



Edzés, mikrosérülések, regeneráció és alkalmazkodás

Dr. Váczai Márk
Sporttudományi és Testnevelési Intézet
Természettudományi Kar
Pécsi Tudományegyetem

TEMATIKA

- 1. FEJEZET.** AZ EDZÉS ÁLTAL OKOZOTT IZOMFÁJDALOM KIALAKULÁSÁNAK MECHANIZMUSA
- 2. FEJEZET.** A MIKROSÉRÜLÉSEK KIALAKULÁSÁNAK MÉRTÉKÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK
- 3. FEJEZET.** MIKROSÉRÜLÉSEK MEGISMÉTELT ÉS SOROZATEDZÉSKOR
- 4. FEJEZET.** REGENERÁCIÓS STRATÉGIÁK

1.

AZ EDZÉS ÁLTAL OKOZOTT
IZOMFÁJDALOM KIALAKULÁSÁNAK
MECHANIZMUSA

Edzés által okozott izomfájdalmak típusai

1-es típus: kb. 12-72 órával az edzés után jelentkező fájdalom (delayed onset muscle soreness)

2-es típus: néhány izomrost, vagy akár a teljes izom elszakadásából keletkező fájdalom

3-as típus: fáradásból adódó fájdalom, amely az intenzitás növekedésével fokozódik

Kulcsszavak

Exercise induced muscle damage (EIMD)

Microinjury

Delayed onset muscle soreness (DOMS)

Elméletek az 1. típusú izomfájdalom kialakulására

„TEJSAV” ELMÉLET (ARMSTRONG 1984)

X

„IZOMGÖRCS” ELMÉLET (DE VIRES 1961)

?

„KÖTŐSZÖVET KÁROSODÁS” ELMÉLET (STAUBER 1989)



„GYULLADÁSI FOLYAMATOK” ELMÉLETE (SMITH 1991)



„MIKROSÉRÜLÉSEK” ELMÉLET (HOUGH 1902)



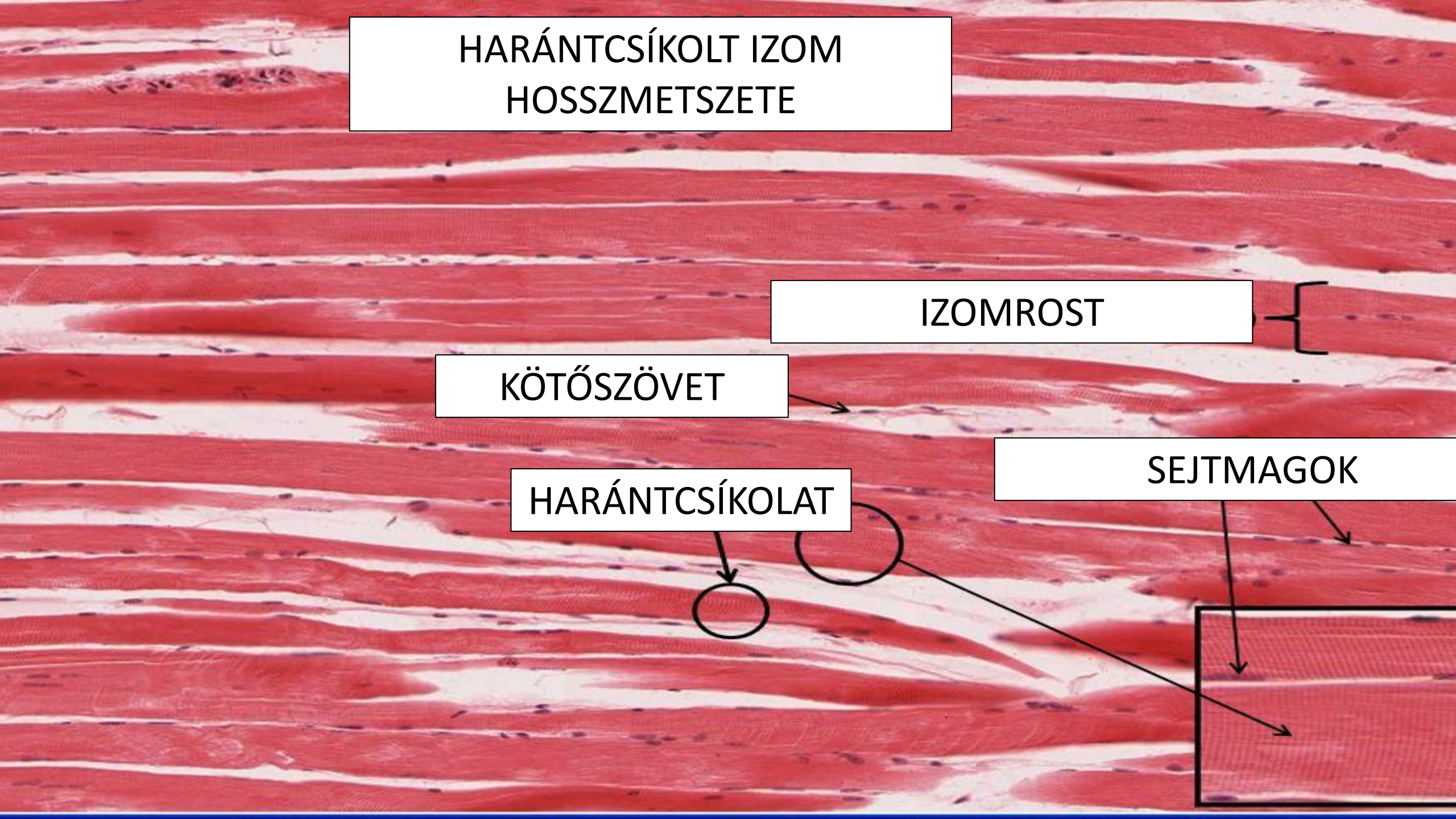
HARÁNTCSÍKOLT IZOM HOSSZMETSZETE

IZOMROST

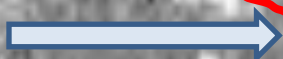
KÖTŐSZÖVET

HARÁNTCSÍKOLAT

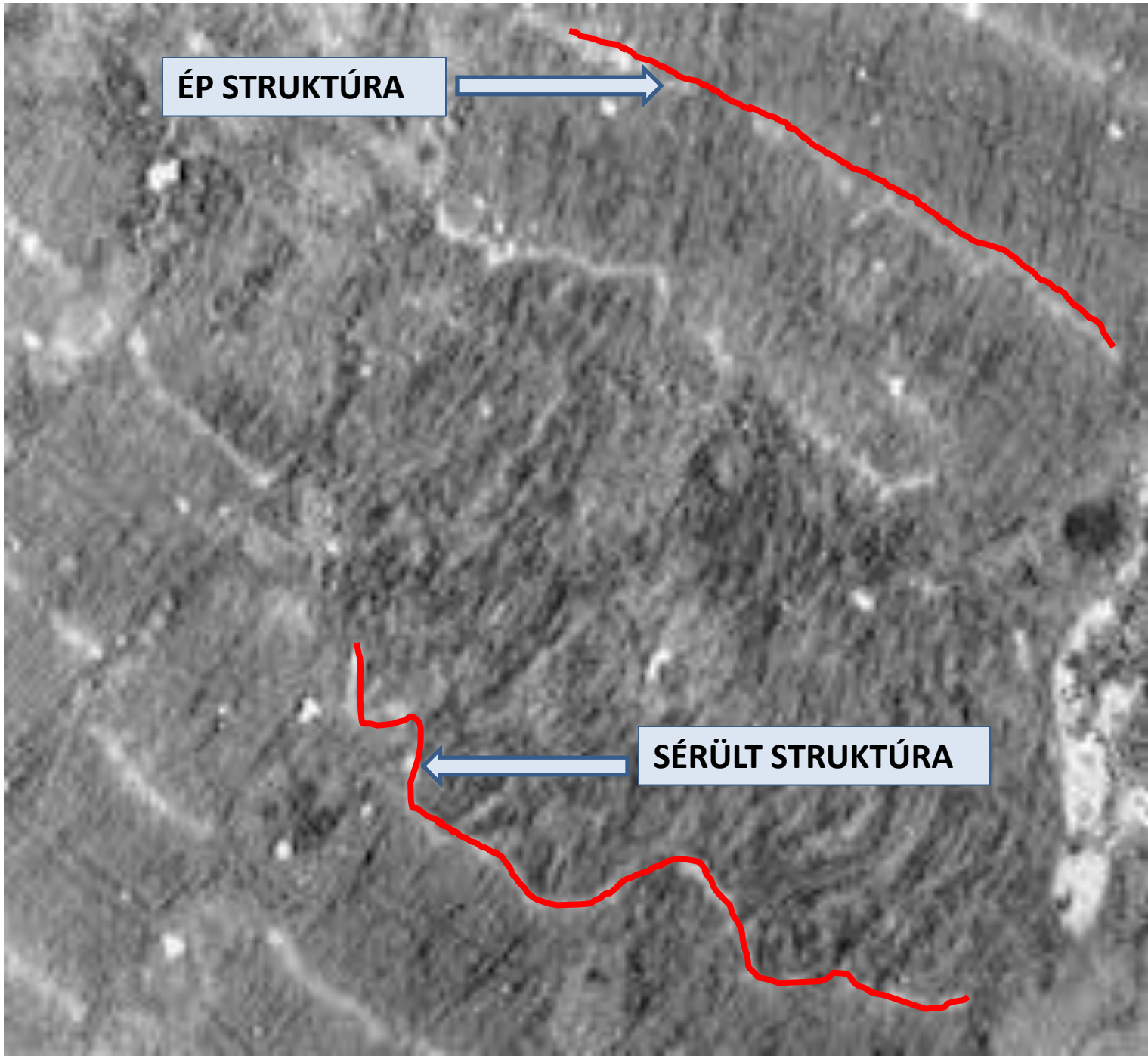
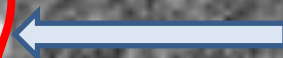
SEJTMAGOK



