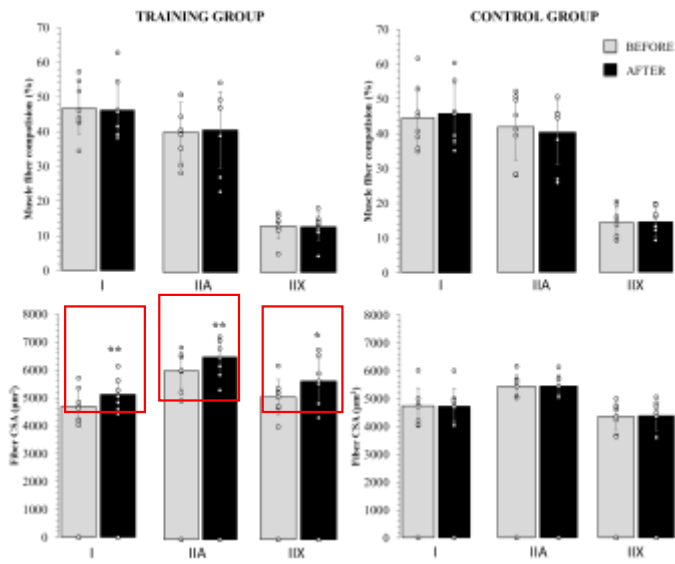


Έκκεντρη προπόνηση δύναμης/ισχύος





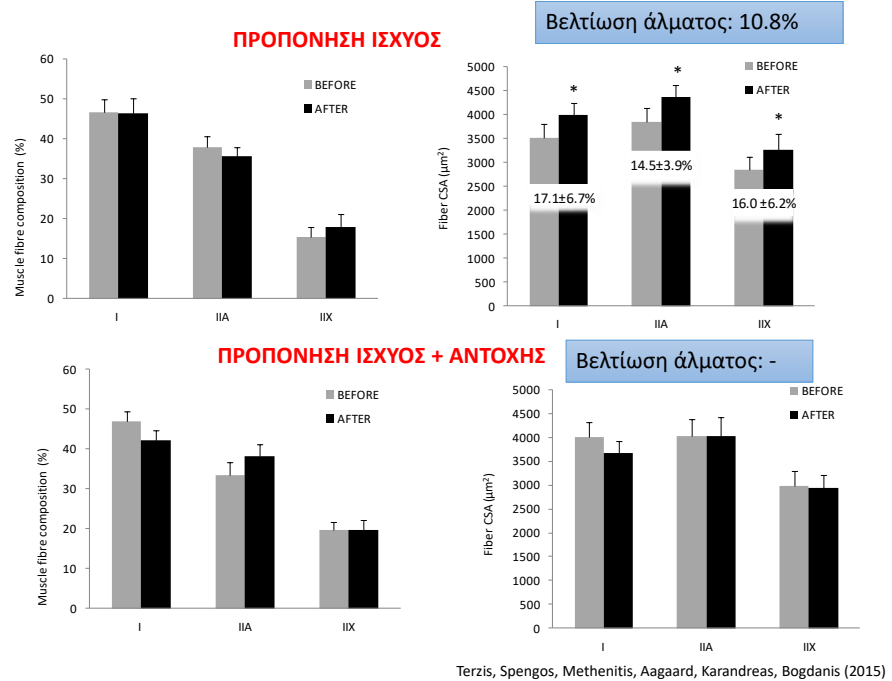
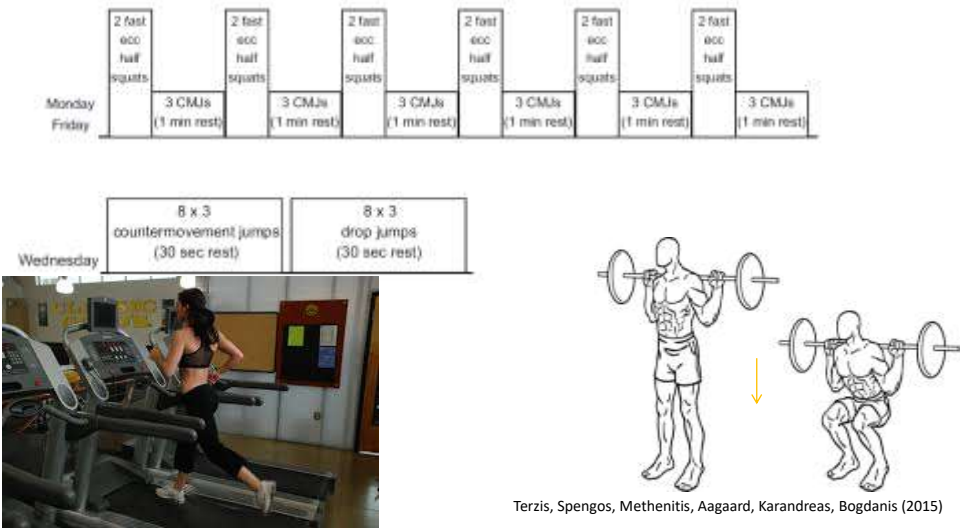
Bogdanis, Tsoukos, Brown, Selima, Veligeas, Spengos, Terzis, 2018



