

IMMOBILIZÁLT NYÚL M. SOLEUS ÉS M. GASTROCNEMIUS
RÁNGÁSI MECHANOGRAMJAINAK ELEMZÉSE
MIKROSZÁMÍTÓGÉPPEL

Ocsovszki Imre

Doktori értekezés

S Z E G E D

1986



B 5132



E 2.552

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
BEVEZETÉS.....	1
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	2
I.1 A vázizom szerkezete.....	4
I.2 Az izom működése molekuláris szinten.....	5
I.3 Az izmok osztályozása, rosttipizálás.....	6
I.3.1 Struktúrális különbségek.....	7
I.3.2 Biokémiai eltérések.....	8
I.3.3 Különbségek a rágási paraméterekben.....	8
I.3.4 A nyúl m. soleus-ának és m. gastrocnemius- -ának szerkezete.....	9
I.4 Izmok immobilizációja rövidített helyzet- ben.....	12
I.5 Mikroszámítógép alkalmazása a kísérletes orvostudományban.....	13
II. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	15
II.1.1 Az immobilizáció megvalósítása.....	15
II.1.2 Az izmok előkészítése a biomechanogramok felvételéhez.....	15
II.1.3 A kísérlet menete.....	16
II.2.1 Felhasznált anyagok.....	20
II.2.2 Tyrode fiziológiás oldat receptje.....	20
II.2.3 A kísérletek során használt készülékek.....	21
II.2.4 A kísérleti berendezések hitelesítése.....	21

II.2.4.1	A mérőkád	
	Az ingerlő impulzusok beállítása.....	21
II.2.4.2	A bioforcemeter illetve az erőmérő	
	transducer hitelesítése.....	22
II.2.4.3	Az A/D konverter hitelesítése.....	23
II.3	A számítógépes feldolgozás.....	24
II.3.1	A kísérlettel párhuzamosan végzett	
	adatfeldolgozás.....	24
II.3.1.1	A program működése a blokkséma alapján.....	27
II.3.2	Adatfeldolgozás a kísérlet lezajlása után	
	A fáradás statisztikai elemzése.....	29
II.3.3	A számítógépes feldolgozási módszer	
	összevetése a hagyományos módszerrel.....	31
III.	EREDMÉNYEK.....	34
III.1	Immobilizáció hatása a m. soleus	
	rángási paramétereire.....	34
III.2	Immobilizáció hatása a m. gastrocnemius	
	rángási paramétereire.....	54
IV.	A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA.....	58
	1.számú melléklet.....	64
	2.számú melléklet.....	66
	3.számú melléklet.....	70
	IRODALOM.....	73

BEVEZETÉS

A vázizom a hely- és helyzetváltoztatás végrehajtására kialakult szövettípus.

Működése közben kémiai energia alakul át mechanikai munkává, mely az izom összehúzódásában nyilvánul meg.

Az összetett biológiai rendszerekre jellemzően az izomműködés befolyásolja az izom anyagcserefolyamatait, mely végeredményben visszahat az izomműködésre:

Ha kísérleti úton jelentősen megváltoztatjuk az izom működésének körülményeit, jól mérhetően megváltozhatnak az izomra jellemző biomechanikai paraméterek is.

A nagyszámú mérési adat feldolgozásához, értékeléséhez - statisztikai számításokhoz - indokolt egy számítógéprendszer igénybe vétele.

Doktori értekezésem célja:

1. Annak vizsgálata, hogy miképpen hat a tartós - rövidített helyzetben alkalmazott - immobilizáció az izom biomechanikai paramétereire.

2. A mikroszámítógép-rendszerek alkalmazási lehetőségeinek bemutatása a kísérletes orvostudományban.

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az embereket régóta foglalkoztatják az izom működésének, felépítésének kérdései, hiszen a mozgás az állatvilág alapvető megnyilvánulási formája.

Intézetünkben a harántcsíkolt izmok biokémiai összetételének, biofizikai paramétereinek, molekuláris felépítésének változásait vizsgáljuk különböző környezeti hatások esetén.

Az izmok működésére sokféle módon gyakorolhatunk hatást, attól függően, hogy milyen kérdésre akarunk választ kapni:

1. Denerváció: az izmot ingerlő ideg átmetszése.
2. Tenotómia : az izmot rögzítő inak átmetszése.
3. Rögzítés feszített helyzetben.

4. Immobilizáció rövidített helyzetben: gipszeléssel rögzítjük az állat végtagját úgy, hogy a vizsgálni kívánt izom rövidített helyzetben legyen (Guba F., Takács Ö., Sohár I. 1980).

5. Tréning : hosszú időn keresztül elektromos ingerléssel kényszerítjük az izmot gyakori összehúzódásra.

Denervációban, tenotómiában, illetve rövidített helyzetű immobilizáláskor atrófiát, míg feszített helyzetű rögzítéskor, illetve tréning esetén hiper-

trófiát figyelhetünk meg. Ezzel párhuzamosan természetesen változásokat észlelhetünk a molekuláris felépítésben és a biofizikai paraméterekben is.

Ezen változások tanulmányozása közelebb vihet bennünket az izom szerkezetének és működésének megértéséhez.

I.1 A vázizom szerkezete

A vázizom izomrostokból épül fel. Az izomrostok az az izom sokmagvú sejtjeinek felelnek meg.

Az izomrostot miofibrillumok alkotják, melyekben ún. csíkokat, vagy zónákat különíthetünk el. A miofibrillumok két Z membrán közti területét szarkomernek nevezzük. Ezen szarkomerek miofilamentumokból állnak.

A szarkomer középső részén található az A zóna, mely vastag filamentumokból (miozin), és a fésűszerűen közéjük csúszott vékony filamentumrészekből áll. Az A zónát a H zóna osztja ketté, mely csak vastag filamentumrészeket tartalmaz. A Z membrán két oldalán az A zónáig tart az I csík, melyben csak vékony filamentumok (aktin, troponin, miozin) találhatóak (Bálint M., 1978).

Ahhoz, hogy az izom működőképes legyen, további szerkezeti elemek szükségesek, melyek segítségével az izom kontrakciója és relaxációja vezérelhetővé válik.

Az egyik ilyen rendszer a T-tubulus rendszer, mely a plazmamembrán betüremkedéseiből áll, melyek behatolnak a rostokba, azok tengelyére merőlegesen.

A másik ilyen rendszer a szarkoplazmatikus retikulum (SR) rendszer, mely tubulusoknak és ciszternáknak

olyan hálózata, amely körülfogja a miofibrillumokat.

Az izomrostokban található mitokondriumok fontos szerepet játszanak a rostok energia - ellátásában és anyagcsere - folyamataiban.

I.2 Az izom működése molekuláris szinten

Az izom kontrakcióját kiváltó idegimpulzus hatására depolarizációs hullám fut végig a plazmamembránon. Innen az inger a T-tubulusrendszeren keresztül áttevődik a szarkoplazmatikus retikulumra, mely már közvetlenül a miofibrillumokat veszi körül. A depolarizációs hullám hatására a szarkoplazmatikus retikulumból Ca^{2+} -ionok szabadulnak fel, s így a miofibrillum Ca^{2+} -ion koncentrációja 10^{-9} - 10^{-7} M-ról 10^{-6} M-ra nő.

Ez a koncentráció már elég ahhoz, hogy kiváltsa a miozin és az aktin filamentumok összekapcsolódását, a szarkomer megrövidülését, és ezen keresztül a rost összehúzódását.

A depolarizációs hullám megszűntével a Ca^{2+} -ion koncentráció újból lecsökken, mivel a Ca^{2+} -ionok viszszapumpálódnak a szarkoplazmatikus retikulumba: az izom elernyed, relaxálódik.

A kontrakció-relaxáció energiaigényes folyamat, ezért a rostokban megtalálhatók az energiatermelés szempontjából fontos mitokondriumok is. Itt zajlik a terminális oxidáció és az oxidatív foszforiláció.

A szarkoplazmában zsírcseppek és glikogén szemcsék is találhatóak.

Az izomrostnak miofibrilláris ATP-áz aktivitása van, melynek nagysága arányos az izomrost gyorsaságával.

I.3 Az izmok osztályozása, rosttipizálás

Az izmok különböző funkciókat látnak el, és ennek megfelelően a múlt század végén mikroszkóppal már meg tudták különböztetni a gyors és lassú izomrostokat.

Az elektronmikroszkópok megjelenésével egyre több különbséget találtak az egyes izomrosttípusokon belül is.

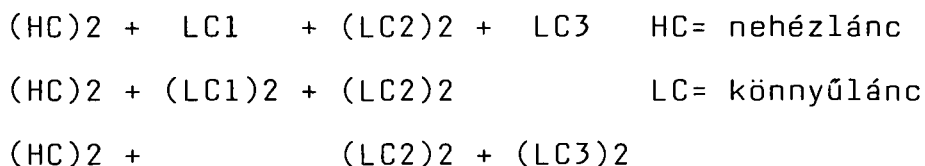
A rosttipizálás alapja a funkcionális, biofizikai jellemzők eltérése az egyes izmoknál. Ily módon megkülönböztetünk gyors és lassú izmokat, valamint ezek átmeneteit. Csak egyféle rostot tartalmazó izom ritkán fordul elő. Ilyen például a nyúl soleusa, mely tipikus lassú izom.

Nemcsak morfológiai és biofizikai adatai, hanem

jellemző biokémiai reakciók alapján is megkülönböztethetjük az izmokat.

I.3.1 Struktúrális különbségek

1. A gyors rostok miozinjának összetétele jelentősen eltér a lassú rostokétól. A gyors rostok összetétele a következő lehet:



A lassú rostok az előzőtől eltérő nehéz láncokat és háromféle - az előzőektől szintén eltérő - könnyű láncot tartalmazhat.

2. A lassú izmok többnyire vörös, a gyors izmok inkább fehér színűek. A vörös szín kialakulásában a lassú izmok jobb vérellátása, valamint nagyobb mio-globin tartalma játszik szerepet (Reis, 1970).

3. A gyors (tetanikus) rostok szarkoplazmás retikulum hálózata fejlettebb mint a lassú rostoké.

4. A lassú (tónusos) rostok átmérője kisebb, mint a gyors rostoké. Ennek oka az, hogy -mivel a lassú izmok állandó munkavégzésre kényszerülnek- élénk anyagcsere-forgalmat kell lebonyolítaniuk környezetükkel, amit a diffúzió miatt csak viszonylag kis rostátmérő

mellett tudnak megvalósítani.

5. A lassú rostokban sokkal több a mitokondrium.

I.3.2 Biokémiai eltérések

1. Az anyagcserefolyamatok alapján szintén két fő csoportra oszthatjuk a vázizmokat: oxidatív és glükolitikus típusú izmokra.

Az oxidatív rostokban nagy mennyiségű mitokondrium található. Működése során, a benne lejátszódó biokémiai folyamatokban a levegő oxigénjét használja föl.

A glükolitikus rostokban anaerob körülmények között glükóz hasznosul az energiatermelés során. Ez kisebb hatásfokú folyamat, viszont ennek révén rövid ideig tartó nagy teljesítményre képes az ilyen rostokból fölépült izomtípus.

2. A rostokat miofibrilláris ATP-áz aktivitásuk alapján is megkülönböztetjük. A gyors rostoknak nagyobb az ATP-áz aktivitása.

I.3.3 Különbségek a rágási paraméterekben

Az izmok osztályozása során kialakult elnevezések - gyors, illetve lassú - az időadatokkal jellemezhető rágási paraméterek különbözősége miatt alakult ki:

A lassú izmok rángási félideje (half time, $T_{1/2}$) három-négyszerese a gyors izmokénak (1. 1. ábra).

Ugyanez a tendencia érvényesül a kontrakciós (time to peak, T_m) időnél is.

A latencia idő (T_l) is jóval kisebb a gyors típusú izmoknál, ami a fejlettebb T-tubulus és szarkoplazmatikus rendszerrel magyarázható.

A tetanikus izmok nagyobb erő kifejtésre képesek, de csak rövid ideig: fáradékonyabbak (1. 2. ábra).

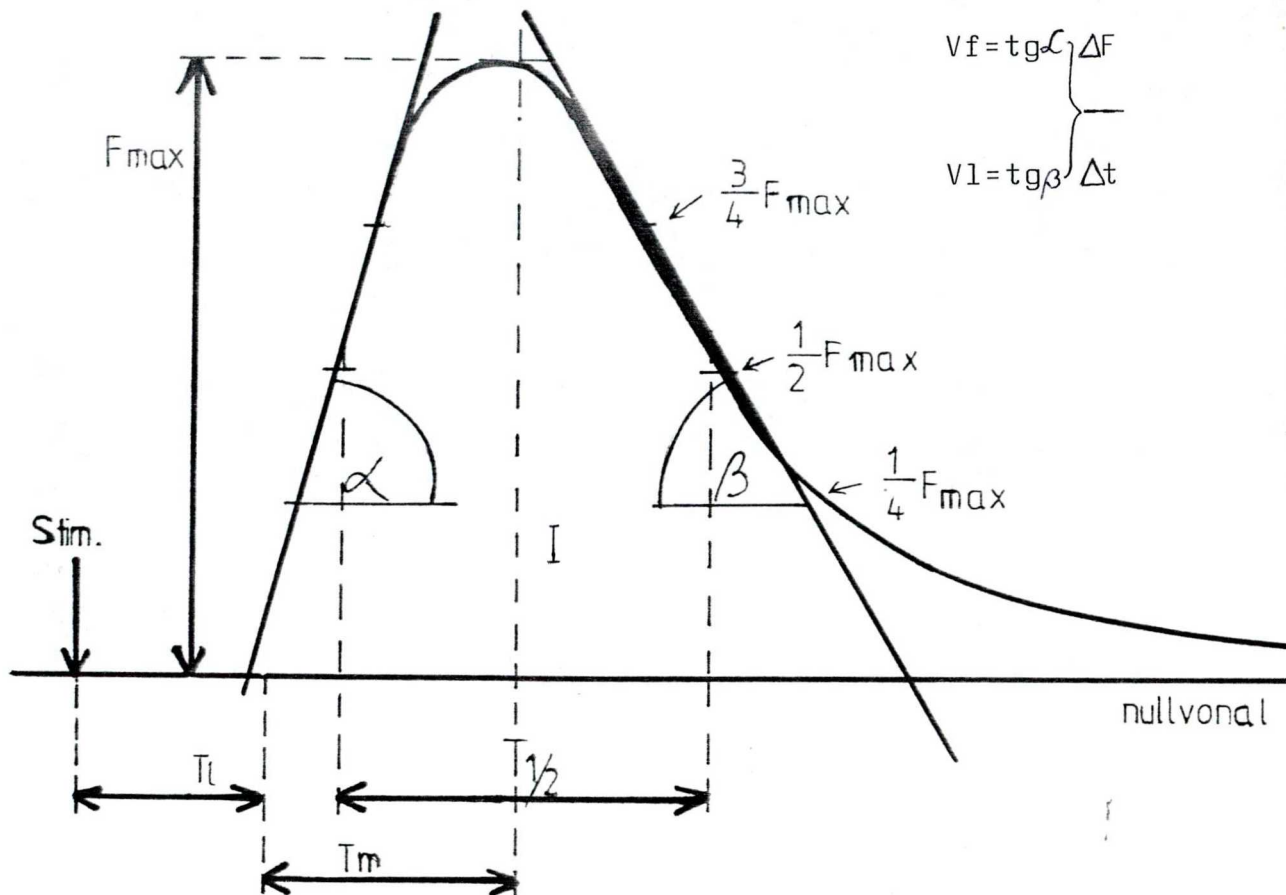
A lassú izmok tetanikus kontrakciója a gyors izmokénál jóval kisebb ingerlő frekvenciával kiváltható - annak 40 - 50%-a. A platóesés elhanyagolható, viszont a tenzió mértéke és a felfutási meredekség kisebb a lassú izmoknál. A gyors izmoknál erős platóesés figyelhető meg.

I.3.4 A nyúl m. soleus-ának és

m. gastrocnemius-ának szerkezete

Kísérleteinkben nyúl soleus-át és gastrocnemius-át vizsgáltuk. A soleus tipikus lassú izom. Rostjainak több mint 95%-a lassú, közepesen oxidatív jellegű. Tipikus antigravitációs izom.