ÉP STRUKTÚRA



SÉRÜLT STRUKTÚRA



Elméletek integrálása

1. Nagy feszüléssel járó kontrakciók mikroszkópikus szakadásokat idéznek elő az izom fehérjeszerkezetében, különösen a gyengébb Z vonalakban. Az izom-ín átmeneti részen a kötőszövet is sérül

2. A szarkolemma sérül, amely Ca^{++} emelkedését idézi elő. A magas Ca^{++} koncentráció aktiválja a proteolitikus enzimeket, amelyek bontják a Z vonal fehérjéit, valamint a troponin és tropomyozin fehérjéket (másodlagos sérülés).

3. Néhány órán belül jelentősen megnövekszik a keringő neutrofilek mennyisége.

4. A leszakadt izomfehérjék fagocitózisa. Prostaglandin termelődik, amely fokozza az idegvégződések mechanikai, kémiai és hőérzékenységét.

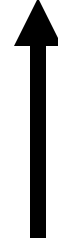
5. Szöveti ödéma és helyi hőmérséklet növekedés alakul ki, ami tovább aktiválja a fájdalomérző receptorokat.

6. Fájdalom érzékelése, amely mozgás következtében fokozódik.

SPORTTELJESÍTMÉNY CSÖKKENÉSE



Gyulladási folyamatok, fájdalom



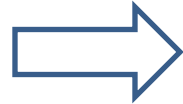
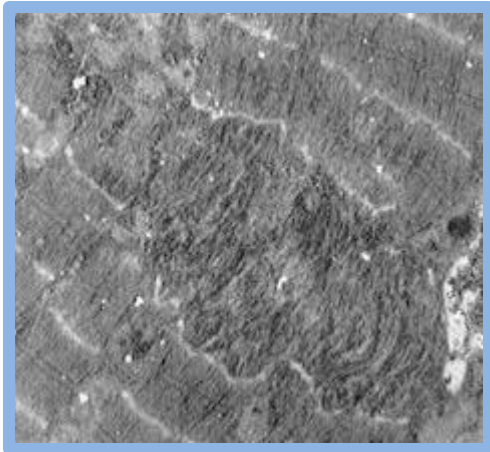
12-72 h

Izomszerkezeti elváltozások (mikrosérülések)



**SZOKATLAN
IZOMMUNKA**

Az izom mikrosérülésének indirekt mutatói



FÁJDALOM



ERŐDEFICIT



DUZZADÁS, ÖDÉMA



CSÖKKENT MOZGÁSTARTOMÁNY



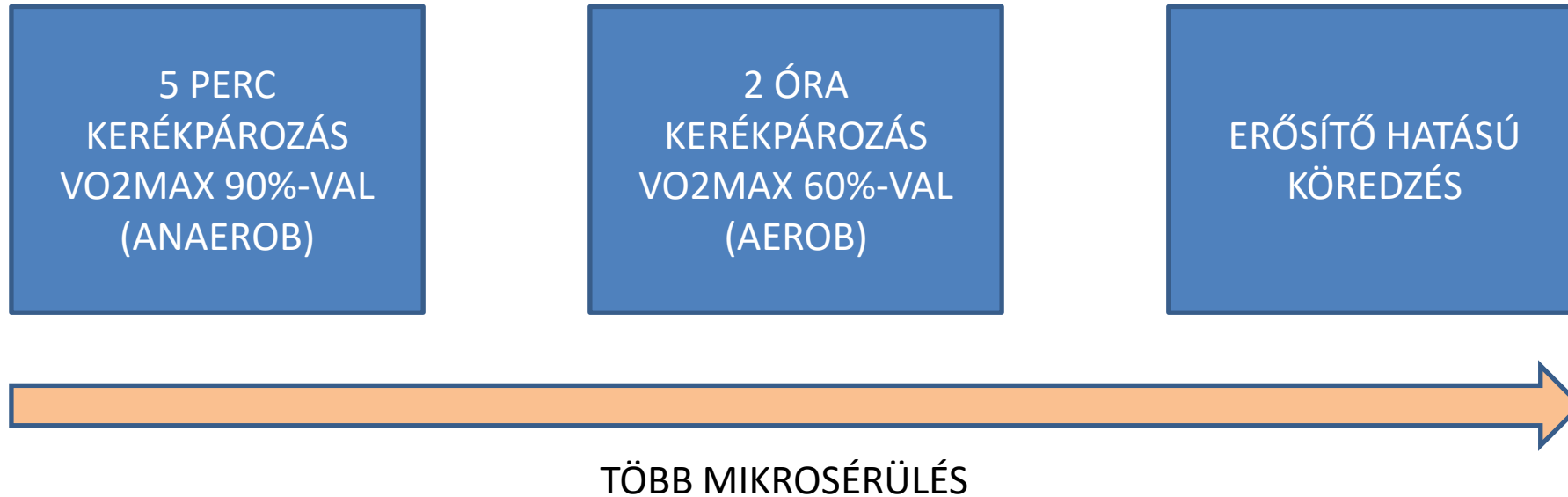
CSÖKKENT KOORDINÁCIÓ



IZOMFEHÉRJÉK A VÉRZEN

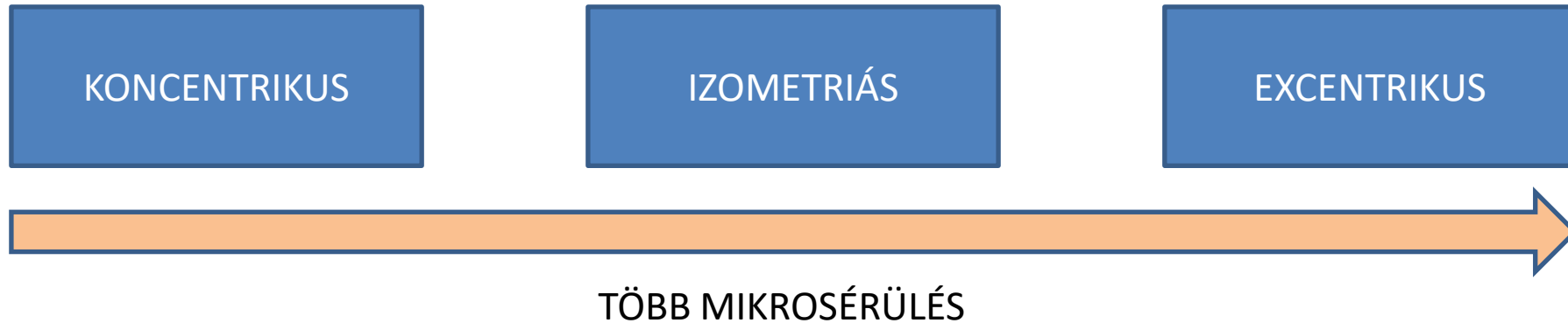
2. A MIKROSÉRÜLÉSEK KIALAKULÁSÁNAK MÉRTÉKÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Az edzés jellege