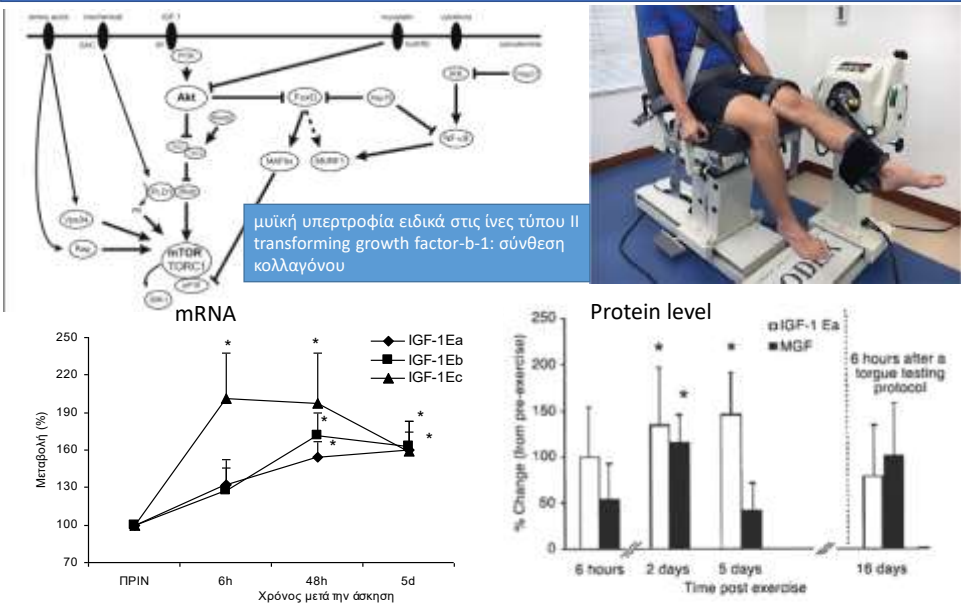
Bogdanis, Tsoukos, Brown, Selima, Veligeas, Spengos, Terzis, 2018

Συνδυασμός Έκκεντρης προπόνησης με προπόνηση καρδιοαναπνευστικής αντοχής

- 20 νεαρές γυναίκες (φοιτήτριες ΦΑΑ) σε δύο ομάδες: ΙΣΧΥΟΣ και ΙΣΧΥΟΣ + ΑΝΤΟΧΗΣ (30 min στο 60-70%)
- 6 εβδομάδες x 3 φορές/εβδομάδα