Mindkét végén ínval tapad, ezért amellet, hogy viszonylag jól preparálható, kiválóan alkalmas bio-



1. ábra A vizsgált biomechanikai paraméterek és jelölésük

T_l : latenciaidő

T_m : kontrakciós idő

$T_{1/2}$: rágási félidő

F_m : a feszülés maximális értéke

V_f : a kontrakció maximális meredeksége

V_l : a relaxáció maximális meredeksége

I : a rágás erőlkése

NORMAL SOLEUS

	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxs%
T1/2	71.4	2.81	71.2	.005	.07	0.1	2.82
Tm	56.4	10.65	56.6	-.004	-.02	0.1	10.7
Fm	458.8	7.22	512.9	-1.082	-0.94	.01	2.51
Vf	13.1	10.06	14.8	-.035	-0.77	.04	6.49
Vl	4	10.2	4.6	-.012	-0.82	.03	5.91
I	29.8	2.81	31.1	-.027	-0.91	.02	1.15

NORMAL GASTROCNEMIUS

	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxs%
T1/2	24.7	5.03	22.9	.036	0.86	.03	2.62
Tm	19.3	6.96	18.3	.02	0.44	.08	6.28
Fm	686.8	7.38	675.6	-1.348	-0.88	.02	3.49
Vf	38.9	10.29	44.2	-0.105	-0.77	.04	6.57
Vl	34.9	14.03	43.2	-0.162	-0.97	.01	3.67
I	14.4	6.29	15.4	-.021	-0.68	.05	4.64

2. ábra Kezeletlen m. soleus és m. gastrocnemius jellemző biomechanikai paramétereit (a oszlop), valamint ezek fáradásának jellemzése statisztikai paraméterekkel (b oszlop a regressziós egyenesek meredeksége).



mechanikai kísérleteink vegrehajtásához.

Egy 2 - 2.5kg-os hím nyúl m. soleus-ának átlagos tömege 1.8 ± 0.2 g.

A gastrocnemius kevert összetételű, gyors jellegű izom. Kísérleteinkben a m. gastrocnemius mediális részét használtuk. Rostjainak 80%-a gyors, glükolitikus jellegű, tetanikus izom. Mindkét végén ínval tapad.

Kipreparálása, és a mediális rész pontos elkülönítése nagy koncentrációt kívánó feladat.

Egy 2 - 2.5 kg-os hím nyúl gastrocnemius-ának átlagos tömege 3.6 ± 0.2 g.

I.4 Izmok immobilizációja rövidített helyzetben

Rövidített helyzetben történt néhány hetes immobilizáció a lassú izmok gyorsulásához vezet. A kontrakciós félidő csökken, a tetanikus tenzió maximális kifejlődési sebessége növekszik, és az 5Hz-es ingerléskor kifejlődő tetanus fúziója csökken (Fischbach és Robbins, 1969 - közbülső helyzetben 2-4 hétig immobilizált patkány m. soleus-on végzett kísérletek).

A rostösszetétel a gyors izomrostok irányába tolódik el.

Az izmok erősen atrofizálódnak, tömegük csökken (Sohár és munkatársai, 1980), és átmérőjük is kisebb lesz

(Goldspink, 1977; Mészáros M. és munkatársai, 1979).

Az izom hossza a rövidített helyzet miatt jelentősen csökken. Például a macska m. soleus-ának hossza négy hét alatt 40%-al csökkent (Tabary és munkatársai 1972).

I.5 Mikroszámítógép alkalmazása a kísérletes orvostudományban

Magyarországon a legtöbb helyen a mikroszámítógépeket adatnyilvántartásra, szövegszerkesztőnek, vagy egyszerűbb matematikai modellek grafikus megjelenítésére alkalmazzák.

Ahhoz, hogy kísérleteinkben közvetlenül alkalmazni tudjuk - mivel a legtöbb kísérleti eszköz a mérés eredményét a vizsgált paraméterrel arányos nagyságú analóg feszültségjel formájában szolgáltatja - egy analóg-digital (A/D) konverter szükséges, amely az analóg feszültségjeleket digitális kódokká alakítja, és így azokat a számítógép számára feldolgozhatóvá teszi.

Az A/D konverter helyes megválasztásához a kísérletezőnek két nélkülözhetetlen adatot kell közölnie az A/D konverter készítőjével:

1. A vizsgálni kívánt jel legnagyobb meredeksége

(jelváltozási sebessége).

Ez az adat határozza meg, hogy milyen konverziós idejű A/D-t használhatunk, azaz, hogy mekkorának kell lennie a mikroszámítógép-rendszer maximális mintavételi sebességének.

2. Felbontóképesség: a megkülönböztetni kívánt feszültségszintek száma a vizsgált jeltartományban.

Az A/D konverter egy bizonyos feszültségértéknek egy számadatot feleltet meg. A felbontóképességet az határozza meg, hogy az A/D hányféle számértéket tud előállítani. Egy nyolc bites konverter 256 feszültségszintet tud megkülönböztetni.

Egy A/D konverterrel összekapcsolt számítógép már alkalmas arra, hogy közvetlenül "részt vegyen" a kísérletben, lehetőség szerint folyamatos (on line) üzemmódban.

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

II.1.1 Az immobilizáció megvalósítása

Kísérleteinkben 20db 2000 - 2500 g tömegű hím Új-zélandi fehér nyulat vizsgáltunk. 5db nyulat kontrollként hagytunk, míg a többi (15db) jobb hátsó lábát a - soleust és a gastrocnemiust tekintve - rövidített helyzetben begipszeltük. A gipszpólya alá előbb egy réteg leukoplasztot ragasztottunk. A gipszpólya feszességét úgy állítottuk be, hogy az állat a legkisebb mértékben se tudja mozgatni a lábát, ugyanakkor a vérkeringése ne legyen gátolt. A gipszkötések állapotát minden nap ellenőriztük, és szükség esetén megigazítottuk vagy lecseréltük.

Az immobilizáció időtartama 1, 2, ill. 6 hét volt. Minden csoportba 5-5 nyúl tartozott.

II.1.2 Az izmok előkészítése a biomechanogramok felvételéhez

A nyulat intravénásan fokozatosan adagolt 0.5%-os nembutál oldattal elaltattuk, majd a műtőasztalon az operációnak megfelelő helyzetben rögzítettük.

Ezután előbb a m. soleust, majd - a kísérlet elvégzése után - a m. gastrocnemiust is kioperáltuk. Az egyes operációk 4-5 percet vettek igénybe. A kivett izmot azonnal 37°C-on temperált Tyrode oldatba helyeztük, és a kísérleti helyiségbe vittük, ahol 2 percen belül beraktuk a kísérleti kádba.

II.1.3 A kísérlet menete

A kísérletsorozat alatt arra törekedtünk, hogy a kísérleti körülményeket standardizáljuk eredményeink összevethetősége érdekében. Ezért az előre megszabott paramétereket és időzítéseket számítógépbe tápláltuk, és vizsgálatainkat a számítógép "felügyelete alatt" végeztük.

Az elindított program először az induláskor szükséges ingerlési paramétereket írja ki a képernyőre (lásd 3. ábra). Ezek beállítását ellenőrizve a programot tovább futtatjuk: a kísérlet megkezdése előtt a kompjúter a pontos időzítés érdekében visszaszámlál, és sípszóval jelzi az aktuális kísérleti szakasz indítását. A kísérlet végét hasonló módon jelzi, majd kiírja a következő kísérlet azon ingerlési paramétereit, amelyek eltérnek az előzőektől.

A kísérleti elrendezés blokkvázlata a 4. ábrán lát-

ható.

A kádban elhelyezett intakt izmot direkt, szupra-maximális erősségű, elektromos négyszögfeszültséggel (impulzussal) ingereltük izometriás körülmények között.

Először az előfeszítés nagyságát állítottuk be 5 sec-onként adott impulzus segítségével úgy, hogy minden rángás előtt 10mN-al növeltük az előfeszítés nagyságát mindaddig, amíg a válaszul kapott tenzió maximuma nőtt.

Ezután 2 perces fárasztást hajtottunk végre 1Hz-es frekvenciával, 10ms-os ingerlő jelszélességgel.

A fárasztás befejezése után az izmot kivettük a kádból és meghatároztuk a tömegét. A legnagyobb átmérőjű résznél az izom hossz tengelyére merőlegesen pengével átmetszettük, és meghatároztuk a keresztmetszetét. A kapott adatokat betápláltuk a számítógépbe.

BIOSTIM:

- frekvencia: 0.2 Hz
- jelkezelés: 10 ms
- feszültség: 15 V

EROSITO:

- erosites: 1 mA/V
- üzemmod: aramGenerator

BIOFORCEMETER:

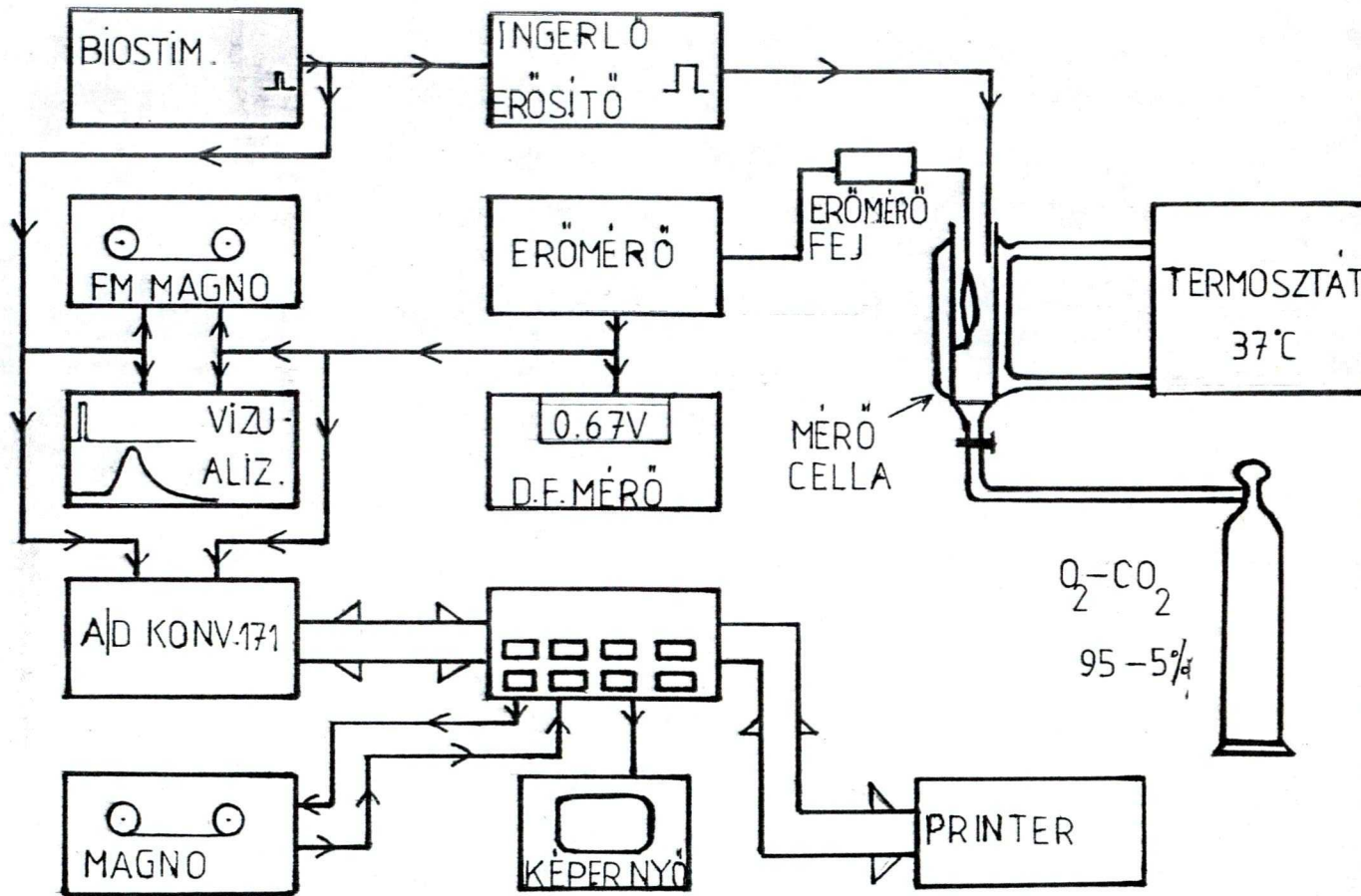
- erosites: 5 V/N (50 mV/P)
- attenuator: 1 V/V

MAGNO:

- 1-es csatorna: 2-es csill.
- 2-es csatorna: 1-es csill.
- szálassebesség: 15 inch/s

DC ampl. ON!

3. ábra. A kísérlet indulásakor beállítandó kezdeti ingerlési paraméterek a SPECTRUM számítógép képernyőjén (GP-100A printerrel nyomtatva).



4. ábra A mérőrendszer blokkvázlata.

II.2.1 Felhasznált anyagok

Nembutál	SERVA pharm.
Éter	REANAL
Nátrium klorid	REANAL alt.
Kálium klorid	REANAL alt.
Kalcium klorid	REANAL alt.
(vízmentes)	
Magnézium klorid	REANAL alt.
Glükóz	REANAL

II.2.2 Tyrode fiziológiás oldat receptje

Tyrode oldat készítése, 1000ml:

5.55g NaCl 0.30g KCl

0.28g CaCl 0.09g MgCl

1g glükóz

400 ml desztillált vízben oldani. Oldódás után
1000ml-re hígítani, pH= 7.35.

II.2.3 A kísérletek során használt készülékek

VM 42	Vizualizátor	MEDICOR
ANALOG7	FM magnetofon	PHILIPS
TU 3	Termosztát	M.-W.L.
NAGEMA	Mérleg	VEB
DTV-5	Digitális fesz.mérő	GANZ
ZX-Spectrum	Személyi számítógép	SINCLAIR
GP-100A	Printer	SEIKOSHA
GP-50S	Printer	SEIKOSHA
	Funkció generátor	ORION
	X - Y író	BME,EMG
	Bioforcemeter	ROLITRON
	Üvegkád	
	Biostimulátor	
	Ingerlő-erősítő	
	A/D konverter	

II.2.4 A kísérleti berendezések hitelesítése

II.2.4.1 A mérőkád

Az ingerlő impulzusok beállítása

Kísérleteinkben szupramaximális erősségű ingereket alkalmaztunk. Ennek nagyságát általában feszültségben

adják meg.

A mi kádunkba azonban ezüst elektródokat szereltünk be. Ezek az elektródok a megengedhető mértéknél erősebben polarizálódnak. Emiatt néhány inger után - hiába stabilizáljuk a feszültséget - az izmot ingerlő impulzus feszültsége leesik. Az eddig alkalmazott feszültség-generátoros üzemmódról ezért áttértünk áramgenerátoros üzemmódra.

A kádban levő fiziológiás oldat belső ellenállása kísérlet közben nem változik, így az ingerlő áram stabilizálásával elértük, hogy a polarizációs feszültségtől függetlenül az izomra ugyanakkora ingerlő feszültség jusson.

A szupramaximális inger áramának nagyságát a kád méretei, azaz az elektródok egymástól való távolsága (60mm), illetve a kád keresztmetszete (7cm^2) határozza meg. A mi esetünkben 200mA ingerlő áram minden esetben elegendőnek bizonyult a maximális tenzió kiváltásához.

II.2.4.2 A bioforcemeter illetve az erőmérő transducer hitelesítése

A bioforcemeter 5V-os méréshatárral rendelkezik. Ebbe a tartományba kell belefértie az előforduló leg-

nagyobb erőnek is. Ugyanakkor, mivel a jelek rögzítésére használt FM magnetofon és az on line feldolgozáshoz használt A/D konverter bemenetére csak 1V-ot adhatunk, az erőmérő méréshatárát sem használhatjuk ki.

Az előbbieket és a lehetséges legnagyobb feszítő erőket figyelembe véve hitelesítéskor 10mN-nak 50mV-ot feleltettünk meg.

A hitelesítés a következőképpen történt:

Elhanyagolható tömegű (0.03mg) vékony (0.02mm) rézszál segítségével egy hiteles 1 g-os tömeget függesztettünk az erőmérő fejre, majd az erőmérő kimenő feszültségét 50mV-ra állítottuk a gain gombok segítségével.

II.2.4.3 Az A/D konverter hitelesítése

Intézetünk elektronikus műhelyében készült egy 8 bites analóg-digital konverter. Mérési tartományát kísérletinkhez 0-1V közé állítottuk a következő módon:

Hiteles 1V-ot adtunk a konverter analóg bemenetére. Egy rövid hitelesítő program segítségével ismétlődően konverziót kértünk az A/D-től, és beolvastuk a digitalizált értékeket a Spectrumba. Az A/D bemeneti erősítőjének potenciométerével állítottuk be az erősítést úgy, hogy a beolvasott digitalizált érték 255

legyen.

A 0 V-nak a 0 számértéket feleltettük meg az előbbi módon.