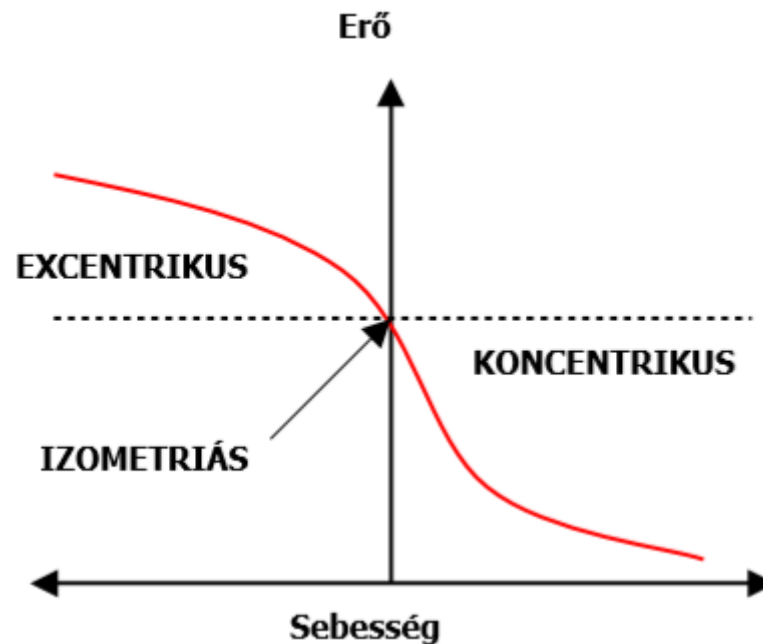


Brenner 1999

Az izomkontrakció típusa/ az izomfeszülés mértéke

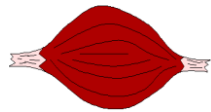


Clarkson 1986



Hill 1953

Excentrikus (fékező) izomműködés

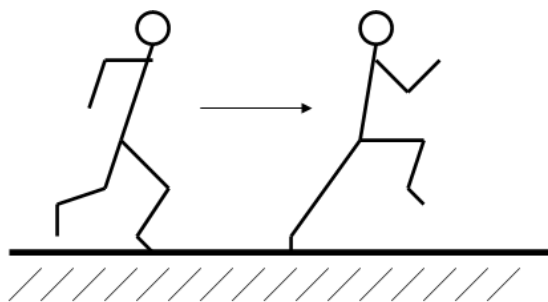


A koncentrikus (legyőző) izomműködés kevesebb mikrosérülést okoz

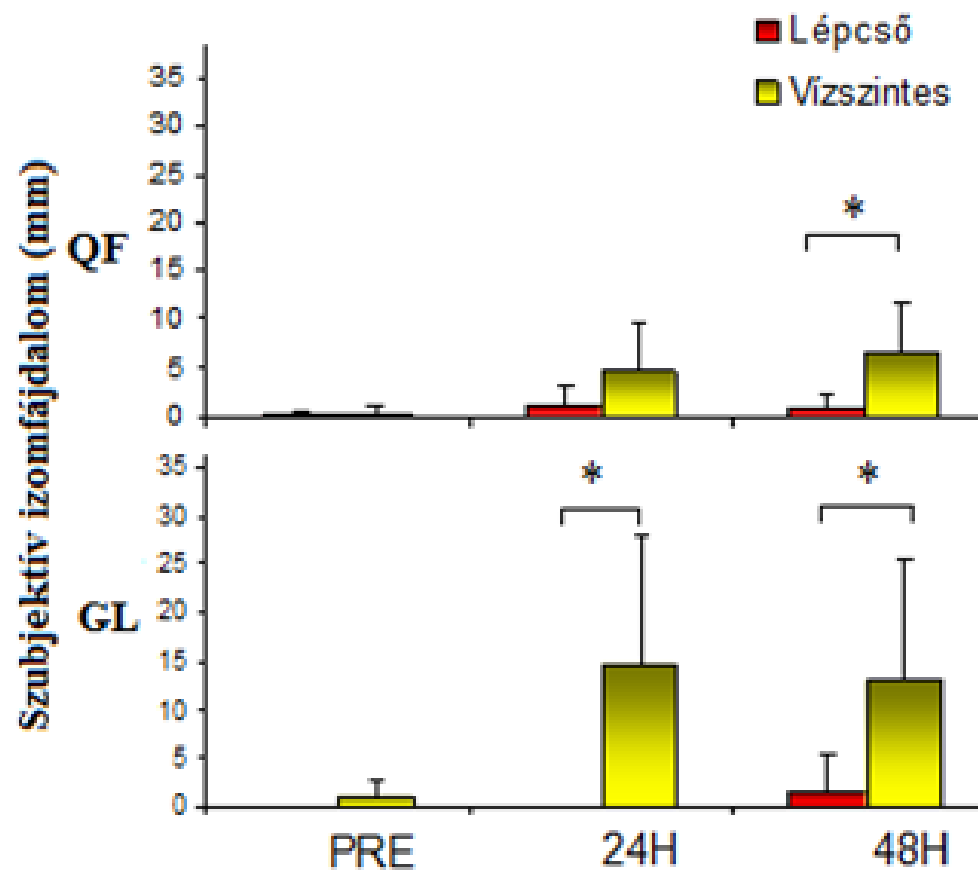
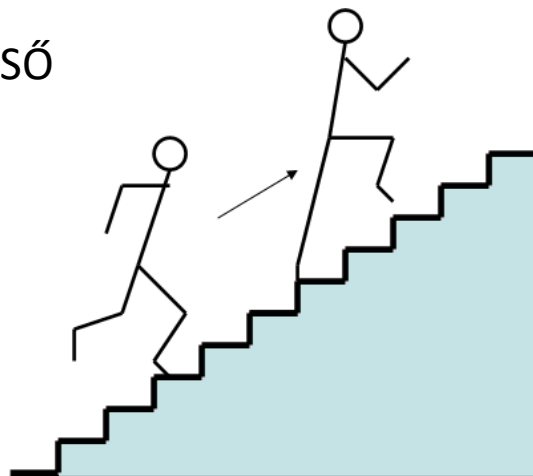


„EXCENTRIKUS” ÉS „KONCENTRIKUS” ALAPÚ EDZÉS FÁJDALOMRA GYAKOROLT HATÁSA

VÍZSZINTES TALAJ



LÉPCSŐ



Az izom feszülésének időtartama



SZINKRONIZÁCIÓS
ERŐEDZÉS



HIPERTRÓFIA EDZÉS



TÖBB MIKROSÉRÜLÉS



**Rezisztencia edzés
100kg ellenállás**



CK: 2.000 IU/L



**Maratoni futás (42.195 m)
180 cm-es lépéshossz esetén
23.000 lépés**



**Lábanként
11.500 impakt**

CK: 42.000 IU/L

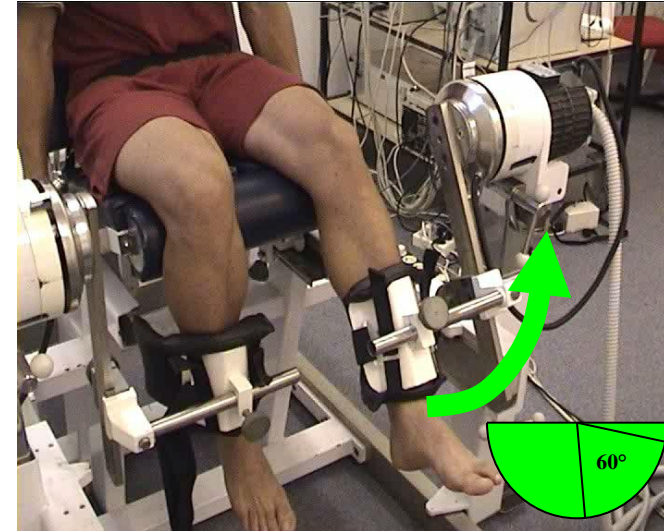
A mozgás tartománya, az izomnyúlás mértéke

Kis mozgástartomány (K csoport)

6x15 excentrikus kontrakció

60° szögtartomány

60° /s szögsebesség

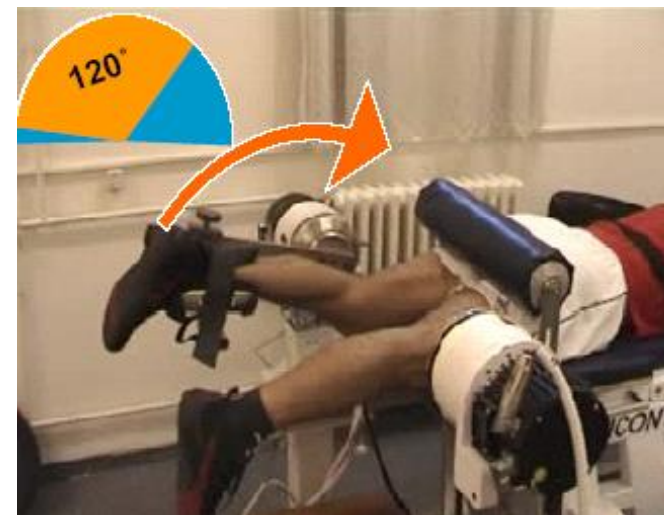


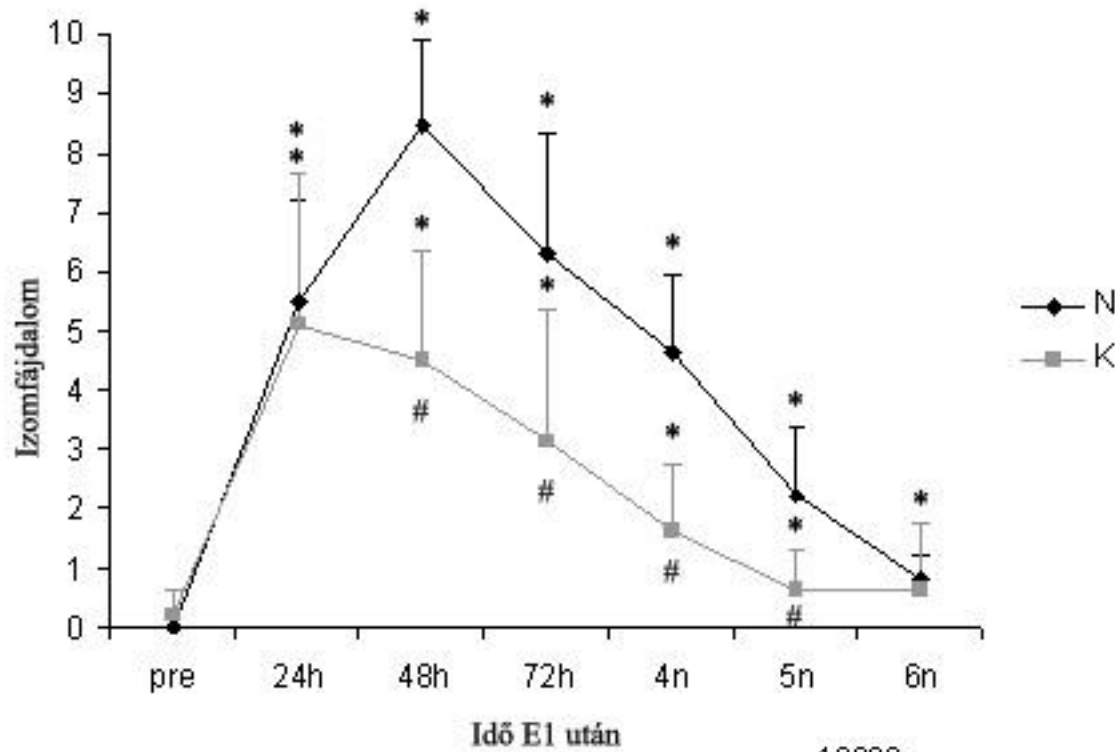
Nagy mozgástartomány (N csoport)