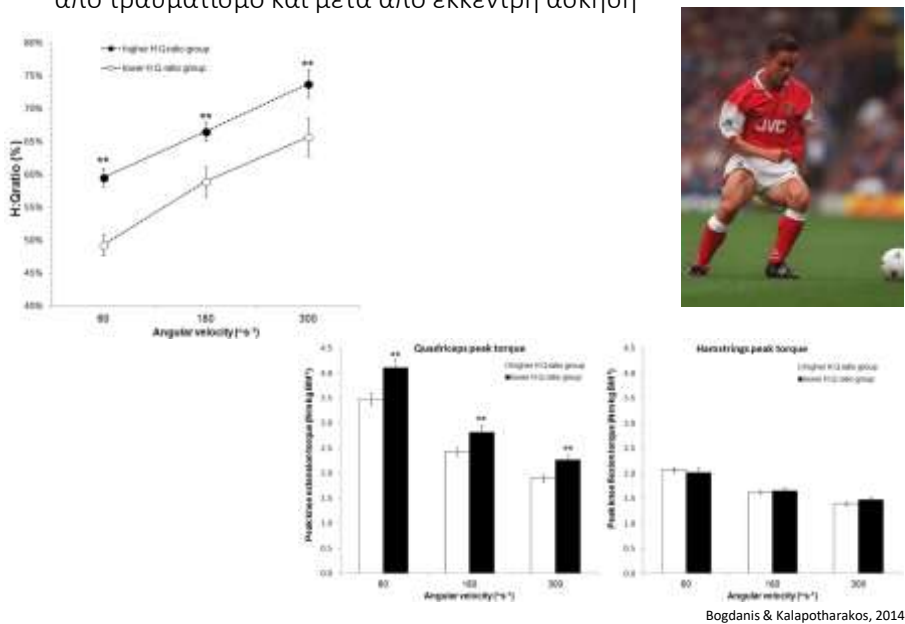


Αυξητικοί παράγοντες στους μυς μετά από έκκεντρη άσκηση



Philippou A, Papageorgiou E, Bogdanis G, Halapas A, Sourla A, Maridakí M, Pissimissis N, Koutsilieris M., 2009 Bikle et al., 2015
Expression of IGF-1 isoforms after exercise-induced muscle damage in humans: characterization of the MGF E peptide actions in vitro

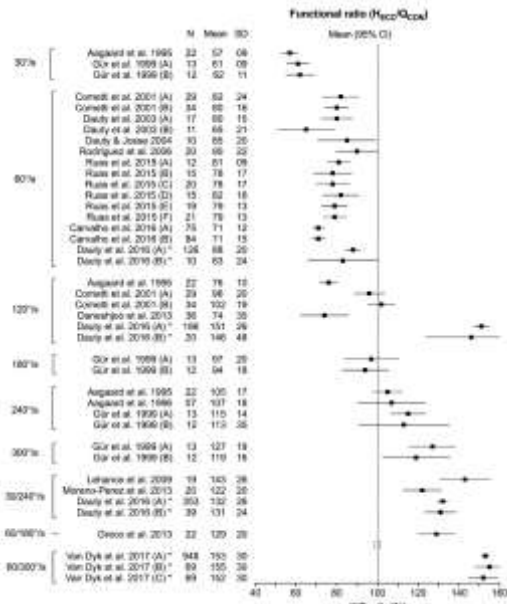
Αλλαγή της μικρο-δυναμικής σχέσης των οπισθίων μηριαίων μετά από τραυματισμό και μετά από έκκεντρη άσκηση



Αλλαγή της μηκο-δυναμικής σχέσης των οπισθίων μηριαίων μετά από τραυματισμό και μετά από έκκεντρη άσκηση



Baroni et al., 2018



Fatigue affects peak joint torque angle in hamstrings but not in quadriceps (Coratella et al., 2014)

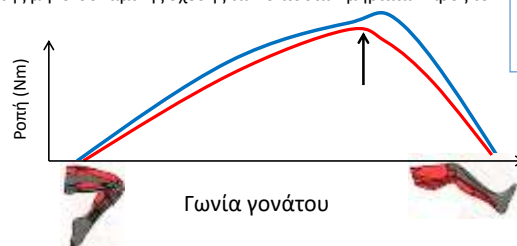
Οι τραυματισμοί των οπίσθιων μηριαίων συμβαίνουν συνήθως σε σπριντ, σουτ ή δυναμικής έκτασης του γονάτου, όπου ο τετρακέφαλος λειτουργεί μειομετρικά ενώ οι οπίσθιοι μηριαίοι λειτουργούν πλειομετρικά.