II.3 A számítógépes feldolgozás

A számítógépes feldolgozás két lépésben történt.

Az első lépésben a fárasztással egyidőben digitalizáltuk az erőmérő jeleit, majd a számítógép kikereszte és elraktározta a mechanogram paramétereinek kiszámításához szükséges adatokat a digitalizált adathalmazból.

A második lépésben statisztikai számításokat végeztünk az elraktározott adatokból a fárasztásra vonatkozóan.

II.3.1 A kísérlettel párhuzamosan végzett adatfeldolgozás

Az on line adatfeldolgozással kapcsolatban a következő alapvető problémát kellett megoldanunk:

Egy gyorsizom összehúzódnásakor a jelváltozási sebesség elérheti a 200mV/ms-ot, ami 0.1ms-os mintavételezési időt tesz szükségessé. Könnyen kiszámítható, hogy egy m. soleus esetén -melynek átlagos kontrakciós

ideje 120-150ms - 40 kilobájtnyi szabad RAM kapacitás esetén mindössze 27-34 rángás adatai férnek el a memóriában - a szükséges 100-120 helyett -, és a vezérlő program, valamint a kiszámított adatok helyigényét ebben az esetben még nem is számoltam.

A problémára a következő megoldást találtuk:

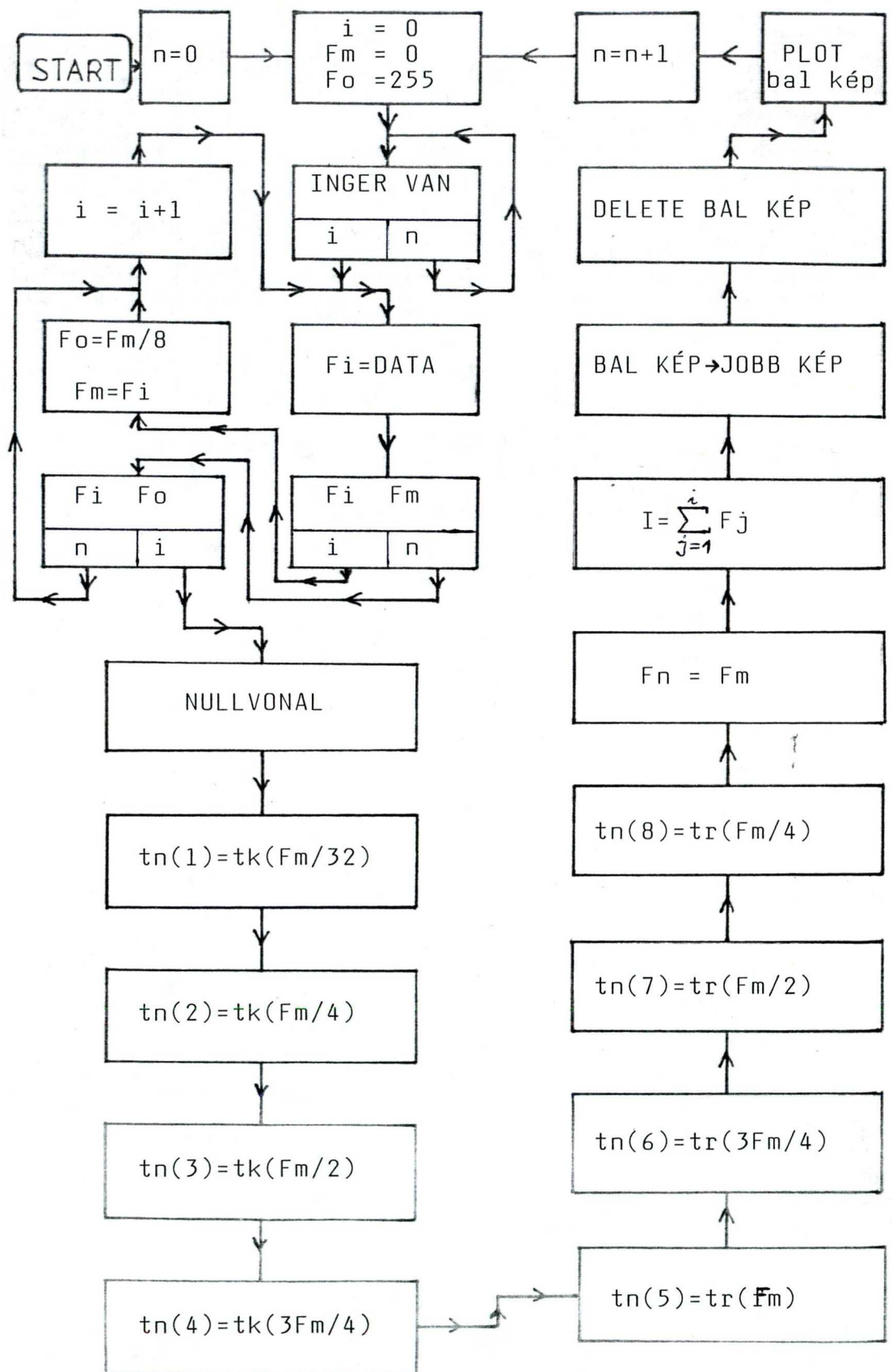
1. A digitalizálást nem folyamatosan végeztük, hanem az inger kiadásától addig, amíg a kontrakció relaxációs szakasza az $F_{max}/8$ érték alá nem esett.

2. Az így felszabadult időben a gépnek módja van kikeresni és elraktározni a mechanogram paramétereinek kiszámításához szükséges adatokat.

3. Mivel már elraktároztuk az előző kontrakcióból a nekünk szükséges adatokat, a következő kontrakció digitalizált adatait ugyanazon a tárterületen helyezhetjük el mint az előzőt.

Ezzel a módszerrel már elegendőnek bizonyult a gép működési sebessége és tárkapacitása a viszonylag gyors jelek feldolgozásához.

A kísérleteinkhez illesztett on line feldolgozási módszer assembler programja a kettes számú mellékletben, a program működésének blokksémája a következő oldalon található.



5. ábra Sorozat ingerléssel kiváltott rángási görbék on line számítógépes feldolgozásának blokksémája.

II.3.1.1 A program működése a blokkséma alapján

Az A/D konverter 0. csatornájára az erőmérő kimenete, az 1. csatornájára a biostimulátor kimenetének leosztott jele csatlakozik.

A kísérlet megkezdésének jelzése után a program az A/D-t az 1-es bemenetre kapcsolja és ebben a ciklusban vár az ingerlő impulzusra. Az inger megjelenésekor az A/D átvált a 0-ás csatornára.

Megkezdődik 0.1ms-os mintavételezési idővel a 0-ás csatornára érkező jelek digitalizálása és elraktározása a kijelölt memóriaterületre, miközben a program folyamatosan meghatározza F_{max} és $F_{max}/8$ értékét: figyeli, hogy az aktuálisan digitalizált adat nem nagyobb-e F_{max} -nál, ill. nem kisebb-e $F_{max}/8$ -nál. Amennyiben az adat nagyobb F_{max} -nál, F_{max} értékekül az új digitalizált értéket adja és kiszámítja $F_{max}/8$ új értékét is. Amint a bevett adat értéke $F_{max}/8$ alá csökken a leszálló ágban, a digitalizálás befejeződik.

A következő rutin a tulajdonképpeni feldolgozó rutin, amely áll

1. egy nullvonal meghatározó algoritmusból
2. egy adott érték átlépését figyelő szubrutinból
3. és egy integráló szubrutinból.

1. A gastrocnemius latenciaideje szélsőséges esetben sem lehet 5ms-nál kisebb. A nullvonal meghatározás ezért úgy történik, hogy az első 3ms alatt beérkező 30 adatnak képezzük az átlagát.

2. Ebben a szubrutinban sorra meghatározzuk, melyik adat lépi át rendre az $F_{max}/32$, $F_{max}/4$, $3F_{max}/4$, F_{max} értékeket a kontrakció fel- ill. leszálló ágában.

A kiválasztott adatok címét őrizzük meg, amelyek - figyelembe véve a mintavételezési időt - egy-egy időpontnak felelnek meg.

3. Az integráló szubrutin segítségével a tenzió idő szerinti integrálját határozzuk meg digitálisan. Ez a művelet egy impulzus, azaz erőlökés dimenziójú adatot eredményez.

A következő programrészlet digitális oszcilloszkópként működteti a képernyőt.

Két tenziógörbét jelenít meg a displayn: a baloldali az aktuális, a jobboldali az előző tenzió. Időrendi sorrendben a program előbb átmásolja a baloldali görbét a jobb oldalra, törli a bal oldalt, és az új görbét rajzolja oda.

Ez a művelet 35ms-ot vesz igénybe; két képernyőváltási időn belül lezajlik.

A feldolgozó és a görbét megjelenítő program össze-

sen 90ms alatt elvégzi a feladatát. Tehát a görbe digitalizálása után a következő inger kezdetéig legalább ennyi időnek kell a gép rendelkezésére állnia, hogy a következő inger biztonsággal detektálható legyen. Máskülönben egy rángás adatainak feldolgozása kimaradna.

Az 0.1ms-os várakozó ciklusban egy a "SPACE" gombot figyelő szubrutin is található. A "SPACE" gomb benyomásakor a program megszakad, és visszatér a basic-rendszerbe.

A feldolgozás befejeztével az elkészült adattömböt magnókazettára rögzítjük a későbbi feldolgozáshoz.

II.3.2 Adatfeldolgozás a kísérlet lezajlása után

A fáradás statisztikai elemzése

A fárasztásos kísérletekben az izmokat 2 percen keresztül 1Hz-es frekvenciával ingereltük. Az izmok e kísérlet során 120 rángást végeztek, melyeknek adatait az előző fejezetben tárgyalt módon magnókazettára rögzítettük.

Ezek az adafile-ok izmonként több mint 1200 adatot tartalmaznak. Ilyen mennyiségű adat áttekintése statisztikai feldolgozást kíván.

A rángások biomechanikai paramétereinek alakulását

a fáradás során a következő statisztikai adatokkal jellemeztük:

- A) 1. Átlagérték ($\bar{Y}$)
- 2. Százalékos szórás az átlagértékhez képest ($S_y\%$)
- 3. Korrelációs együttható (r)
- 4. A korrelációs együttható szórása (S_r)
- B) A vizsgált adatokra fektetett regressziós egyenes jellemzői:
 - 1. A regressziós egyenes értéke az $X=0$ helyen (a)
 - 2. A regressziós egyenes meredeksége (b)
 - 3. Százalékos szórás a regressziós egyeneshez képest ($S_{xy}\%$)

A program listája, amely a statisztikai adatokat kiszámolja, a 3. mellékletben tanulmányozható.

Működése a következő:

Első lépésként a program megkérdezi a feldolgozandó file nevét, hogy behúzhassa azt a magnóról. Ezt követően 45-50 sec alatt a behúzott tömbön egy tranz-formációt hajt végre, így téve azt alkalmassá a statisztikai feldolgozáshoz.

A program egymás után kiszámolja az egyes rángások jellemző biomechanikai paramétereiből a fárasztás statisztikai adatait.

E rángási paraméterek:

1. Rángási félidő ($T1/2$)
2. Kontrakciós idő (Tm)
3. Kontrakciós meredekség (Vf)
4. Relaxációs meredekség (Vl)
5. A feszülés maximuma (Fm)
6. A rángás erőlkése ($I = \int F dt$)

A kiszámított adatokat a program mátrixba rendezi, és kívánság szerint képernyőn jeleníti meg, vagy printerre küldi a mátrix elemeit táblázatos formában.

Kérésre a számítógép grafikusan is megjelenítheti bármelyik adathalmaz regressziós egyenesét az adathalmaz elemeivel együtt (1. az Eredmények című fejezetben). A grafikonokat szintén kivihetjük mátrixnyomtatóra is.

II.3.3 A számítógépes feldolgozási módszer összevetése a hagyományos módszerrel

A régi feldolgozási rendszerben a magnóra rögzített rángásokat X-Y rekorderrel kirajzoltuk, ezután vonalzóval mérve határoztuk meg a minket érdeklő paramétereket. Ez a módszer nagyon időigényes: egy izom kiértékelése 1-1.5 órát vett igénybe, és a mérési eredmények nem érték el a szükséges pontosságot.

Az X-Y író kezelése - a gyors jelek miatt - nagy ügyességet kívánt. Egy normál gastrocnemius egyszeri összehúzódása 100 ms alatt lezajlik. Még ha az FM magnó sebességét le is csökkentjük a negyedére, mindössze 0.4 másodperc a lelassított rángásidő. Az X-Y író indításának megfelelő időzítése a legtöbb esetben csak többszöri próbálkozás után sikerült.

A latenciaidő meghatározását a MEDICOR latenciaidő-mérő készülékével végeztük. A műszer állandó szintre beállított komparátorral figyeli a beérkező jel feszültségszintjét. Kis amplitúdójú rángásoknál nagy lesz a mérési hiba. Ez a hiba fárasztásnál az erősítés megváltoztatásával nem küszöbölhető ki.

Számítógépes feldolgozásnál a feldolgozási idő izmonként 8-10 perc, de ez alatt az idő alatt a gép kiszámolja és táblázatba rendezve kinyomtatja az összes biomechanikai paraméter statisztikai jellemzőit is.

A latenciaidő meghatározása pontosabb: a gép az aktuális rángás $0.05F_{max}$ értékének elérési pontját keresi, ami egyértelművé teszi a latenciaidő fogalmát.

Mérési eredményeink pontosságát az A/D konverter működési körülményei szabják meg. Ennél a kísérlet-sorozatnál a mintavételezési idő 0.1ms volt, ami azt jelenti, hogy az idő dimenziójú adatok pontossága $\pm 0.1ms$. A felbontóképesség 256: az erő dimenziójú



adatok mérési pontossága teljes kivezérlés esetén 0.4% alatt marad, és még 50%-os kivezérlés esetén sem éri el az 1%-ot.

III. EREDMÉNYEK

Az előző fejezetben ismertettük kísérleti módszereinket, a kísérletek körülményeit, menetét, a felhasznált berendezéseket ill. azok hitelesítésének módját, a feldolgozás folyamatát, lehetőségeit.

A következőkben látható grafikonokon és táblázatokban az erő dimenziójú értékek mindig az izom nedves tömegére normáltak.

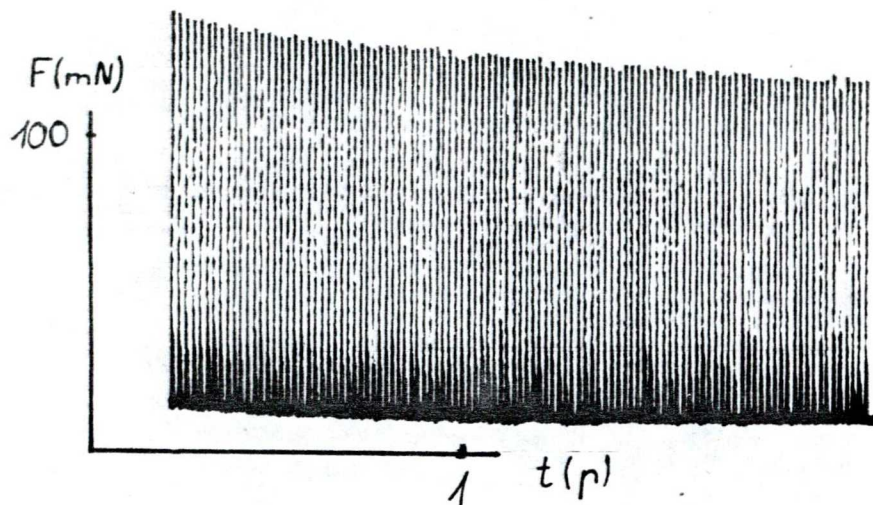
III.1 Immobilizáció hatása az m. soleus rágási paramétereire

A 6. ábrán 2 és 6 hétig immobilizált soleus fáradását szemléltettük az $F_m - t$ grafikonokon. Az ábrát X-Y íróval készítettük.