6x15 excentrikus kontrakció

120° szögtartomány

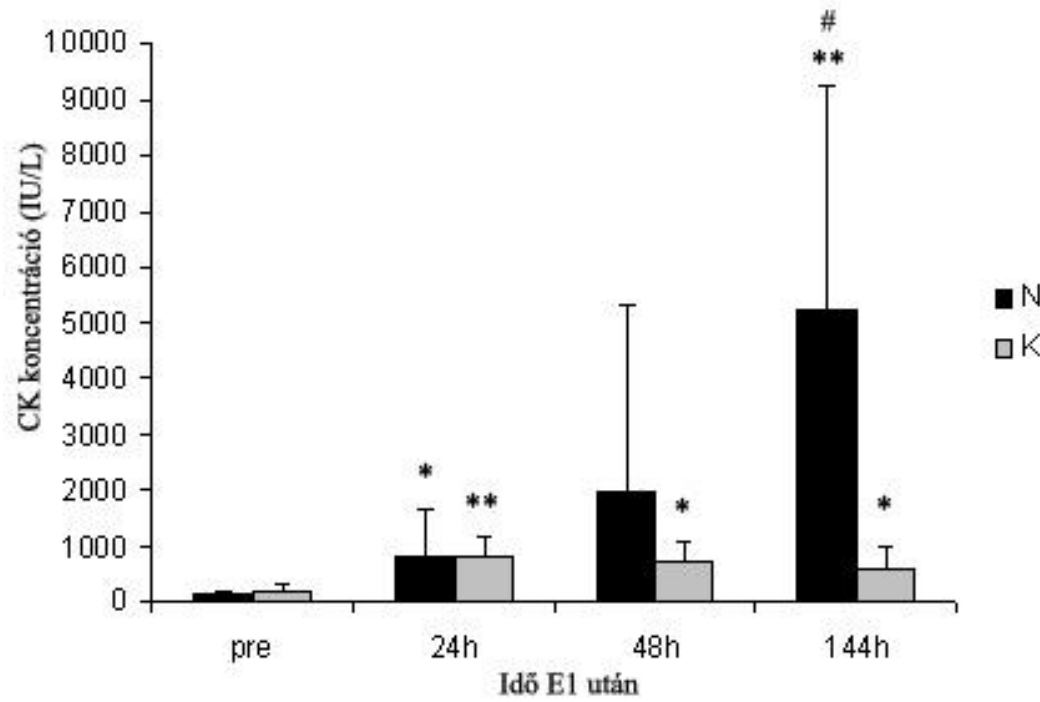
120° /s szögsebesség



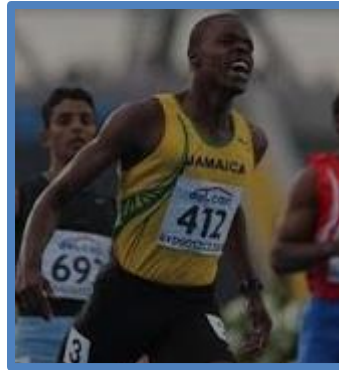


„SARCOMERE POPPING” elmélet

A túlnyújtott izomban a rövidebb izomrostok nagyobb mértékben szenvednek mikrosérülést.



Az életkor



Marginson 2005

TÖBB MIKROSÉRÜLÉS



Peake 2010

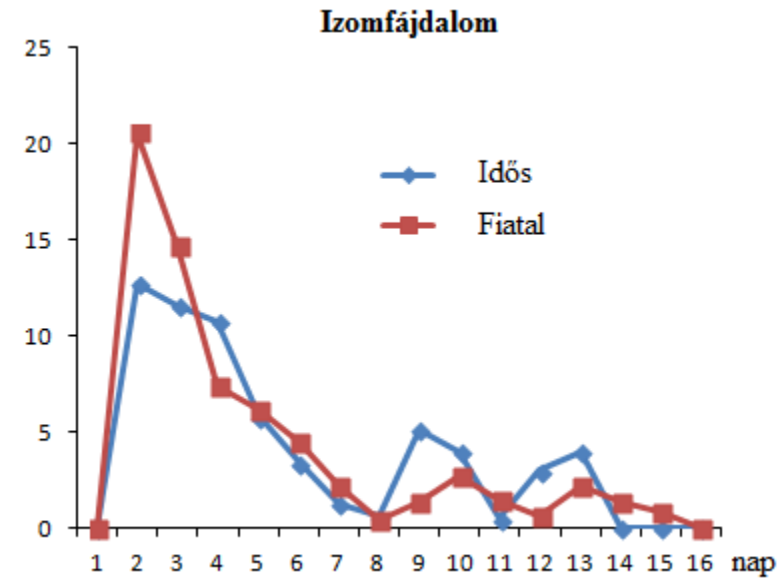
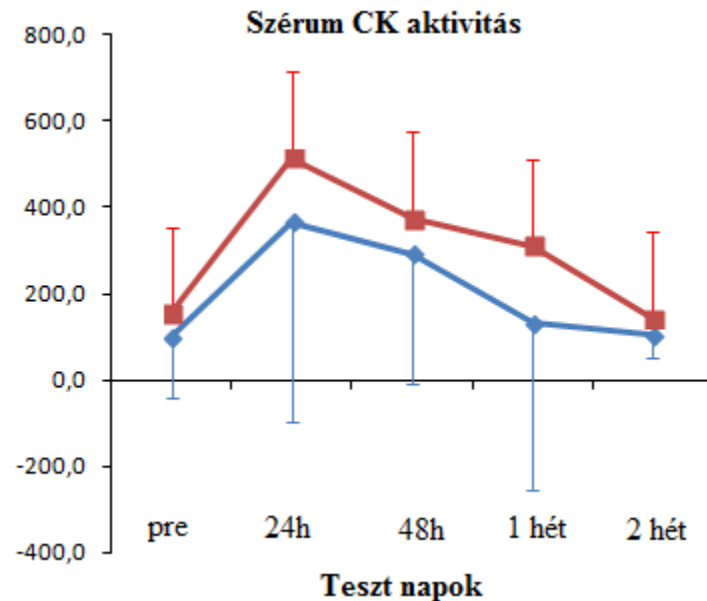
GYULLADÁSI MARKEREK SZINTJE NŐ
REGENERÁCIÓS IDŐ NŐ

Mikrosérülések és regeneráció az öregedő és a fiatal vázizomban

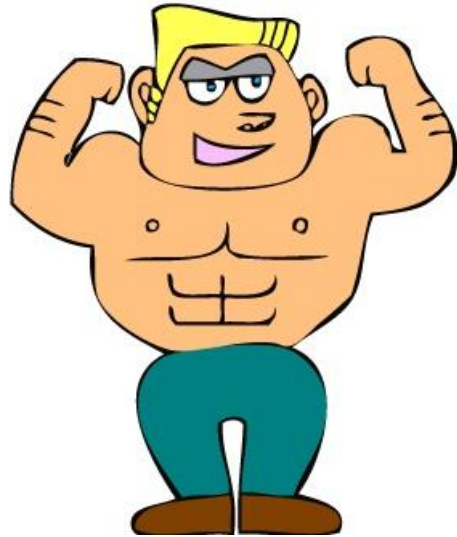
N = 10 fiatal (25 év)

N = 10 idős (64 év)

2 hét alatt 6 edzés
60 kontrakció/edzés



Az edzettségi állapot



Edzetlen egyéneknél nagyobb CK emelkedés (Armstrong 1984)

Edzett egyéneknél nagyobb izomfájdalom (Vincent 1997)

Nincs különbség a két csoport között (Tékus 2017)