Μετά από μια «προσομοίωση» ποδοσφαιρικού αγώνα

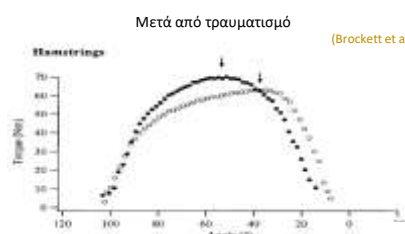
- Η κόπωση επηρεάζει τη σχέση δύναμης/ροπής-μήκους μυός (γωνίας της άρθρωσης) **ΜΟΝΟ** στους οπίσθιους μηριαίους και **ΟΧΙ** στον τετρακέφαλο
- Μείωση του «λειτουργικού λόγου δύναμης» (Functional Hecc:Qcon) στις υψηλές ταχύτητες έκτασης του γονάτου
- «Μετακίνηση» (shift) της μηκο-δυναμικής σχέσης των οπισθίων μηριαίων προς το μικρότερο μήκος

Οι τραυματισμοί στους οπίσθιους μηριαίους μπορεί να εξαρτώνται **και** από τη μείωση της δύναμης των ισχιοκνημιαίων όταν το γόνατο βρίσκεται κοντά σε θέση έκτασης

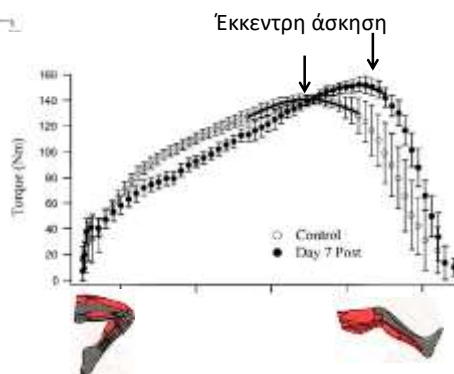


Coratella et al., 2014

Αλλαγή της μηκο-δυναμικής σχέσης των οπισθίων μηριαίων μετά από τραυματισμό και μετά από έκκεντρη άσκηση



Nordic exercise



Brockett et al. (2001)

Μεταβολή της βέλτιστης γωνίας που εμφανίζεται η μέγιστη δύναμη

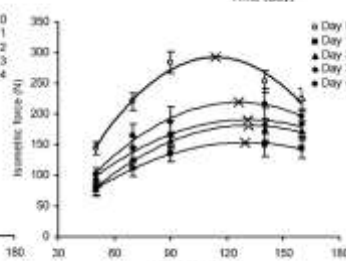
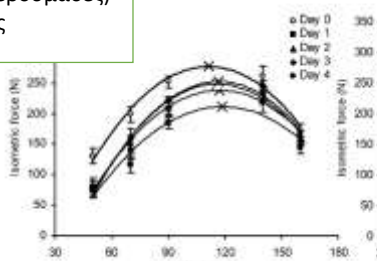
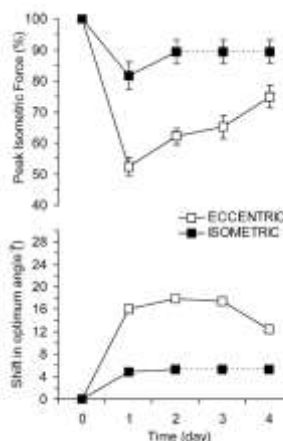
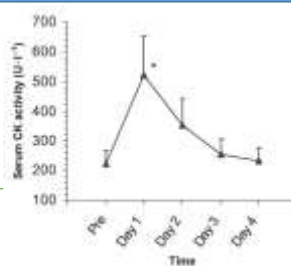
- 50 πλειομετρικές συσπάσεις σε ισοκινητικό μηχάνημα (30° /s)- 4 s- 15 s rest
- 50 ισομετρικές συσπάσεις (10 s – 20 s rest)

Philippou, Bogdanis, Nevill, Maridaki, 2004

“Repeated bout effect” (προστασία από μυϊκή βλάβη μετά από μια έκκεντρη προπόνηση)

- Διαρκεί έως 8 εβδομάδες
- Εμφανίζεται και στο ανενεργό άλλο άκρο (για έως 4 εβδομάδες)- νευρικές προσαρμογές