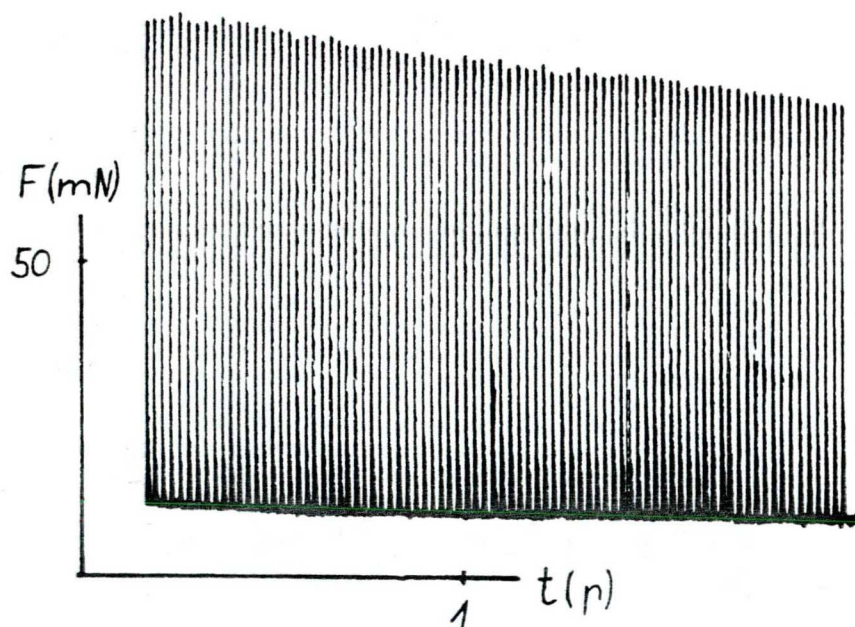
A 6 hetes soleus láthatóan erősebben fárad: az F_{max} értékek gyorsabban csökkennek.

A fáradás mértékének mérőszáma az utolsó és az első rágás - a fáradás szempontjából vizsgált - paraméterének hányadosa lehet (a 6. ábrán pl. az F_m lehet az aktuális paraméter). Mi a fáradást kísérleteink adatainak feldolgozásakor az aktuális paraméter regressziós egyenesének meredekségével (b) jellemeztük. Ez exaktabb megoldás, hiszen a kérdéses paraméter sta-

a)



b)



6. ábra a) Normal m. soleus 2 perces fárasztásának analóg regisztrátuma.

b) 6 hétig immobilizált m. soleus fárasztásának analóg regisztrátuma.

tisztikus ingadozásaiból eredő hibákat kiküszöböltük.

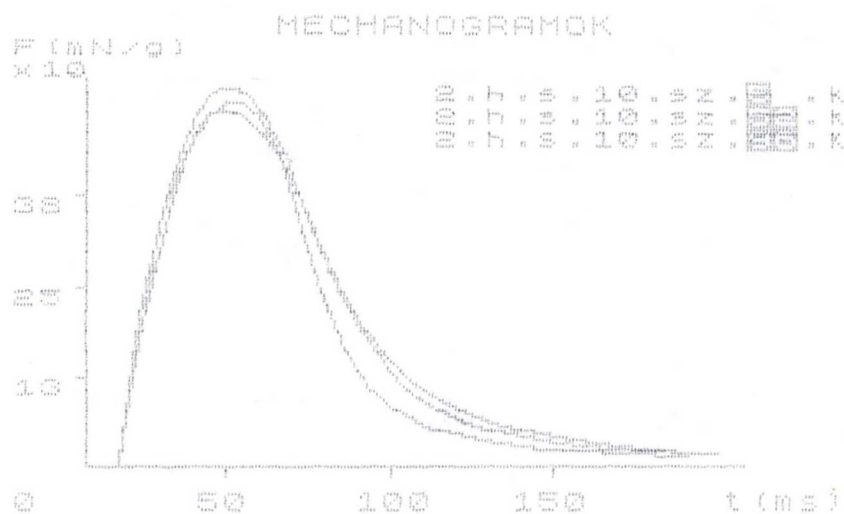
A 7. ábra grafikonjain a fáradás hatását figyelhetjük meg az egyes kontrakciók lefutására 2 és 6 hetes immobilizálás után. A mechanogramok tenziómaximumának csökkenése a 2 hétig immobilizált izomnál jóval kisebb mértékű, mint a 6 hétig immobilizáltnál. Az izmok erejének csökkenésével szinkron nő a rángások időtartama.

A 8. ábra a) grafikonjánál a különböző idejű gipszelés hatását látjuk a rángási görbékre. A rángási félidő csökken, a tömegre normált tenziómaximum a gipszelés idejének hosszabbodásával növekszik.

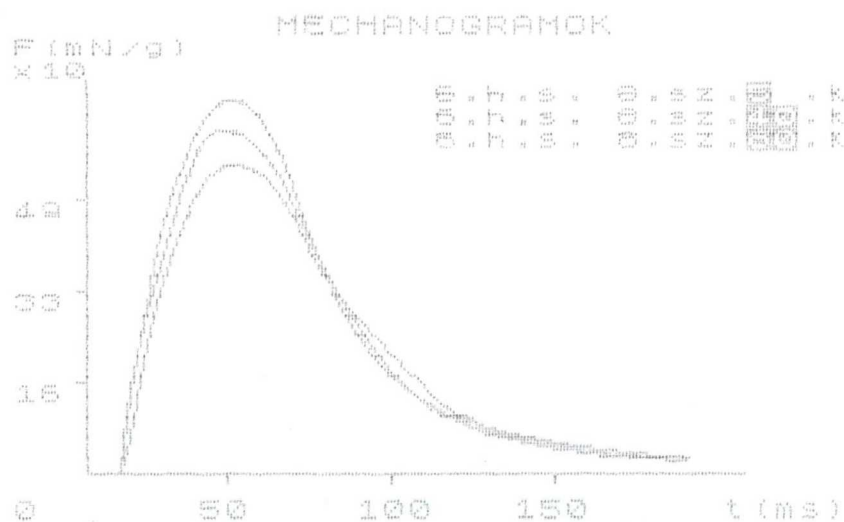
A b) grafikonon egy 6 hétig immobilizált m. soleus és egy kontroll m. gastrocnemius kontrakciójának lefutását hasonlítjuk össze. 6 hetes immobilizálás után a rángási görbe már egy m. gastrocnemius rángási görbéjére hasonlít.

A 9. - 20. ábrákon különböző biomechanikai paraméterek fáradás közbeni alakulását követhetjük regressziós egyenesek, és a hozzájuk kapcsolható statisztikai adatok segítségével. A grafikonokon négyesével csoportosítva rendre a 0, 1, 2, 6 hétig tartó immobilizálás utáni állapotokat vizsgálhatjuk.

a)



b)



7. ábra M. soleus fáradásának szemléltetése a rángási sor
1., 2. és 3. harmadából vett minta alapján.

a) 2 hétig imm. soleus 5., 52. és 96. kontrakciós görbéje.

b) 6 hétig imm. soleus 5., 40. és 80. kontrakciós görbéje.

8. ábra a) M. soleus rángási görbéi az immobilizáció idejétől függően.

b) 6 hétig immobilizált m. soleus és kontroll m. gastrocnemius kontrakciójának összehasonlítása.

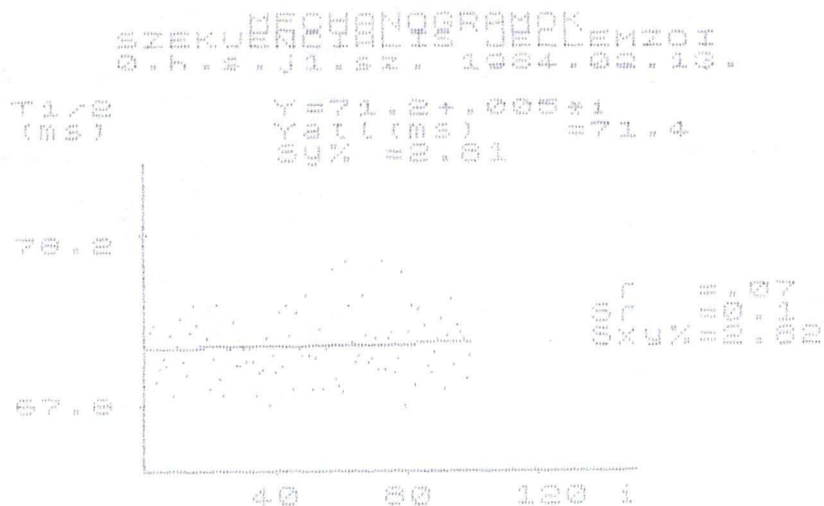
A grafikonokon az $Y = a + b \cdot i$ alakú egyenletből a regressziós egyenes adatait olvashatjuk ki:

- Y az éppen vizsgált paraméter
- a az elméleti 0. rángás Y értéke
- b a regressziós egyenes meredeksége
- i az aktuális rángás sorszáma

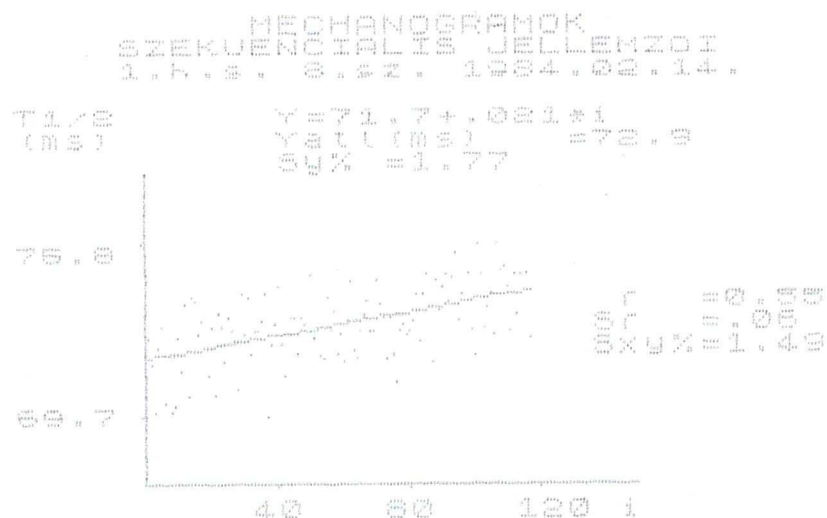
A 9. ábra grafikonjain a $T_{1/2}$ fáradás közbeni alakulását vizsgálhatjuk ($T_{1/2}$ -i). Ha nincs számottevő fáradás, b értéke 0-hoz tart. Ebből következően a korrelációs együttható (r) is 0-hoz közeli értéket vesz fel. Az immobilizáció előrehaladtával a $T_{1/2}$ értékek csökkennek. A fáradásnál hasonló a helyzet: a 2, 6 hétig immobilizált izmok sokkal gyorsabban fáradnak, regressziós egyenesük meredeksége nagyobb, mint a 0-1 hétig kezelt izmoké.

A T_m alakulása hasonló $T_{1/2}$ -éhez (10. ábra): A legerősebb változás az 1. és 2. hét között tapasztalható, a változás mértéke azonban kisebb mind az első rángásokat (a), mind a regressziós egyenesek meredekségét (b) figyelembe véve. A százalékos szórás értékek ($S_y\%$, $S_{xy}\%$) itt a legrosszabbak. F_m pontos időpontjának megállapítása nehéz, mert F_m környezetében a rángási görbe meredeksége kicsi. Minél nagyobb ez a kis meredekségű tartomány, annál pontatlanabb lesz T_m meg-

a)



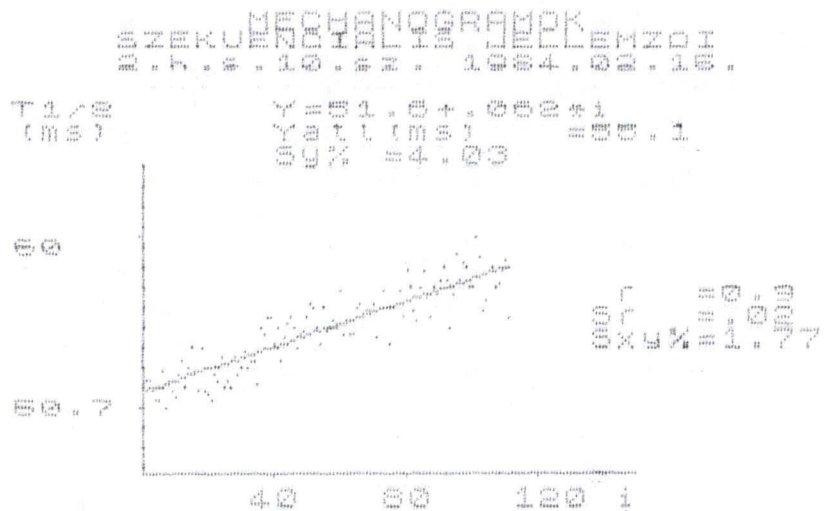
b)



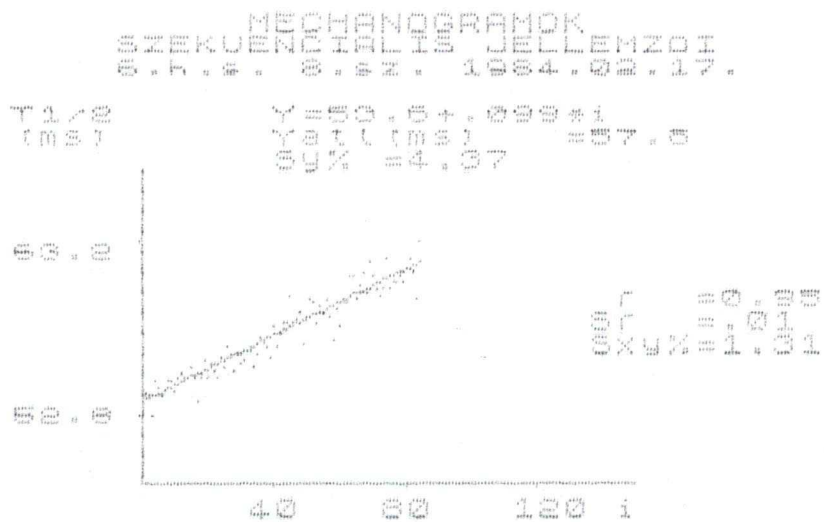
9. ábra a) Kontroll m. soleus rángási félidejének ($T_{1/2}$) függése a rángás sorszámától (i).

b) 1 hétig immobilizált m. soleus $T_{1/2}$ - i grafikonja.

c)



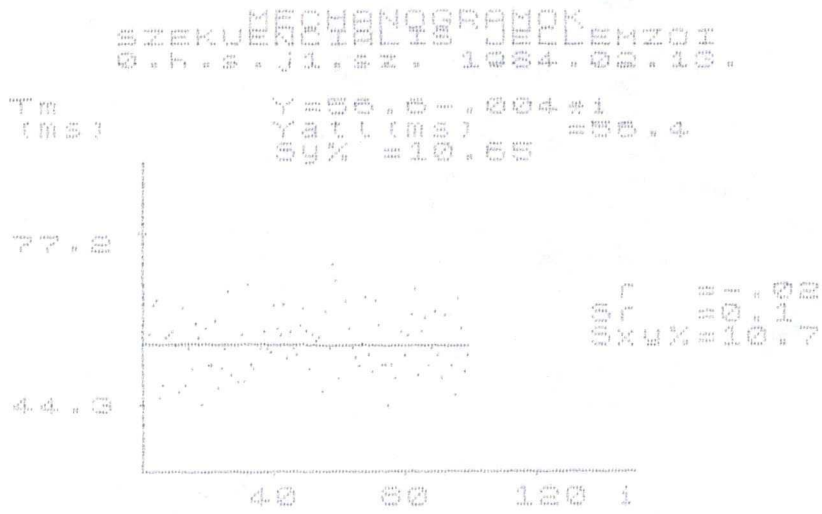
d)



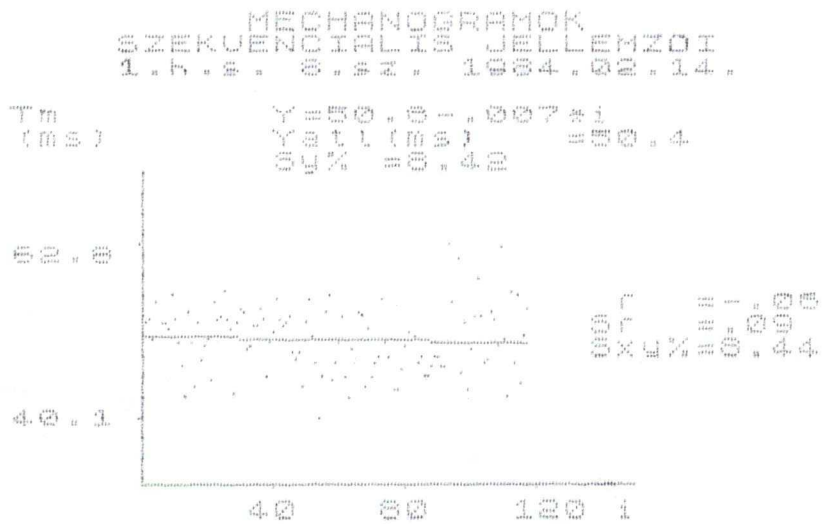
9. ábra c) 2 hétig immobilizált m. soleus T_{1/2} - i
grafikonja.