Egyéb, mikrosérülések kialakulását okozó tényezők

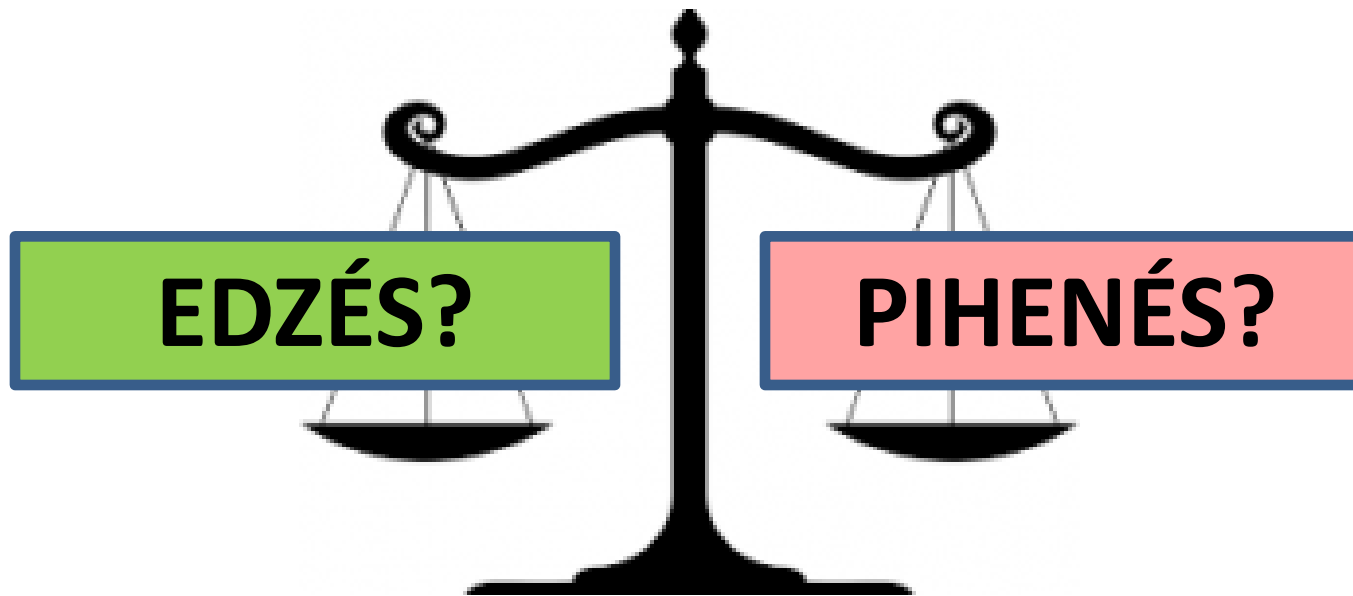
SZOKATLAN MOZGÁS VÉGREHAJTÁSA

SZOKATLANNUL MAGAS INTENZITÁS

AZ IZOM PASSZÍV NYÚJTÁSA

3. MIKROSÉRÜLÉSEK MEGISMÉTÉLT ÉS SOROZATEDZÉSKOR

MIKROSÉRÜLÉSEK JELENLÉTEKOR...



Nosaka & Clarkson (1996)

24x
excentrikus
kontrakció



Erő ↓
Fájdalom ↑
CK ↑

Nosaka et al. (2001)

24x
excentrikus
kontrakció



Erő ↓
Fájdalom ↑
CK ↑

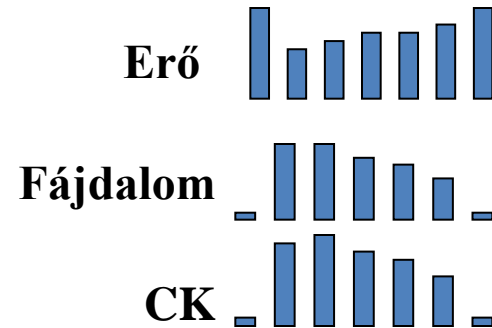
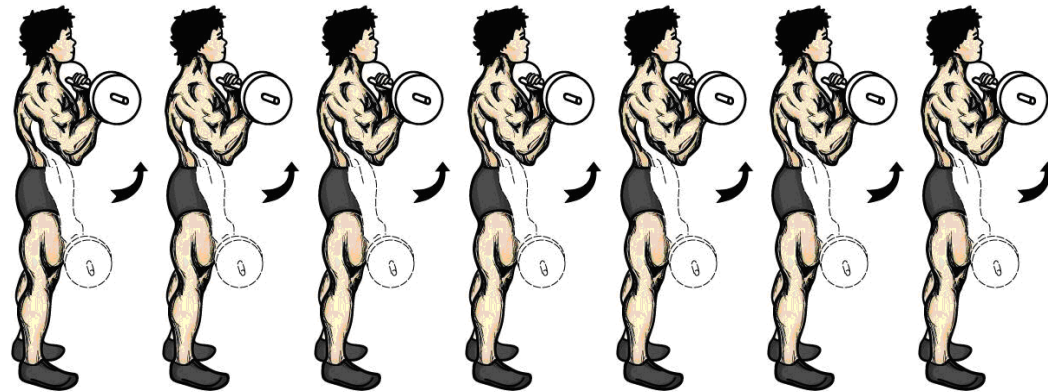


**MEGISMÉTLET EDZÉS HATÁSA
(REPEATED BOUT EFFECT)**

Erő ↘
Fájdalom ↗
CK ↗

Chen & Hsieh (2001)

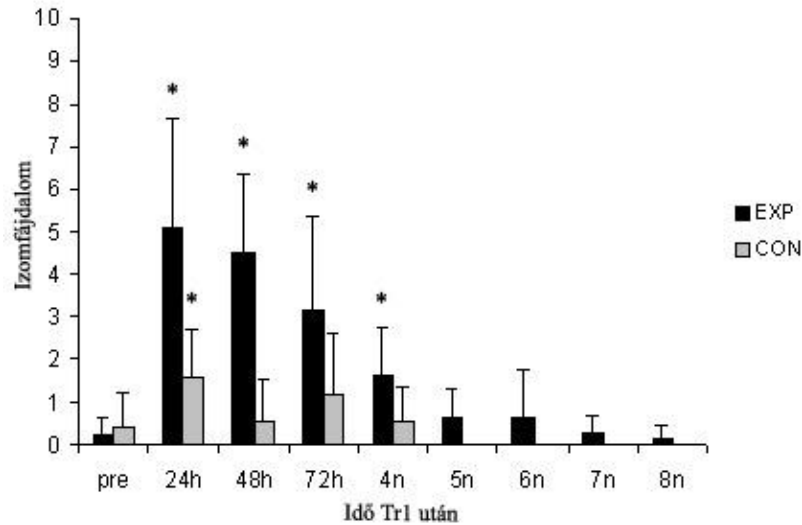
30x
excentrikus
kontrakció



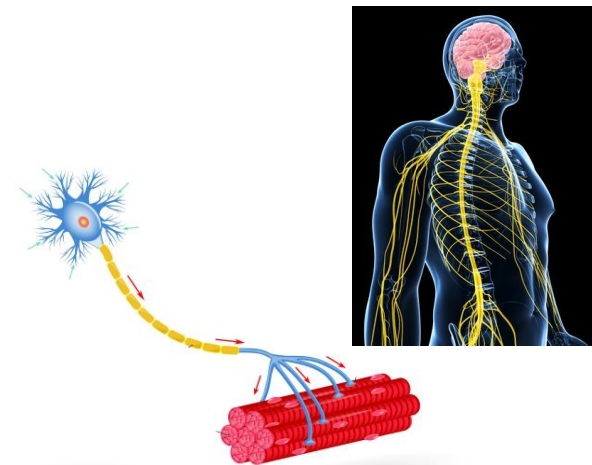
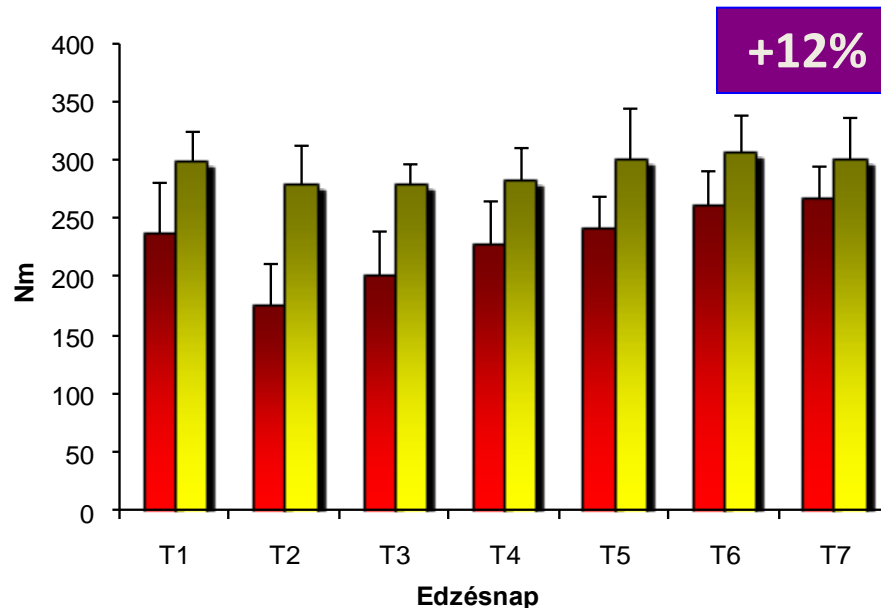
Antigravitációs izom edzése naponta