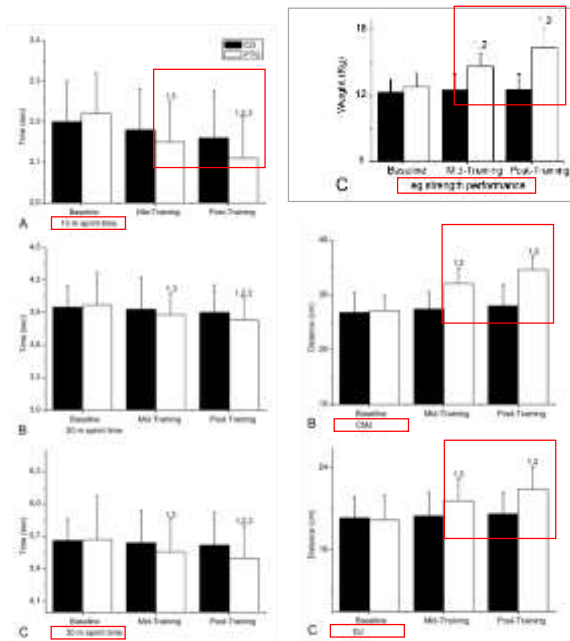
Chen et al., 2016



Πλειομετρική προπόνηση σε παιδιά

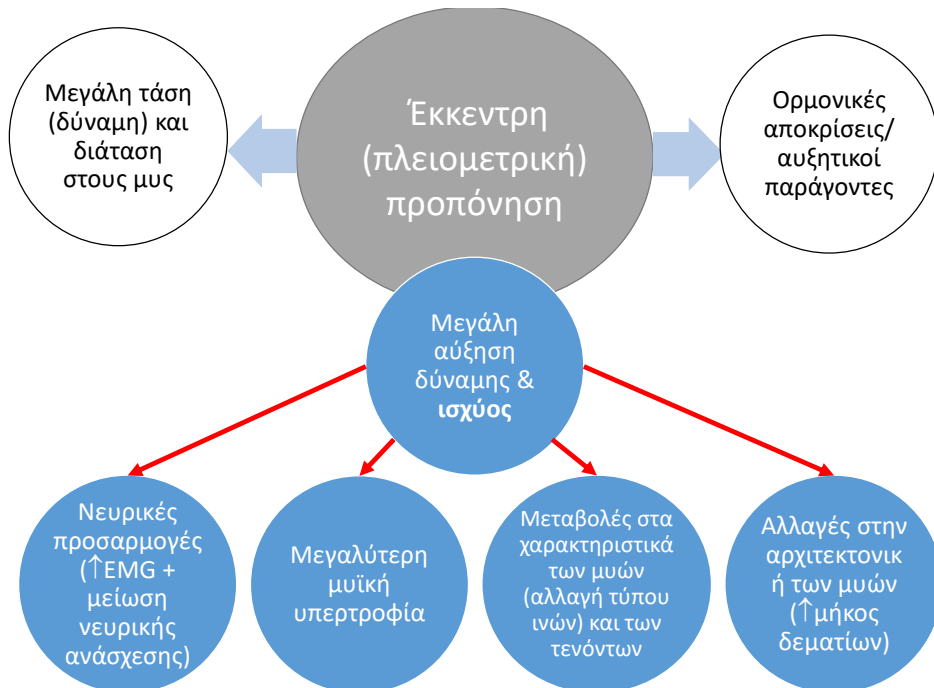
- 10.6 ± 0.5 ετών παιδιά (παίκτες ποδοφαίρου)
- Προπόνηση 12 εβδομάδων, 2 φορές/εβδομάδα
- 4 ασκήσεις x 2-4 σετ x 5-10 επαναλήψεις (60-120 άλματα)- 1.5 – 3 λεπτά διάλειμμα
- Άλματα μπροστά & πλάγια με και χωρίς εμπόδια, «σκάλες», άλματα από και σε χαμηλά «κουτιά» (box jumps)
- Σε αθλητές υψηλού επιπέδου χρειάζονται > 8 εβδομάδες πλειομετρικής προπόνησης για να έχει αποτέλεσμα

Slimani et al., 2016



Michailidis et al., 2013,

Plyometric trainability in pre-adolescent soccer athletes



Markovic Milkulic, 2009, Bridgeman et al. 2015, Paddon-Jones et al., 2001, Friedmann-Bette et al, 2010