d) 6 hétig immobilizált m. soleus T_{1/2} - i
grafikonja.

a)



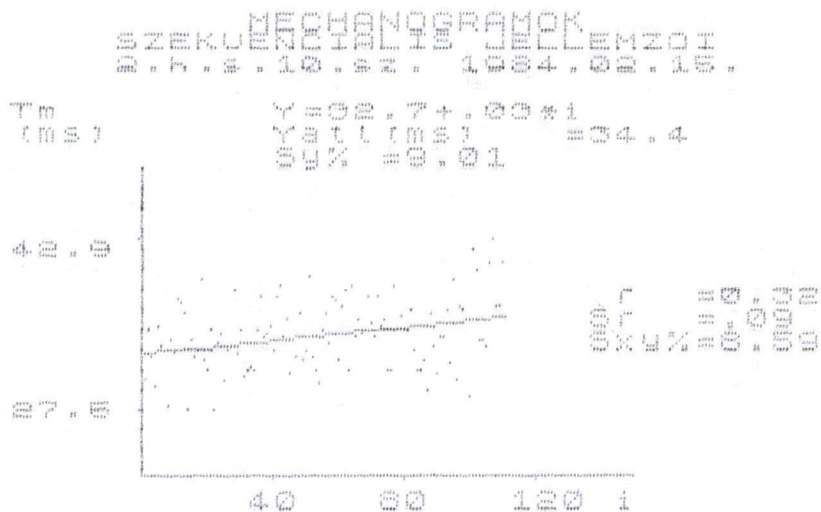
b)



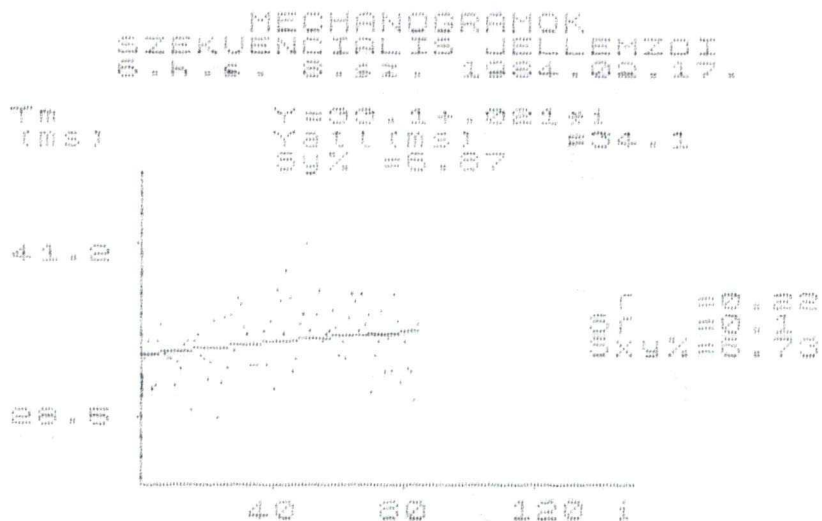
10. ábra a) Kontroll m. soleus kontrakciós idejének (T_m) függése a rángás sorszámától (i).

b) 1 hétig immobilizált m. soleus T_m - i grafikonja

c)



d)



10. ábra c) 2 hétig immobilizált m. soleus T_m - i
grafikonja.

d) 6 hétig immobilizált m. soleus T_m - i
grafikonja.

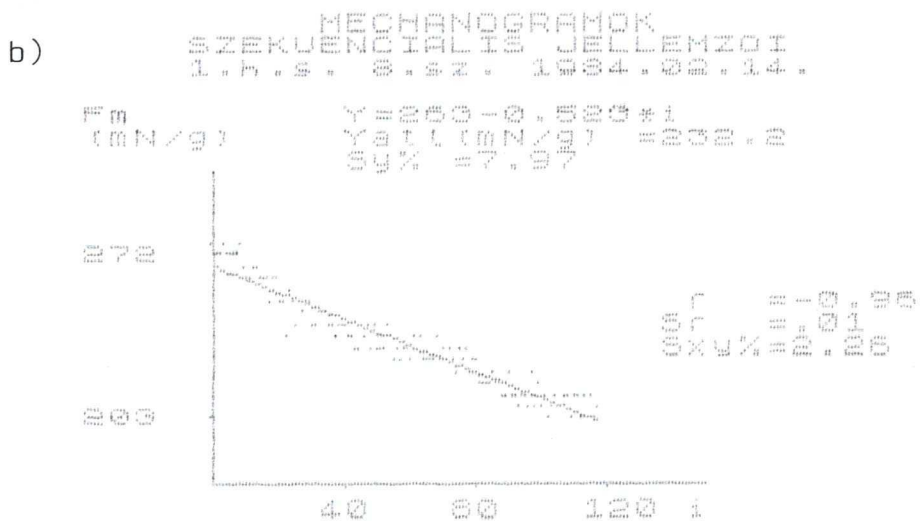
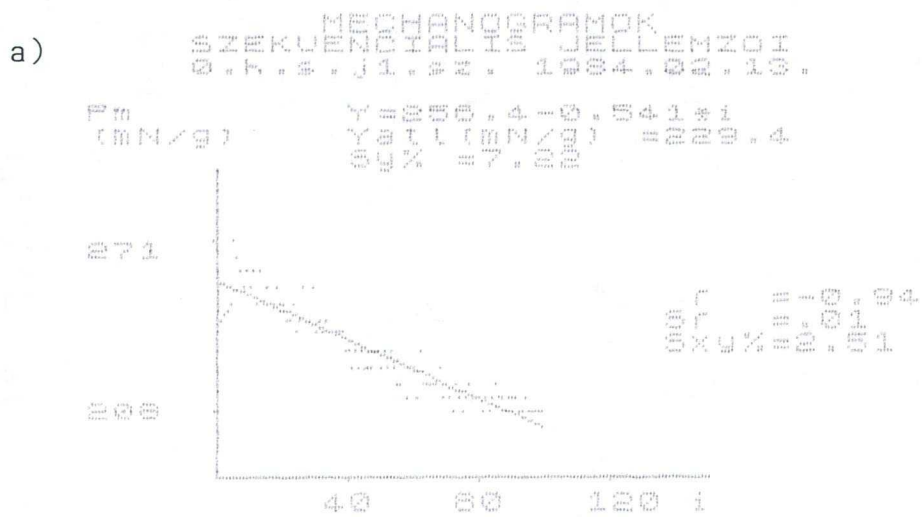
határozása is.

A tenziómaximumok (F_m) alakulása érdekes tendenciát mutat (11. ábra). Az immobilizációs idő előrehaladtával a tenziómaximumok értéke egyre növekszik. Ez a jelenség részben az F_m értékek tömegre normálásával és az erőteljes atrofizációval magyarázható. A tenziómaximumok normálatlan értékei lassabban csökkennek mint az izom tömege.

A fáradékonyságot illetően jelentősebb változást a 6 hétig immobilizált izmoknál találunk: a korábbi -0.5 -ről -1.3 -re változik a regressziós egyenes meredekségének értéke. Az F_m -ot illetően is nő a m. soleus fáradékonysága az immobilizációs idővel.

A kontrakciós (12. ábra) és relaxációs (13. ábra) sebességek (V_f , V_l) értékei még az F_m értékek növekedési üteménél is erősebb emelkedést mutatnak az immobilizációs idővel. Ennek oka egyrészt a tömegre normált tenzióértékek növekedése, másrészt a rángási félidő ($T_{1/2}$) csökkenése lehet. E két paraméter változásának egymást erősítő hatása a rángások meredekségének erőteljes növekedését okozhatja.

A fáradás mértékének növekedése ezeknél a paramétereknél is egyértelműen kimutatható. A regressziós egyenesek meredekségei (b) egyre nagyobb negatív értékeket vesznek fel; a kontrakciós és relaxációs mere-

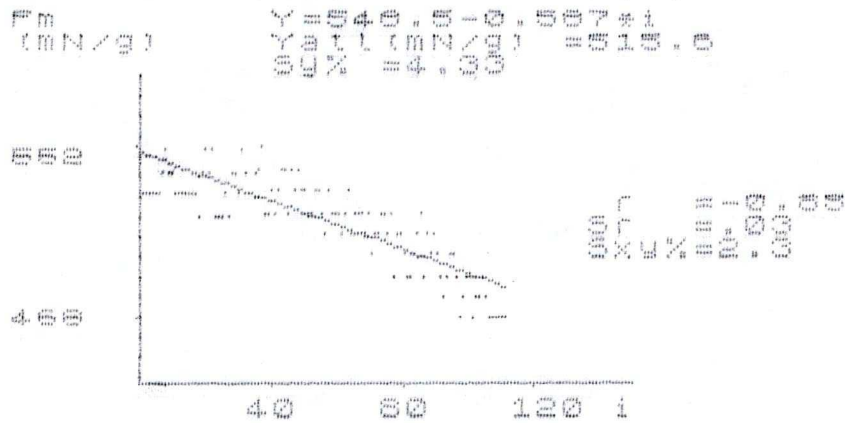


11. ábra a) Kontroll m. soleus tenziómaximumának (F_m)
függése a rángás sorszámától (i).

b) 1. hétig immobilizált m. soleus F_m - i
grafikonja.

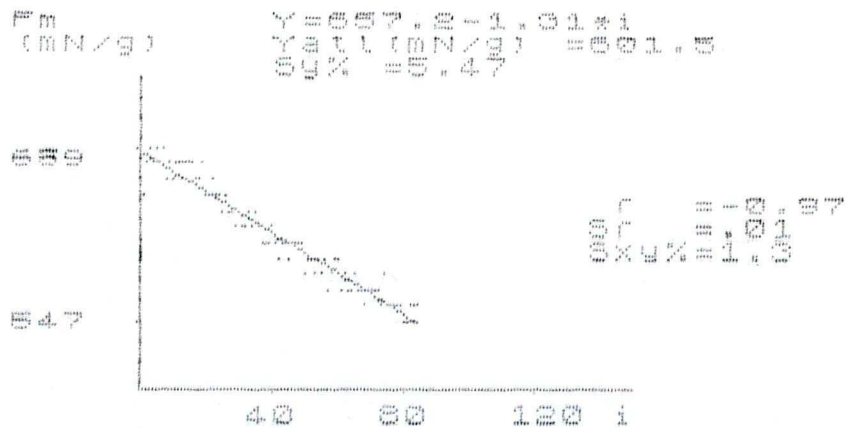
c)

MECHANOGRAMOK
SZEKUENCIALIS JELLENZŐI
S.F.S. 10. sz. 1984.02.15.



d)

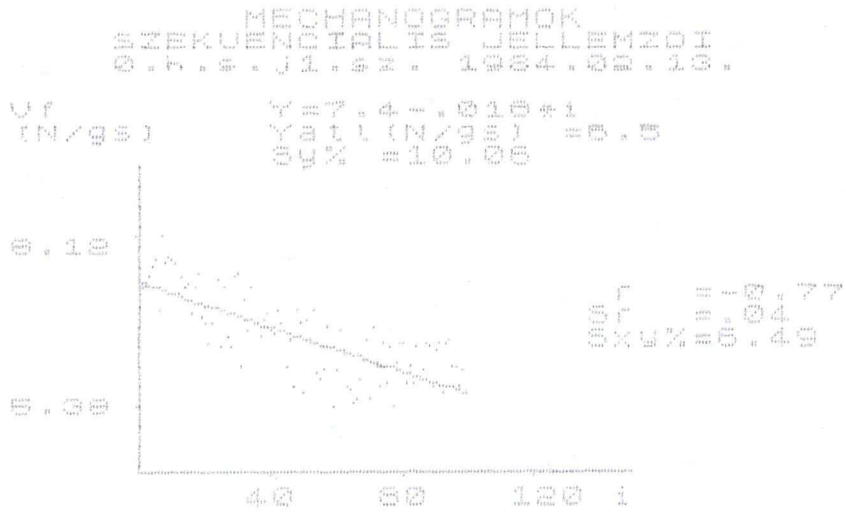
MECHANOGRAMOK
SZEKUENCIALIS JELLENZŐI
S.F.S. 8. sz. 1984.02.17.



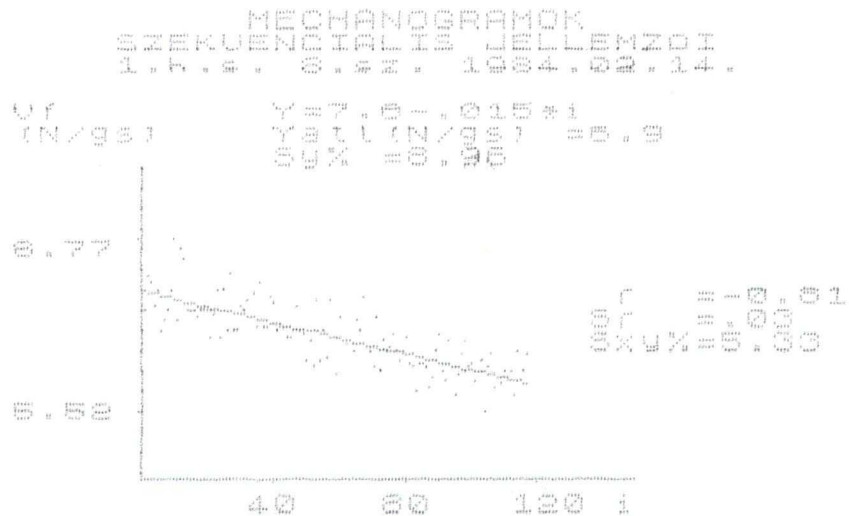
11. ábra c) 2 hétig immobilizált m. soleus Fm - i grafikonja.

d) 6 hétig immobilizált m. soleus Fm - i grafikonja.

a)



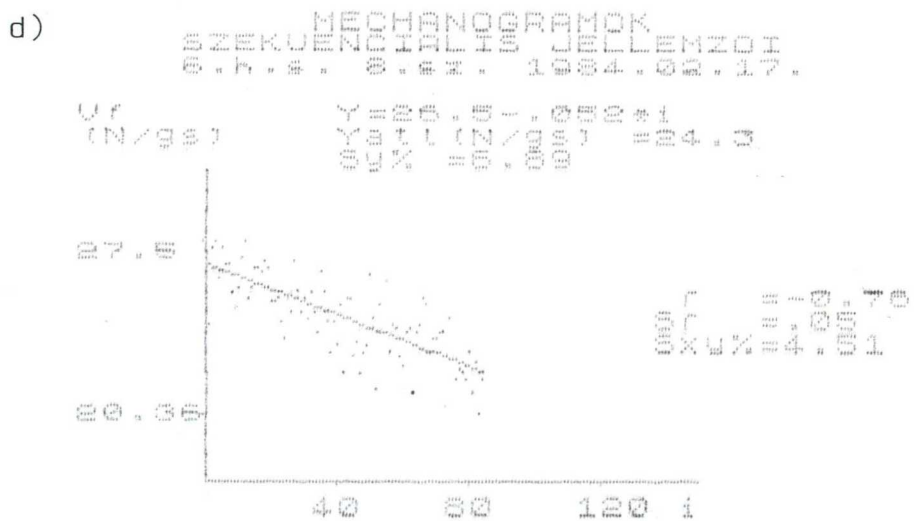
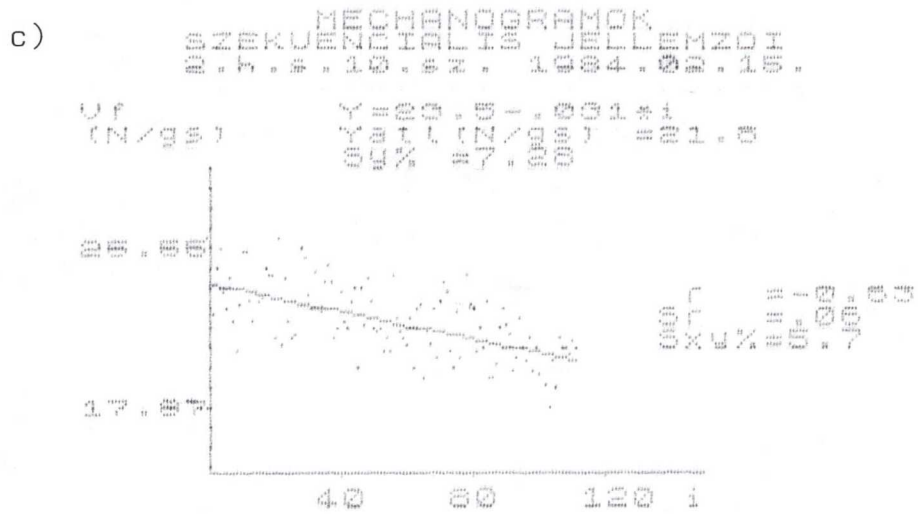
b)



12. ábra a) Kontroll m. soleus kontrakciós sebességének (V_f) függése a rángás sorszámától (i).

b) 1 hétig immobilizált m. soleus $V_f - i$ grafikonja.