Experimentális csoport: Naponta 90 kontrakció
1 héten keresztül

Kontroll csoport: Nem edzett, csak a tesztfeladatokat végezte

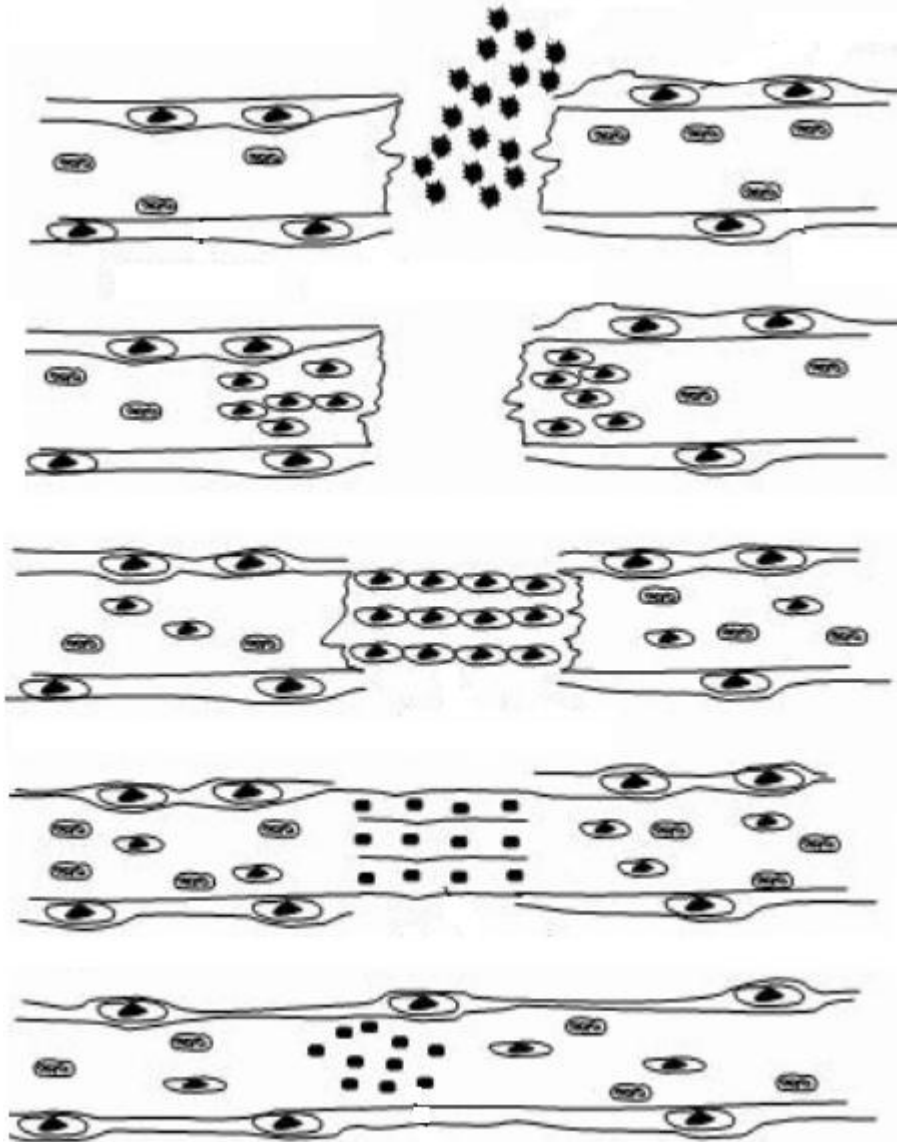


Váczai 2011



IDEGRENDSZERI ALKALMAZKODÁS

Szöveti alkalmazkodás (re-modelling)



24 h

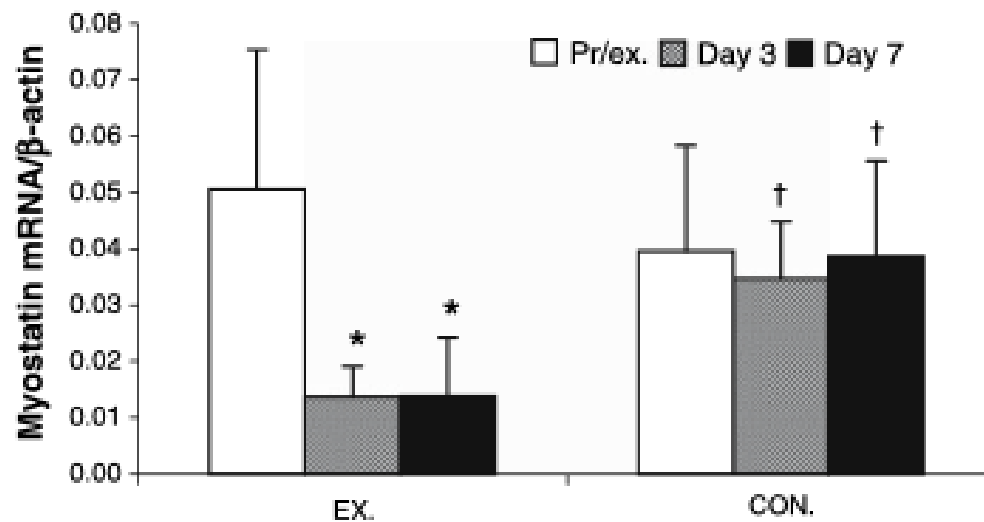
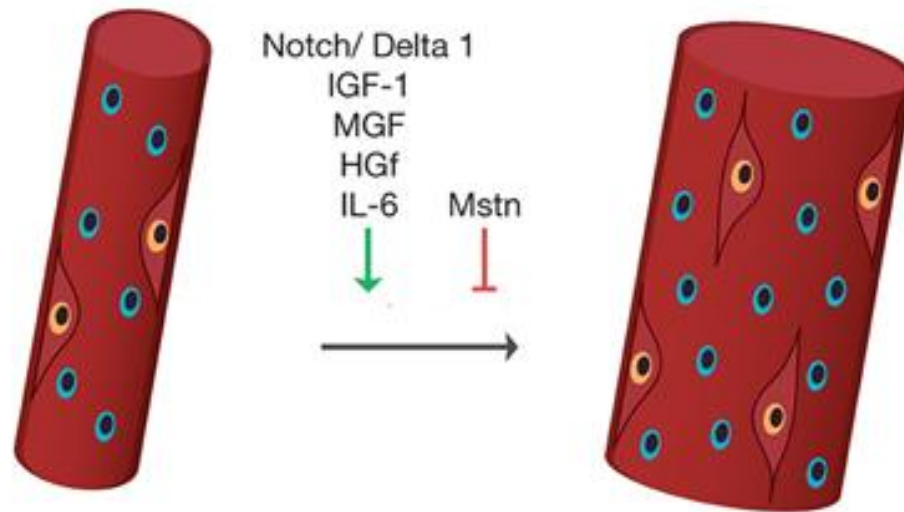
24-48 h

48 h

3-7 nap

7-10 nap

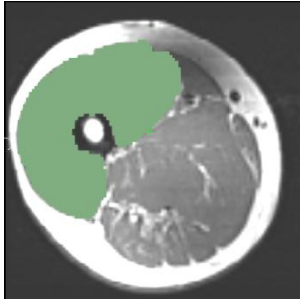
Sorozatos mikrosérülés izomnövekedést (hipertrófia) eredményez



Costa 2007

10 hétig tartó erőedzés hatása

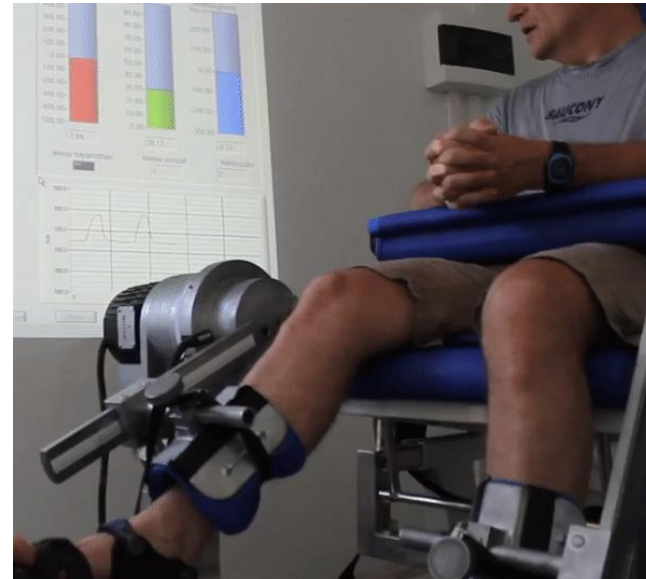
65 éves férfi vizsgálati személyek
Heti három edzés



23%-os erőnövekedés

2,5%-os izomnövekedés

Kortizolszint csökkenés



4. REGENERÁCIÓS STRATÉGIÁK

Antioxidáns suplementáció

Az E vitamin hatása

Study	Supplementation	Exercise protocol	Effects post-exercise (compared with control group)
Sacheck et al. ^[76]	Vit E (1000 IU/d) for 12 wk prior	45 min downhill running	↓ CK in younger men ↓ iPF(2α) in older men
McBride et al. ^[77]	Vit E (1200 IU/d) for 14 d prior	Whole-body resistance exercise	↓ CK ↔ MDA ↔ DOMS
Beaton et al. ^[78]	Vit E (1200 IU/d) for 30 d prior exercise	240 knee flexor and extensor eccentric contractions	↔ CK ↔ Muscle force ↔ Z-band disruption ↔ DOMS

CK = creatine kinase; CRP = C-reactive protein; DOMS = delayed-onset muscle soreness; IL-6 = interleukin-6; iPF(2α) = iso-prostaglandin 2α; LDH = lactate dehydrogenase; LFF = low frequency fatigue; Mb = myoglobin; MDA = malondialdehyde; NAC = N-acetyl-cysteine; NK = natural killer cells; ROM = range of motion; vit C = vitamin C (ascorbic acid); vit E = vitamin E (tocopherol); ↓ indicates decrease; ↑ indicates increase; ↔ indicates no change.