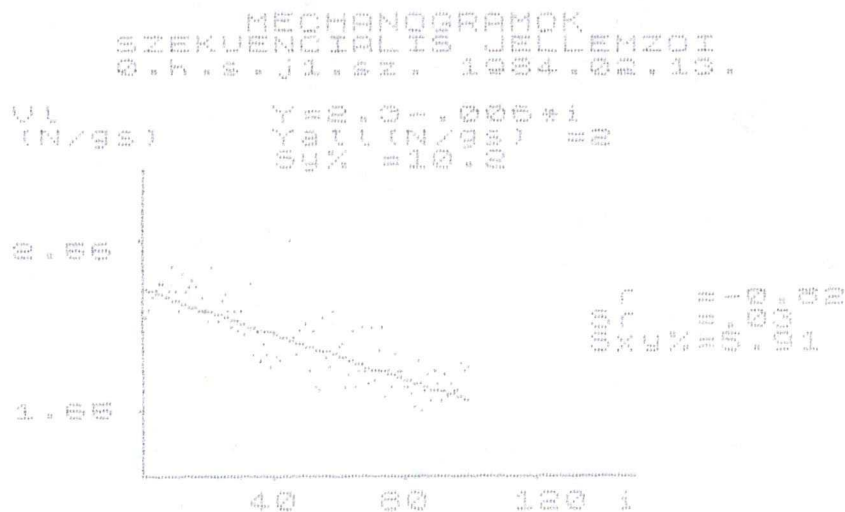




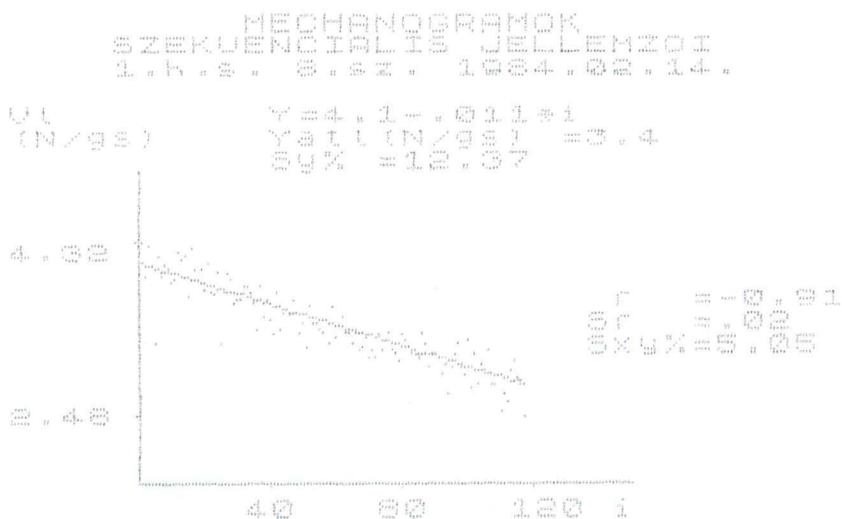
12. ábra c) 2 hétig immobilizált m. soleus $V_f - i$ grafikonja.

d) 6 hétig immobilizált m. soleus $V_f - i$ grafikonja.

a)



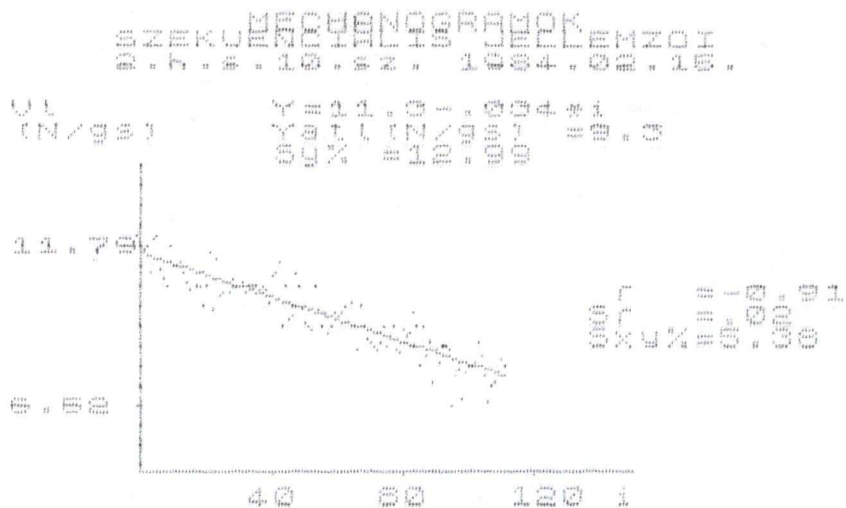
b)



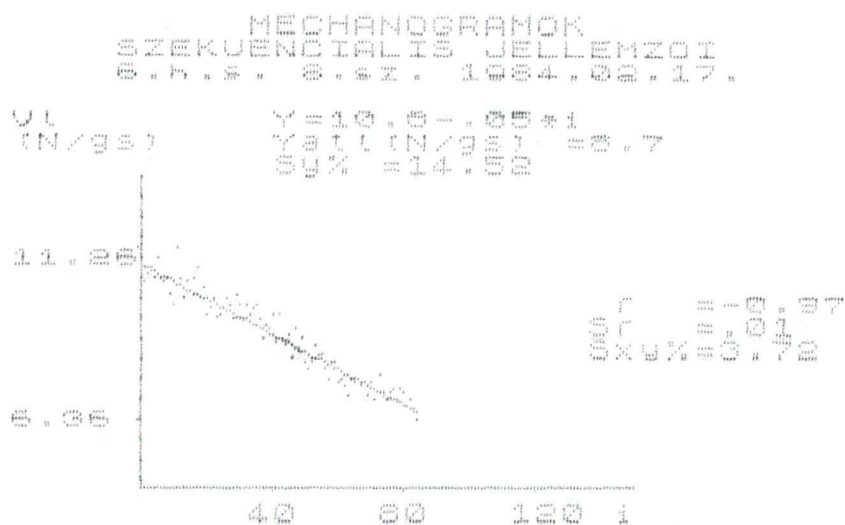
13. ábra a) Kontroll m. soleus relaxációs sebességének (VL) függése a rángás sorszámától (i).

b) 1. hétig immobilizált m. soleus VL - i grafikonja.

c)



d)



13. ábra c) 2 hétig immobilizált m. soleus VL - i
grafikonja.

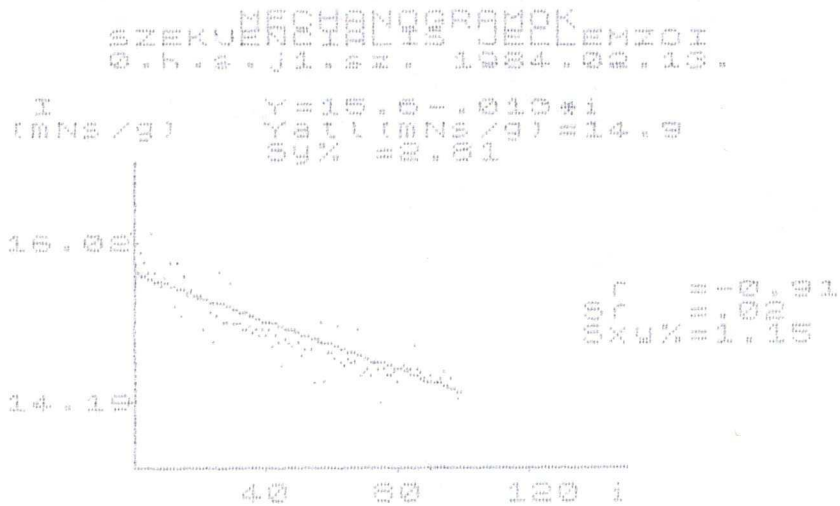
d) 6 hétig immobilizált m. soleus VL - i
grafikonja.

dekségek az immobilizáció előrehaladtával egyre gyorsabban csökkennek a fáradás folyamán.

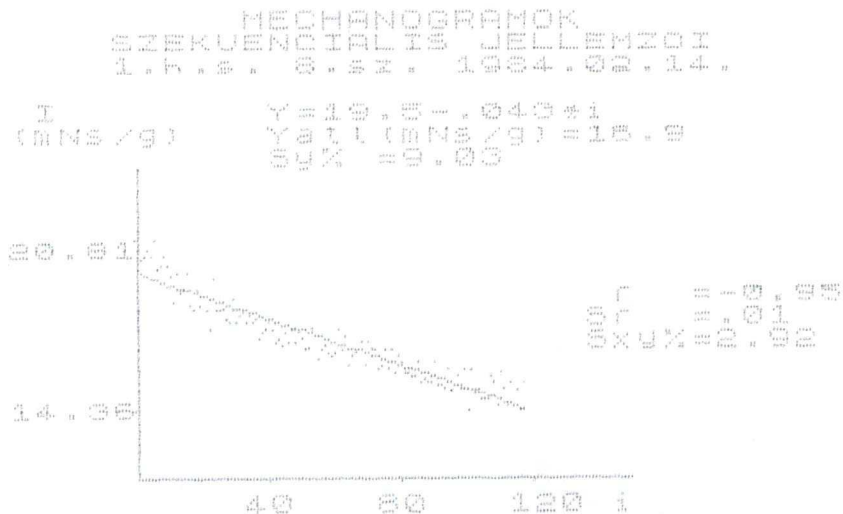
A rángások erőlkédése (I, 14. ábra) szintén növekvő tendenciát mutat. A tömegre normált feszülések értékei gyorsabban növekednek - a 6 hétes immobilizálás 2-2.5-szeres emelkedést mutat - a rángás félidejének csökkenési üteménél (a csökkenés mintegy 25%-s).

A fáradást jellemző b értékek viszonylag kicsik, és nem mutatnak egyértelmű összefüggést az immobilizációval.

a)



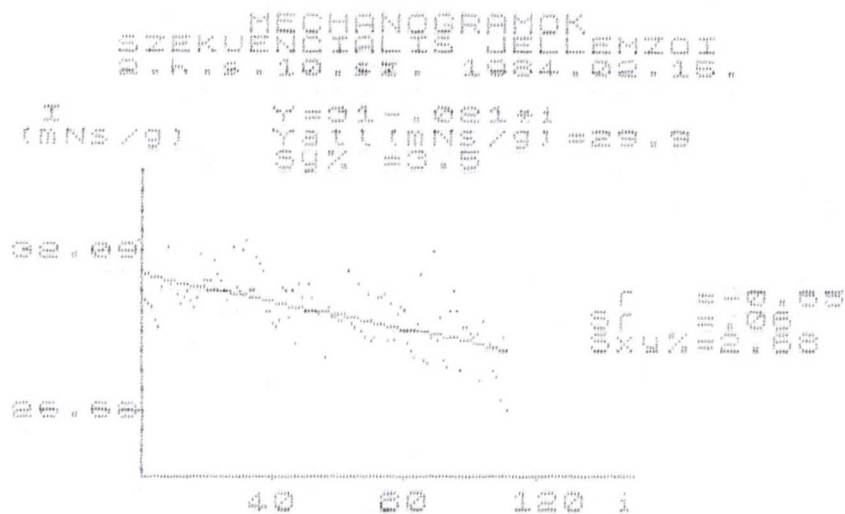
b)



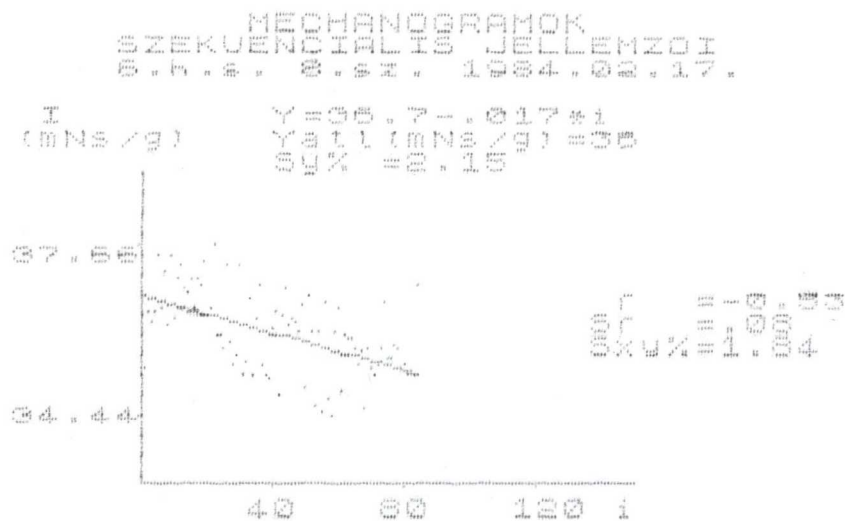
14. ábra a) Kontroll m. soleus erőlkéseinek (I) függése a rángás sorszámától (i).

b) 1 hétig immobilizált m. soleus $I - i$ grafikonja.

c)



d)



14. ábra c) 2 hétig immobilizált m. soleus I - i grafikonja.

d) 6 hétig immobilizált m. soleus I - i grafikonja.

III.2 Immobilizáció hatása a m. gastrocnemius rágási paramétereire

A m. gastrocnemius biomechanikai paramétereinek és ezek fáradásának alakulását az immobilizációs idő növekedésével a 15. ábra a), b), c) és d) táblázata szemlélteti.

A $T_{1/2}$ az első 2 hétben nem mutat szignifikáns változást, 6 hetes immobilizáció után azonban jelentősen megnövekedett (50+3%).

Az összes itt vizsgált paraméter b értékének alakulásáról elmondható, hogy az immobilizációs idő növekedtével szinkron az erőteljesebb fáradásra jellemző értékeket veszik fel.

A T_m változásáról ugyanazt mondhatjuk mint a $T_{1/2}$ alakulásáról. A szórásértékek a m. gastrocnemius-nál is itt a legnagyobbak, de korántsem olyan magas értékek mint a m. soleus-nál tapasztalt értékek. Ennek oka nyilvánvalóan az, hogy a m. gastrocnemius rágásainak Fm környezetében lévő kis meredekségű szakaszai-az izomra jellemző nagyobb rágási sebesség miatt -rövidebbek, így Fm helye pontosabban meghatározható.

Az Fm értékek alakulása hasonló a m. soleus-nál tapasztaltakhoz, de a növekedés üteme itt nem olyan erőteljes.

A kontrakciós és relaxációs sebességeknél (V_f , V_l) vegyük észre, hogy közöttük a különbség egyre nagyobb, miközben mindkettő növekszik az immobilizáció idejével. A V_l egyre kisebb a V_f -hez képest. Ugyanez a tendencia még szembeötlőbb ezen paraméterek b értékét vizsgálva. A $T_{1/2}$ erőteljes növekedését sokkal inkább a relaxációs, és nem a kontrakciós szakasz eredményezi.

Az erőlkések (1) is a m. soleushoz hasonló módon változnak: egyre nagyobbak az immobilizációs idő növekedtével, miközben regressziós egyeneseik meredeksége 0-hoz közeli érték még a 6 hetes immobilizációs idejű izmoknál is. Ez utóbbi jelenség azt a feltevést látszik igazolni, hogy a fáradás során az Fm értékek csökkenése és a T1/2 értékek növekedése az egyes rángásoknál úgy alakul, hogy az erőlkés állandó értéken maradjon. Az izom igyekszik megőrizni munkavégző képességét.



a) MECHANOGRAMOK
SZEKVENCIALIS JELLENZOI
0.h.9. J1.sz. 1984.02.13.

	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
T1/2	24.1	2.79	23.4	.021	0.63	.07	2.17
Tm	22.8	4.99	22.3	.015	0.27	0.11	4.84
Fm	132.9	1.37	135.6	-.073	-0.84	.04	0.70
Vf	9.4	1.39	9.6	-.005	-0.77	.05	0.9
Vl	9.7	1.9	9.9	-.007	-0.8	.04	1.16
I	3.9	0.95	3.9	-.0015	-0.79	.04	0.59

b) MECHANOGRAMOK
SZEKVENCIALIS JELLENZOI
1.h.9. 2.sz. 1984.02.14.