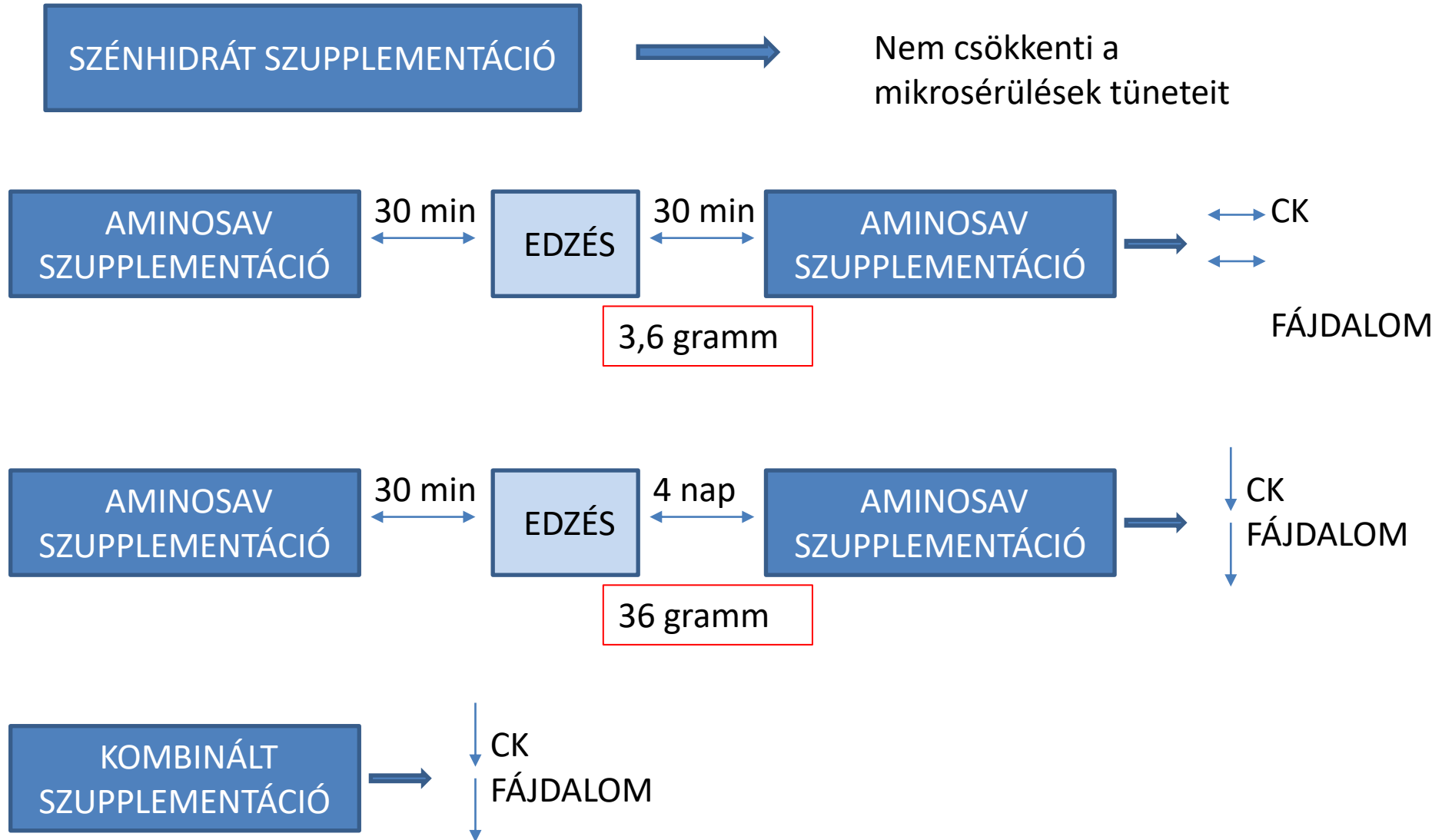
Antioxidáns supplementáció

Az C vitamin hatása

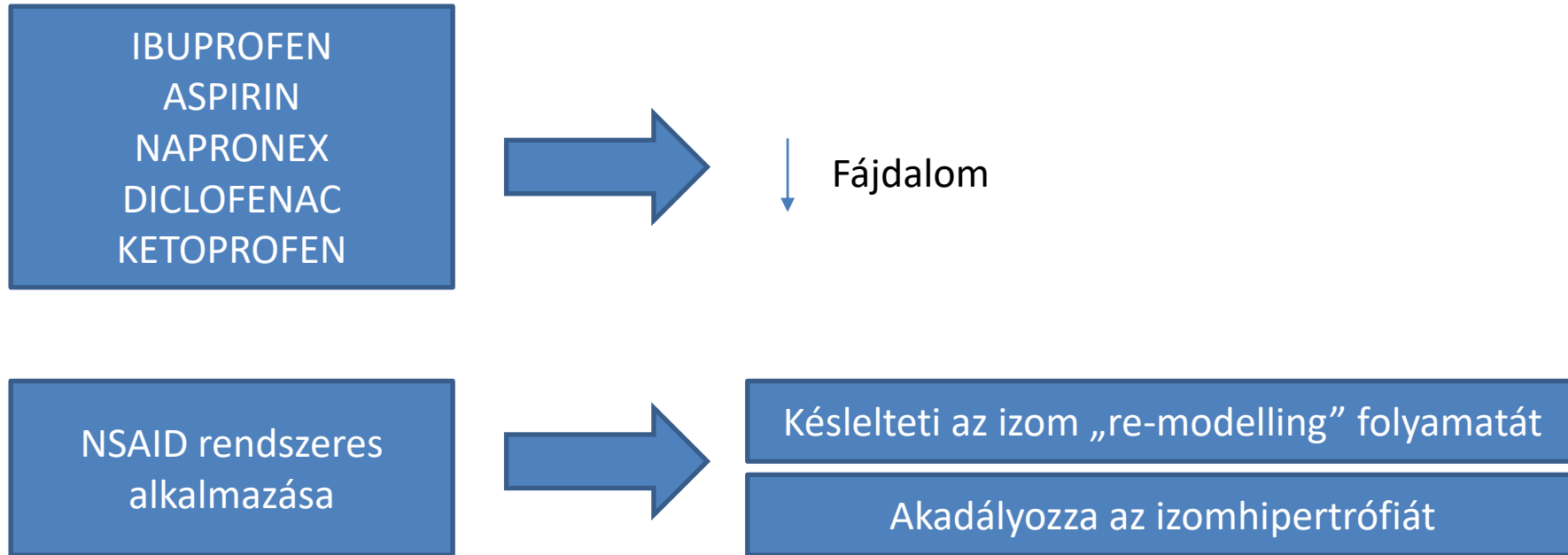
Study	Supplementation	Exercise protocol	Effects post-exercise (compared with control group)
Bryer and Goldfarb ^[70]	Vit C (3000 mg/d) for 14 d prior and 4 d post-exercise	70 elbow flexor eccentric contractions	↓ CK ↓ DOMS ↓ Glutathione rati ↔ Muscle force ↔ ROM
Kaminsky and Boal ^[71]	Vit C (3000 mg/d) for 3 d prior and 4 d post-exercise	15 min cyclic plantar flexion and extension	↓ DOMS
Thompson et al. ^[72]	Vit C (400 mg/d) for 12 d prior	90 min intermittent shuttle running	↔ CK, Mb ↔ MDA ↔ Muscle force ↓ DOMS ↓ IL-6 ↔ CRP
Connolly et al. ^[73]	Vit C (3000 mg/d) for 3 d prior and 5 d post-exercise	40 elbow flexor eccentric contractions	↔ DOMS ↔ Muscle force ↔ ROM
Childs et al. ^[74]	Vit C (12.5 mg/kg/d) and NAC (10 mg/kg/d) for 7 d post-exercise	30 elbow flexor eccentric contractions	↑ CK ↑ LDH ↔ DOMS ↔ ROM ↔ IL-6
Close et al. ^[75]	Vit C (1000 mg/d) 2 h prior and 14 d post-exercise	30 min downhill running	↓ MDA ↓ Muscle force ↔ DOMS

CK = creatine kinase; CRP = C-reactive protein; DOMS = delayed-onset muscle soreness; IL-6 = interleukin-6; iPF(2α) = iso-prostaglandin 2α; LDH = lactate dehydrogenase; LFF = low frequency fatigue; Mb = myoglobin; MDA = malondialdehyde; NAC = N-acetyl-cysteine; NK = natural killer cells; ROM = range of motion; vit C = vitamin C (ascorbic acid); vit E = vitamin E (tocopherol); ↓ indicates decrease; ↑ indicates increase; ↔ indicates no change.