	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
T1/2	24.8	4.79	24.1	.019	0.84	.03	1.74
Tm	21.5	7.11	21	.011	0.41	0.21	6.72
Fm	178.2	1	182.4	-0.124	-0.69	0.1	0.75
Vf	10.9	4.33	11.7	-.015	-0.8	.03	2.7
Vl	10	9.39	10.9	-.022	-0.89	.05	4.37
I	4.7	3.81	5	-.037	-0.91	.04	1.65

15. ábra Kontroll (a) és 1 hétig immobilizált (b) m. gast-roknemius fáradást jellemző biomechanikai változói (T1/2, Tm, Fm, Vf, Vl, I) regressziós egyeneseinek biometriaai paraméterei (Yatl, Sy%, a, b, r, Sr, Sxy%).

c)

MECHANOGRAMOK
SZEKVENCIALIS JELLENZŐI
2.h.9.10.sz. 1984.02.15.

	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
T1/2	24.7	5.03	22.9	.036	0.86	.03	2.62
Tm	19.3	6.96	18.3	.02	0.44	.08	6.26
Fm	242.7	7.36	270.2	-0.539	-0.88	.02	3.42
Vf	15.5	10.29	17.7	-.042	-0.77	.04	6.57
Vl	14	14.03	17.3	-.065	-0.97	.01	3.67
I	5.8	6.29	6.2	-.008	-0.63	.05	4.64

d)

MECHANOGRAMOK
SZEKVENCIALIS JELLENZŐI
6.h.9. 9.sz. 1984.02.17.

	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
T1/2	47.2	5.21	43.3	.076	0.9	.02	2.22
Tm	30.3	9.59	28.5	.036	0.37	.09	8.97
Fm	285.4	5.93	313.1	-0.544	-0.94	.01	2.01
Vf	20.5	7.6	22.4	-.036	-0.69	.05	5.56
Vl	15.7	8.76	18	-0.116	-0.97	.01	2.21
I	13.3	3.42	13.8	-.01	-0.65	.06	2.61

15. ábra 2 hétig (c) és 6 hétig (d) immobilizált m. gastrocnemius fáradást jellemző biomechanikai változói (T1/2, Tm, Fm, Vf, Vl, I) regressziós egyenesének biometria paraméterei (Yatl, Sy%, a, b, r, Sr, Sxy%).

IV A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Nyúl m. soleus-át és m. gastrocnemius-át vizsgáltuk in vitro körülmények között, 37°C-on temperált és oxigenált fiziológiás oldatban tartva az intakt izmokat. Indirekt elektromos ingerléssel váltottunk ki izometriás kontrakciókat. Az elektromos négyszögű ingerek feszültsége szupramaximális, jelszélessége 10ms, frekvenciája 1Hz, a fárasztás ideje 2 perc volt.

A kísérleti eredmények összefoglalását a 16. és 17. ábrák táblázatai tartalmazzák.

E táblázatok összevetéséből kitűnik, hogy a m. soleus biomechanikai paraméterei az immobilizáció előrehaladtával egyre inkább egy gyors jellegű izom értékeit veszik fel. A rángási félidő csökken, a kontrakciós és relaxációs sebességek növekednek, a regressziós egyenesek b együtthatói a nagyobb fáradékony-ságot jellemző értékek felé tolódnak el. Ezért nagyobb részt a rángások elnyújtottabb relaxációja a felelős.

Ezek a kísérleti eredmények jól illeszkednek a korábban végzett hasonló irányú immobilizációs vizsgá-latainkhoz, ahol a m. soleus és a m. gastrocnemius rángási paramétereit vizsgáltuk izotóniás körülmények között (Török et al. 1980).

Eredményeinket az intézetünkben folyó hisztokémiai

és biokémiai vizsgálatok is alátámasztják.

Immobilizáció hatására a m. soleus rostösszetétele a gyors izmokra jellemző képet mutatja, miközben a rosts szám változás elhanyagolható (Rohán J., 1984).

A m. soleus rostjainak biokémiai jellemzőiben többek közt a következő változások mennek végbe immobilizáció hatására: a miozin populációban felszaporodik az F1 homodimér, miközben az LC1 homodimér lecsökken. Ezek a változások szintén a gyorsulás irányába hatnak (Takács Ö., et al. 1980).

A tömegre normált tenziómaximumok növekedése azt bizonyítja, hogy az izmok erejének csökkenése (16-18%) kisebb mértékű az atrofizációnál (65-67%).

A m. gastrocnemius változásai kevésbé erőteljesek. A rángás lefutási idejével kapcsolatos paraméterek csak a 6. hét után mutatnak szignifikáns változásokat a lassulás irányába (pl. a T1/2 csökkenése 23-25%). Ezt a lassulást igazolja az LC1 homodimérek felszaporodása is a miozin populációban (Takács Ö., et al. 1980).

a)

T1/2 (ms)							
het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
0	71.4	2.81	71.2	.005	.07	0.1	2.82
1	69.5	3.55	68	0.15	0.82	.06	1.54
2	64.4	1.67	63.3	.031	0.61	.07	1.34
6	57.8	3.13	55.1	.059	0.87	.02	1.53

b)

Tm (ms)							
het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
0	56.4	10.65	56.6	-.004	-.02	0.1	10.7
1	41.4	5.79	42.7	-.009	-.09	0.1	5.9
2	41.2	6.42	39.9	.035	0.28	0.11	6.21
6	38.8	6.45	36.8	.042	0.45	.08	5.79

c)

Fm (mN/g)							
het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
0	229.4	7.22	256.4	-0.541	-0.94	.01	2.51
1	229.7	1.66	232.9	-0.65	-0.91	.02	1.57
2	361.4	3.36	377.5	-0.435	-0.76	.05	2.2
6	702.7	3.94	746.5	-0.93	-0.91	.02	1.67

16. ábra A m. soleus rángási paraméterei és azok biometriai jellemzői az immobilizációs idő függvényében.

a) Rángási félidő (T1/2) b) Kontrakciós idő (tm)

c) Tenziómaximum (Fm)

Vf (N/g _s)								
d)	het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Ssy%
	0	6.5	10.06	7.4	-.018	-0.77	.04	6.49
	1	7.5	4.07	8.1	-.021	0.65	.04	4.28
	2	12.6	6.2	13.5	-.025	-0.67	.06	4.63
	6	25.2	6.84	27.2	-.041	-0.64	.06	5.3
Vl (N/g _s)								
e)	het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Ssy%
	0	2	10.2	2.3	-.006	-0.82	.03	5.91
	1	3.2	5.45	3.8	-.009	-0.86	.04	3.51
	2	5.7	10.02	6.5	-.022	-0.82	.04	5.83
	6	12.3	9.82	14.2	-.041	-0.91	.02	4.12
I (mNs/g)								
f)	het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Ssy%
	0	14.9	2.81	15.6	-.013	-0.91	.02	1.15
	1	15.6	4.39	15.52	-.02	-0.9	.06	2
	2	24	2.85	24.6	-.015	-0.47	.03	2.53
	6	41.5	1.96	42.3	-.017	-0.56	.07	1.63

16. ábra A m. soleus rágási paramétereit és azok biometria jellemzőit az immobilizációs idő függvényében.
d) Kontrakciós sebesség (Vf) e) Relaxációs sebesség
f) Erőlkés (I)

T1/2 (ms)								
a)	het	Yatl	Sx%	a	b	r	Sr	Sxy%
	0	24.1	2.79	23.4	.021	0.63	.07	2.17
	1	24.4	3.1	23.3	.02	0.63	.03	1.73
	2	24.7	5.03	22.9	.036	0.86	.03	2.62
	6	33.2	7.21	29.1	.098	0.97	.01	1.65
Tm (ms)								
b)	het	Yatl	Sx%	a	b	r	Sr	Sxy%
	0	22.8	4.99	22.3	.015	0.27	0.11	4.84
	1	20.9	4.91	20.1	.015	0.47	.07	4.35
	2	19.3	6.96	18.3	.02	0.44	.08	6.28
	6	25.9	5.65	24.8	.027	0.43	.09	5.12
Fm (mN/9)								
c)	het	Yatl	Sx%	a	b	r	Sr	Sxy%
	0	132.9	1.37	135.6	-.073	-0.84	.04	0.76
	1	150	4.54	160.2	-0.186	-0.86	.02	2.32
	2	242.7	7.38	270.2	-0.539	-0.88	.02	3.49
	6	296.4	6.22	324.1	-0.667	-0.86	.03	3.17

17. ábra A m. gastrocnemius rángási paraméterei és azok biometriaai jellemzői az immobilizációs idő függvényében.
a) Rángási félidő (T1/2) b) Kontrakciós idő (Tm)
c) Tenziómaximum (Fm)

Vf (N/g _s)								
d)	het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
	0	9.4	1.39	9.6	-.005	-0.77	.05	0.9
	1	10.9	4.33	11.7	-.015	-0.8	.09	2.7
	2	15.5	10.29	17.7	-.042	-0.77	.04	6.57
	6	20.5	7.6	22.4	-.036	-0.69	.05	5.56

Vl (N/g _s)								
e)	het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
	0	9.7	1.9	9.9	-.007	-0.8	.04	1.16
	1	10	9.09	10.9	-.022	-0.89	.05	4.37
	2	14	14.03	17.3	-.065	-0.97	.01	3.67
	6	15.7	8.76	18	-0.116	-0.97	.01	2.21

I (mNs/g)								
f)	het	Yatl	Sy%	a	b	r	Sr	Sxy%
	0	3.9	0.95	3.9	-.0015	-0.79	.04	0.59
	1	4.7	3.81	5	-.037	-0.91	.04	1.65
	2	5.8	6.29	6.2	-.002	-0.68	.05	4.64
	6	13.3	3.42	13.8	-.01	-0.65	.06	2.61

17. ábra A m. gastrocnemius rángási paramétereit és azok biometria jellemzőit az immobilizációs idő függvényében.
d) Kontrakciós sebesség (Vf) e) Relaxációs sebesség (Vl)
f) Erőlkés (I)

1. számú melléklet

On line adatfeldolgozás basic programja

```
10 BORDER 1: PAPER 1: INK 7: CLEAR 45000: RE
M 45050d=AFFAh
15 LOAD "m";1;"bunnyCODE "CODE
20 LET x1=0: LET x=0: LET xi=0: LET d$="DOLGO
ZOM": LET n$="nyomja meg a": LET e$="z 'ENTER'-t
!": LET b$=" 'BREAK'-t!"
30 CLS : PRINT AT 19,0;"A/D ellenorzése BASIC-
bol""Ha jonak találja "n$;e$: LET a=.6875: OUT
17,255: OUT 17,248: OUT 19,79: OUT 16,1: FOR i=
0 TO 255: PLOT i,a IN 18: IF INKEY$=CHR$ 13 THEN
GO TO 50
40 NEXT i: GO TO 30
50 INPUT "Gastro vagy Soleus? ";q$: POKE 4501
0,0: IF q$="g" THEN POKE 45010,1
55 CLS : PRINT AT 9,4;"MECHANOGRAMOK ELSODLEG
ES";TAB 9;"FELDOLGOZASA";AT 16,10;"Varok az inger
re.";TAB 10;"Mechanogram bevetele.";TAB 10;"Feld
olgozas.";TAB 10;"VEGE"
60 PRINT AT 20,0;"Kezdje meg az ingerlest,""m
ajd ";n$;e$
70 PAUSE 0: IF INKEY$=CHR$ 13 THEN PRINT AT
20,0;"Ha a kiserletnek vege "n$;b$;" "
75 PRINT AT 9,0;TAB 31'TAB 31: RANDOMIZE USR
45050: GO TO 90
80 GO TO 70
90 IF INKEY$ CHR$ 13 THEN GO TO 90
95 CLS
100 LET c1=46592: LET ab=PEEK 23298: LET fb=PE
EK 23299: LET v1=ab+256 fb: LET h=v1-c1: LET n=h
/20
110 IF n=0 THEN PRINT AT 8,4;"NEM TORTENT ADA
TBEVETEL!": GO TO 50
120 PRINT AT 8,11;d$: LET c0=49152: DIM a$(n+1
,50): LET a$(1,1 TO )=STR$ n: FOR i=1 TO n: LET
ca=c1+(i-1) 20
130 FOR j=1 TO 8: LET cs=ca+17-j 2
140 GO SUB 500: LET a$(i+1,(j-1) 5+1 TO )=STR$
cs
150 NEXT j
160 LET a$(i+1,41 TO )=STR$ PEEK ca: LET cs=ca
+17: GO SUB 500: LET a$(i+1,46 TO )=STR$ (cs+c0
/10)
170 NEXT i
180 CLS : LET b$="Datum:": LET i=4: GO SUB 196

182 LET b$="Kezeles idotartama:": LET i=15: GO
SUB 196
184 LET b$="Kiserleti allat sorszama:": LET i=
21: GO SUB 196
186 LET b$="Erosites(mV/N):": LET i=27: GO SUB
```

```

196
188 LET b$="Izom hossza(mm)": LET i=34: GO SUB
B 196
190 LET b$="Izom tomege(g)": LET i=38: GO SUB
196
192 LET b$="Izom keresztmetszete(mm2)": LET i
=43: GO SUB 196
194 GO TO 198
196 INPUT VAL$ "b$";a$(1,i TO ): PRINT b$;a$(1
,i TO ): RETURN
198 INPUT "Melyik sort javitod? ";q: IF q=0 TH
EN GO TO 200
199 LET q=(q-1) 2+180: GO TO q
200 CLS : PRINT "A tomb kész."'"Kivigyem, kiir
jam, kezdem újra vagy'"befejezhetem?"
210 PAUSE 0
215 IF INKEY$="k" THEN GO TO 20
220 IF INKEY$="i" THEN GO TO 250
225 IF INKEY$="b" THEN GO TO 9000
230 IF INKEY$="v" THEN GO TO 240
235 GO TO 200
240 SAVE "m";1;a$(1,15 TO 23) DATA a$(): GO T
O 200
250 CLS : FOR i=2 TO n+1: LET k=((i-2)-INT ((i
-2)/5) 5) 6: PRINT AT 0,k+1;i-1: FOR j=1 TO 46 S
TEP 5
260 PRINT AT j/5 2+2,k;a$(i,j TO j+4)
270 NEXT j: IF k=24 OR i=(n+1) THEN PRINT AT
21,0;"Ha folytathatom = ";CHR$ 205: PAUSE 0: CLS
280 NEXT i: GO TO 200
500 LET cs=(PEEK cs+256 PEEK (cs+1)-c0)/10: RE
TURN
1500 CLEAR : INPUT "index: ";i$: IF LEN i$ 4 TH
EN GO TO 1500
1510 SAVE "m";1;"bunny,"+i$ LINE 1: STOP
9000 REM VALASZTEK
9010 BORDER 1: PAPER 2: INK 7
9020 CLS
9030 PRINT AT 2,9;"MECHANOGRAMOK'" DIGITALIZALA
SA, FELDOLGOZASA ES"TAB 5;"STATISZTIKAI ANALIZI
SE"
9040 PRINT '"TAB 6;"Digitilizalas'"TAB 6;"Sta
tisztiika'"TAB 6;"Grafika'"TAB 6;"Abrazolas"
9050 PRINT TAB 21;"????'"TAB 21;"???"
9060 PAPER 1
9070 IF INKEY$="" THEN GO TO 9070
9080 IF INKEY$="d" THEN LOAD "m";1;"bunny,1"
9090 IF INKEY$="s" THEN LOAD "m";1;"bunny,2"
9100 IF INKEY$="g" THEN LOAD "m";1;"ill1"
9110 IF INKEY$="a" THEN LOAD "m";1;"abra"
9120 GO TO 9070
9130 LOAD "m";1;"?"CODE : GO TO 9000
9900 FORMAT "t",600: OPEN 3,"t": LLIST 3: CLOSE 3