Szénhidrát és protein szupplementáció



Nem szteroid gyulladáscsökkentés (NSAID)



Masszázs



„Self myofascial release” (SMR) technika

- A sportsérülések 87%-a a lágyrészeket érinti (Dick 2006)
- Trauma, „overuse”, gyulladás (Cantu 2001)
- A myofasciális rétegek egymáshoz tapadása
- Abnormális mechanikai működés (Barnes 2005)
- Fájdalom



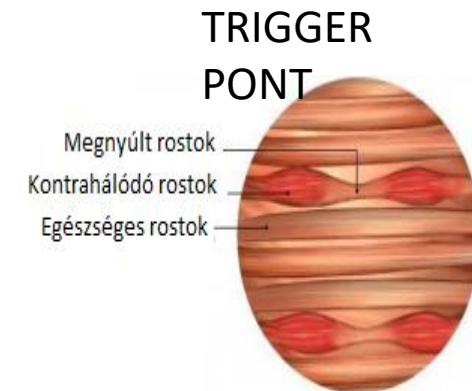
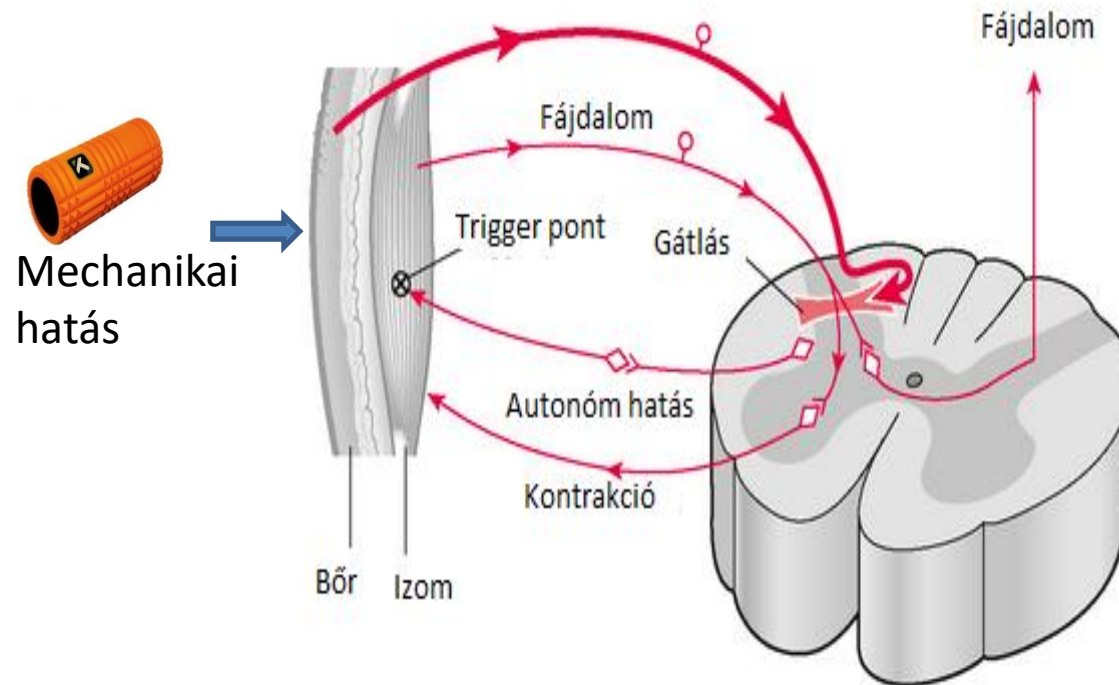
FOAM-ROLLING

Michael Clark, Integrated Training for the New Millennium, 2000



 **TRIGGERPOINT**

A FÁJDALOMCSILLAPÍTÁS MECHANIZMUSA



A myofascia hengerlése mikrosérülések jelenlétében

1. NAP



UNILATERÁLIS
ERŐMÉRÉS



UNILATERÁLIS TERHELÉS
(60 MAXIMÁLIS EREJŰ
KONTRAKCIÓ)

4x1 perc hengerlés az
egyik combon

2. NAP



FÁJDALOM
MÉRÉSE



KONTROL



FÁJDALOM
MÉRÉSE



UNILATERÁLIS
ERŐMÉRÉS

AZ SMR HENGEREZÉS BEMELEGÍTŐ HATÁS A FÁJDALMAS IZOMBAN

IZOMFÁJDALOM	NEM CSÖKKEN
KONCENTRIKUS ERŐDEFICIT	NEM CSÖKKEN
EXCENTRIKUS ERŐDEFICIT	NEM CSÖKKEN

BEMELEGÍTŐ HATÁS AZ ÉP IZOMBAN

	HENGERLÉS	STRETCHING
PASSZÍV IZOMFESZÜLÉS	CSÖKKEN	CSÖKKEN
AKARATLAGOS ERŐKIFEJTÉS	NEM VÁLTOZIK	NEM VÁLTOZIK
OPTIMÁLIS SZÖGHELYZET	NEM VÁLTOZIK	NEM VÁLTOZIK
ROBBANÉKONYERŐ	?	?

Stretching hatása az izomfájdalomra

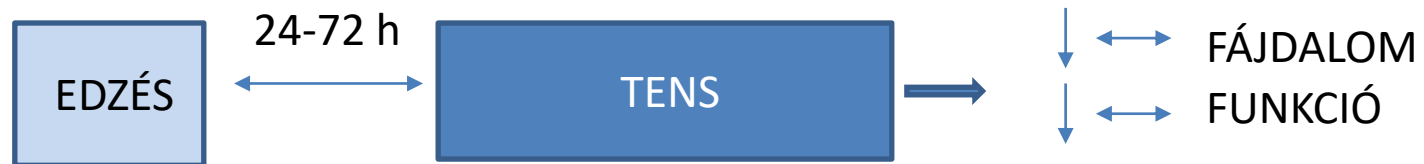


Edzés előtt és után végzett stretching nem csökkenti az izomfájdalmat az azt követő napon (Herbert 2011)

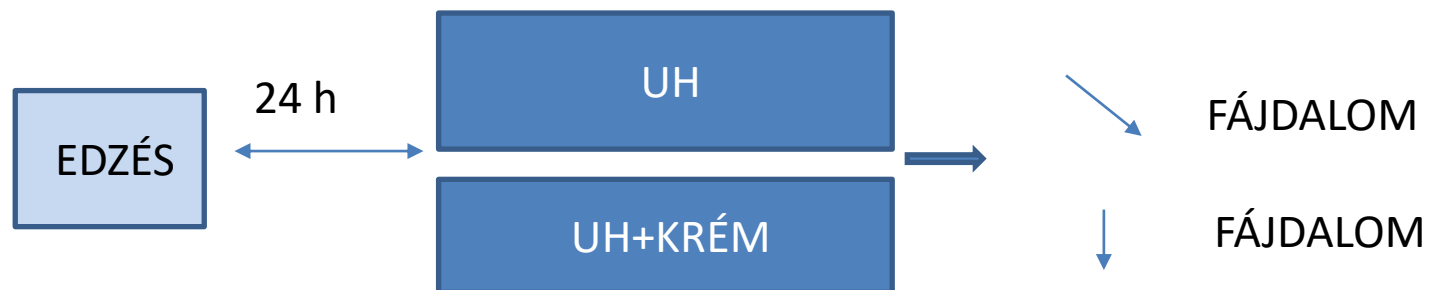
24 órával stretching után enyhe izomfájdalom és 62%-os CK növekedés a vérben (Smith 1993)

24 órával stretching után 5%-kal csökken az izom robbanékonysága (Yamaguchi 2006)

Elektroterápia

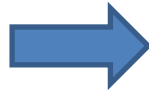


Ca⁺⁺ háztartás helyreállítása



Krioterápia

EDZÉS



20 PERC
5°C



FÁJDALOM

FUNKCIÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

**AZ IZOMFÁJDALMAT MIKROSZKÓPIKUS
SÉRÜLÉSEK OKOZZÁK**

**A MIKROSÉRÜLÉSEK ELŐSORBAN AZ IZOM
MEGNYÚLÁSOKOR KELETKEZNEK**

**A „MEGISMÉTETT EDZÉS” HATÁS AKÁR
HÓNAPOKIG IS ELTARTHAT**

**IDEGRENDSZERI ALKALMAZKODÁS AKÁR 24
ÓRÁN BELÜL**

**SZÖVETI ALKALMAZKODÁS (RE-MODELLING) 1
HÉTEN BELÜL**

**A MIKROSÉRÜLÉS LEHET A HIPERTRÓFIÁT
KEZDEMÉNYEZŐ JEL**

**A KEZELÉSI ELJÁRÁSOK A GYULLADÁST
CSÖKKENTHETIK**

**A KEZELÉSI ELJÁRÁSOK A FUNKCIONÁLIS
DEFICITET NEM CSÖKKENTIK**

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Váczai Márk, PhD
Tanszékvezető egyetemi adjunktus
vaczi@gamma.ttk.pte.hu



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
Sporttudományi és Testnevelési Intézet