```



2. számú melléklet

On line adatfeldolgozás assembler programja

```

START ORG AFFA
      LD BC,B600
      LD HL,B600
      LD DE,B601
      LDIR
      LD (HL),0
      LD BC,+5120
      LD A,FF
      LD A,F8
      LD A,4F
      XOR A
      LD (AFD3),A
      LD (AFD5),A
      RES 7,(HL)
      SET 7,(HL)
      BIT 3,A
ID     CALL G2
G2     LD D,0
      IN A,(C)
      JR Z STOP1
      BIT 3,A
G4     IN A,10
      JR Z G4
      BIT 2,D
      RET
      SUB +100
      CALL G2
STOP1  JR STOP
      OUT 10,A
      IN A,12
      RES 7,(HL)
      SET 7,(HL)
      LD E,0
G6     LD A,20
      JR C DATA
      INC E
      IN C,(C)
      INC HL
      CALL G2
G7     LD A,H
      JR Z STOP
      SUB C
      LD A,(AFD3)
      LD A,C
      SUB D
      SRL A
      ADD A,D
      CALL G2
      LD (5B02),BC
      LD (HL),0
      LD BC,+2560
RAJT1  LD HL,C000
      LD DE,C001
      LDIR
      OUT 11,A
      OUT 11,A
      OUT 13,A
      OUT 10,A
      LD (AFD4),A
      LD HL,+23114
      LD HL,+23050
G1     IN A,10
      JR Z G1
      JR G5
G3     LD BC,7FFE
      BIT 0,A
      IN A,10
      JR NZ G3
      BIT 3,A
      INC D
      JR Z G3
G5     IN A,12
      JR C RAJT2
      JR G5
RAJT2  LD A,1
      CALL G2
      LD HL,+23050
      LD HL,+23082
      LD HL,C000
      CALL G2
      SUB E
      CALL Z NULLA
DATA   LD C,12
      LD (HL),C
      JR C G9
      JR G6
      SUB D4
      LD A,(AFD4)
      JR NC G8
      LD D,A
      LD (AFD4),A
      SRL A
      SRL A
      LD (AFD5),A
      JR G6

```

G8	LD A,(AFD5)		SUB C
	JR NC SEEK1		CALL G2
	JR G6	G9	BIT 7,E
	JR NZ G7		LD A,(AFD3)
	SUB C		JR NC G6
	ADD A,4		JR C G6
	SET 7,E		JR G6
STOP	LD HL,+23050		RES 7,(HL)
	LD HL,+23082		RES 7,(HL)
	LD HL,+23114		RES 7,(HL)
	LD HL,+23146	G10	SET 7,(HL)
	INC HL		LD A,L
	SUB +110		JR NZ G10
	POP BC		RET
NULLA	LD D,0		LD L,0
	LD A,(HL)	NUL1	INC L
	BIT 5,L		JR NZ NUL2
	LD E,(HL)		ADD A,E
	JR NC NUL1		INC D
	JR NUL1	NUL2	LD B,FF
NUL3	SRL D		RRA
	INC B		BIT 2,B
	JR Z NUL3		JR NC NUL4
	INC A	NUL4	LD (AFD3),A
	LD E,20		LD L,20
	RET	SEEK1	LD (5B00),HL
	LD HL,+23082		RES 7,(HL)
	LD HL,+23114		SET 7,(HL)
	LD HL,5B04		LD BC,(5B02)
	LD A,(AFD4)		LD DE,(AFD2)
	SUB D		LD (BC),A
	INC BC		LD (5BFF),A
	SRL A		JR NC S1
	INC A	S1	ADD A,D
	LD (HL),A		LD A,(5BFF)
	SRL A		SRL A
	JR NC S2		INC A
S2	LD E,A		ADD A,D
	INC HL		LD (HL),A
	ADD A,E		ADD A,E
	INC HL		LD (HL),A
	SRL E		SRL E
	LD A,E		ADD A,D
	INC HL		LD (HL),A
KERESES			LD HL,(5B00)
	LD A,(5B05)		CALL S5
	LD A,(5B04)		CALL S5
	LD A,(5B06)		CALL S5
	LD A,(AFD4)		CALL S5
	LD A,(AFD4)		DEC A
	CALL S10		CALL KOZEP
	LD A,(5B06)		CALL S10

```

LD A,(5B04)
LD A,(5B05)
LD A,(5B07)
LD (5B02),BC
DEC A
CALL KOZEP
KOZEP DEC BC
LD H,A
LD A,(BC)
DEC BC
LD D,A
LD A,(BC)
ADD HL,DE
RR L
RET
S7 CP (HL)
LD A,L
INC BC
LD (BC),A
LD A,B
JP Z STOP
S6 JR NC S5
S10 DEC HL
JR NZ S11
S11 JR C S10
INT LD HL,(5B00)
LD B,A
LD D,A
LD E,A
LD A,(HL)
INT2 BIT 7,A
ADD A,B
JR NC NEXT
ADD A,1
JR NC NEXT
NEXT XOR A
JR NZ INT1
SUB C0
LD HL,(5B02)
INC HL
INC HL
INC HL
CALL G2
JR SCR
JR INT2
LD DE,4010
N EX AF
LDIR
ADD A,L
JR NC K1
K1 LD A,10
LD E,A

```

```

CALL S10
CALL S10
CALL S10
LD A,(5B07)
CALL S10
JR INT
LD A,(BC)
DEC BC
LD L,A
LD A,(BC)
DEC BC
LD E,A
RR H
CALL S7
S5 DEC HL
JR NZ S6
LD (BC),A
LD A,H
INC BC
SUB C0
RET
JR S7
CP (HL)
JR S7
JR S7
XOR A
LD C,A
LD A,(AFD3)
INT1 DEC HL
SUB E
JR NZ NO
LD B,A
LD A,C
LD C,A
INC D
OR L
LD A,H
JR NZ INT1
LD (HL),B
LD (HL),C
LD (HL),D
LD(5B02),HL
CALL G2
NO XOR A
SCR LD HL,4000
XOR A
LD BC,0010
LD A,10
LD L,A
INC H
ADD A,E
JR NC K2

```

	INC D	K2	EX AF
	INC A		BIT 6,A
	JR Z N3		SUB 40
	CALL Z N1		ADD A,40
N3	BIT 7,A		JR Z N
	JR T	N1	LD HL,4800
	LD DE,4810		RET
T	LD HL,4000		LD DE,4001
	XOR A	N2	LD (HL),00
	EX AF		LD BC,000F
	LDIR		LD A,11
	ADD A,L		LD L,A
	JR NC K3		INC H
K3	LD A,11		ADD A,E
	LD E,A		JR NC K4
	INC D	K4	EX AF
	INC A		BIT 6,A
	JR Z N4		SUB 40
	CALL Z N5		ADD A,40
N4	BIT 7,A		JR Z N2
	JR I	N5	LD HL,4800
	LD DE,4801		LD (HL),00
	RET	I	LD BC,AFD2
	LD A,(BC)		BIT 0,A
	LD D,0A		JR NZ P1
	LD D,14	P1	LD HL,C000
	LD B,80	U	PUSH BC
	LD A,80		SUB B
	LD C,A		LD A,(HL)
	CP 80		JR C P2
	SUB 50		LD B,A
	PUSH DE		PUSH HL
	CALL 22E5		POP HL
	POP DE		LD A,D
	ADD A,L		LD L,A
	JR NC P2		INC H
P2	POP BC		DJNZ U
	JP RAJT1		

3. számú melléklet

Statisztikai adatfeldolgozás basic programja

```
2000 DATA "T1","(ms)","T1/2","(ms)","Tm","(ms)","Fm",
"(mN)","Vf","(N/s)","V1","(N/s)","I","(mNs)"
2010 RESTORE 2000: DIM b$(14,5): FOR i=1 TO 14: READ
b$(i): NEXT i
2020 DATA "Yat1","Sy%","a","b","r","Sr","Sxy%"
2030 RESTORE 2020: DIM c$(7,4): FOR i=1 TO 7: READ c$(
i): NEXT i
2040 LET m$="MECHANOGRAMOK": LET s$="SZEKVENCIALIS JE
LLEMZOI"
2050 LET h1=LEN m$: LET h2=LEN s$
2090 BORDER 0: PAPER 0: INK 7: CLS
2095 REM Adattomb behuzasa
2100 INPUT "Kerem a nyers adattomb nevet!";n$: LOAD "
m";1;n$ DATA a$( )
2105 LET n=VAL a$(1, TO 3): LET e=1/VAL a$(1,27 TO 30
): LET m=VAL a$(1,38 TO 41): DIM a(n,9): DIM b(10): LE
T d$="DOLGOZOM!"
2110 REM t(1),t(1/2),t1,t2,t(m),Fm,Vf,V1,I
2115 CLS : PRINT AT 8,11;d$
2120 FOR i=1 TO n: FOR j=1 TO 46 STEP 5: LET k=1+INT (
j/5)
2130 LET b(k)=VAL a$(i+1,j TO j+4): NEXT j
2140 LET a(i,1)=b(1)
2142 LET a(i,2)=b(7)-b(3)
2144 LET a(i,8)=b(5)-b(3)
2146 LET a(i,9)=b(7)-b(5)
2148 LET a(i,3)=b(5)-b(1)
2150 LET a(i,4)=INT (b(9)/128 e 1000/m)
2152 LET a(i,5)=INT (a(i,4)/2/(b(4)-b(2)) 100)/100
2154 LET a(i,6)=INT (a(i,4)/2/(b(8)-b(6)) 100)/100
2156 LET a(i,7)=INT (b(10)/128 e/m 100)/100
2160 NEXT i
2170 CLS : FOR i=1 TO n: LET k=(i-1)-INT ((i-1)/5) 5
2180 FOR j=1 TO 9: PRINT AT 0,3+k 6;i;AT j 2,2+k 6;a(
i,j)
2190 NEXT j: IF k 4 THEN GO TO 2210
2200 IF INKEY$=CHR$ 13 THEN CLS : GO TO 2210
2202 IF INKEY$="n" THEN GO TO 2220
2204 GO TO 2200
2210 NEXT i
2220 INPUT "Hibatlan az adattomb? ";q$: IF q$="i" THEN
GO TO 2300
2230 INPUT "Melyik adatot javitsam?(a(x,y)) ";x,y
2240 INPUT "a(";VAL$ "STR$ x";",";VAL$ "STR$ y";")= "
;a(x,y)
2250 GO TO 2220
2300 DIM c(7,9)
2310 FOR j=1 TO 7
```

```

2330 REM Valtozok kezdoertekei
2340 CLS : PRINT AT 3,11;d$
2345 LET min=1e4: LET max=0
2350 LET sumxy=0: LET Syxo=0
2360 LET sumx=(1+n) n/2: LET sumx2=0
2370 LET sumy=0: LET sumy2=0
2380 REM sumx2 sumy sumy2
2390 FOR i=1 TO n: PRINT AT 5,12;"i:";i;"    "
2400 LET q=a(i,j)
2402 IF q min THEN LET min=q
2404 IF q max THEN LET max=q
2410 LET sumx2=sumx2+i i: LET sumy=sumy+q: LET sumy2=s
umy2+q q
2420 LET sumxy=sumxy+q i
2430 NEXT i
2440 REM Xatl Yat1 SQx SQy Sy%    SP
2450 LET Xatl=sumx/n
2460 LET Yat1=sumy/n: LET c(j,1)=INT (.5+Yatl 10)/10
2470 LET SQx=sumx2-Xatl sumx
2480 LET SQy=sumy2-Yatl sumy: LET Sy=100/Yatl SQR (SQy
/(n-1)): LET c(j,2)=INT (.5+Sy 100)/100
2490 LET SP=sumxy-sumx sumy/n
2500 REM a,b,r,r2,Sr
2510 LET b=SP/SQx: LET c(j,4)=INT (.5+b 1000)/1000
2520 LET a=Yatl-b Xatl: LET c(j,3)=INT (.5+a 10)/10
2530 LET r=SP/SQR (SQx SQy): LET c(j,5)=INT (.5+r 100
)/100
2540 LET r2=r r: LET Sr=(1-r2)/SQR n: LET c(j,6)=INT (
.5+Sr 100)/100
2550 REM Syx%
2560 FOR i=1 TO n: PRINT AT 5,12;"Syx:";i;"    "
2570 LET y=a+b i
2580 LET q=a(i,j): LET Syxo=Syxo+(y-q) (y-q)
2590 NEXT i
2600 LET Syx=100 SQR (Syxo/(n-2))/Yatl: LET c(j,7)=INT
(.5+Syx 100)/100
2610 LET c(j,8)=max: LET c(j,9)=min
2620 PRINT AT 6,22;b$(j 2-1): FOR i=1 TO 7: PRINT AT
6+i 2,20;c$(i);"=";c(j,i): NEXT i: PAUSE 0
2630 NEXT j
2640 GO TO 2800
2650 REM Grafikus resz
2655 INPUT "Hanyadik adatsort                kered?(1-7
) ";j
2660 CLS : PRINT AT 0,9;"MECHANOGRAMOK";AT 1,4;"SZEKVE
NCIALIS JELLEMZOI";AT 4,0;b$(j 2-1)';b$(j 2);AT 21,23;
"i"
2665 LET q$="+": IF c(j,4) 0 THEN LET q$="-"
2670 PRINT AT 2,4;a$(1,15 TO 26);" ";a$(1,4 TO 14);AT
4,10;"Y=";c(j,3);q$;ABS c(j,4);" i";AT 5,10;c$(1);b$(j
2);"=";c(j,1);AT 6,10;c$(2);"=";c(j,2)
2680 LET o=22: LET s=13

```

```

2690 PRINT AT s-1,o;c$(5);"=";c(j,5);AT s,o;c$(6);"="
;c(j,6);AT s+1,o;c$(7);"=";c(j,7)
2700 PRINT AT 17,0;c(j,9);AT 10,0;c(j,8);AT 21,9;"40";
AT 21,14;"80";AT 21,19;"120"
2705 PLOT 39,35: PLOT 39,95
2710 PLOT 40,130: DRAW 0,-118: DRAW 150,0: PLOT 80,11
: PLOT 120,11: PLOT 160,11
2715 LET ny=60/(c(j,8)-c(j,9))
2720 FOR i=1 TO n
2740 PLOT 40+i,35+(a(i,j)-c(j,9)) ny
2750 NEXT i
2760 PLOT 40,35+(c(j,3)-c(j,9)) ny: DRAW n,n c(j,4) ny
2770 INPUT "Kivigyem printerre?(i,n) ";q$: IF q$="i" T
HEN RANDOMIZE USR 59250
2800 REM Elagazasok
2840 INPUT "Kirajzoljam a regresszios egyenes eg
yiket? ";q$: IF q$="i" THEN GO TO 2650
2850 INPUT "Kivigyem szalagra a statisztik
us tombot?(i,n) ";q$: IF q$="i" THEN GO SUB 3000
2860 INPUT "Kivigyem printerre a statisztik
us tombot?(i,n) ";q$: IF q$="i" THEN GO SUB 3050
2870 INPUT "Vegezzek adatszurest?(i,n) ";q$: IF q$="i
" THEN GO TO 2900
2880 INPUT "Inditsam elolrol?(i,n) ";q$: IF q$="i" THE
N GO TO 10
2890 GO TO 9000
2900 REM Adatszures
2910 LET m=m+1
2920 CLS : PRINT AT 3,11;d$;AT 4,13;"m=";m
2930 FOR i=1 TO n
2940 LET y0=.95 (a+b i)
2960 IF a(i,j) y0 THEN LET a(i,j)=0
2970 NEXT i
2980 GO TO 2800
3000 SAVE "m";1;a$(1,15 TO 23) DATA c(): RETURN
3050 REM C tomb printerre
3060 LPRINT TAB (20+(55-h1)/2);m$;';TAB (20+(55-h2)/2)
;s$
3070 LPRINT TAB (20+(55-h2)/2);a$(1,15 TO 26);" ";a$(1
,4 TO 14)
3075 DIM t$(7)
3080 LPRINT ' ';TAB 25;: FOR i=1 TO 7: LPRINT c$(i);"
";: NEXT i: LPRINT : FOR i=1 TO 7: LPRINT TAB 20;b$
(i 2-1);: FOR j=1 TO 7: LET t$=STR$ c(i,j): LPRINT t$;
: NEXT j: NEXT i
3090 RETURN
5000 REM Program kimentes
5010 CLEAR : INPUT q$: IF LEN q$ 4 THEN GO TO 3000
5020 SAVE "m";1;"bunny,"+q$ LINE 2000
5030 STOP
6000 FORMAT "t",600: OPEN 3,"t": LLIST 3070: CLOSE 3
: STOP

```

IRODALOM

- Barnard R.J., Edgerton V.R., Furukawa T., Peter J.B.,
(1971)
Histochemical, biomechanical, and contractil properties
of red, white and intermediate fibers
Amer. J. of Physiol. 220, 410-414
- Barnar R.J., Edgerton V.R., Peter J.B., (1970)
Effect of exercise on skeletal muscle, contractile
properties
J. Appl. Physiol. 28, 767-770
- Bálint M., (1978)
Az izomműködés molekuláris alapjai
- Bíró E., (1974)
A harántcsíkolt izom működésének szabályozása
MFA Biol. Közl. 17, 103-120
- Booth F.W., (1977)
Time course of muscular atrophy during immobilization
of hindlimbs in rats
J. Appl. Physiology 43, 656-661
- Booth F.W., (1982)
Effect of limb immobilization on skeletal muscle
J. Appl. Physiol. 52(5), III3-8

Booth FW., Kelso JR., (1973)

Effect of hindlimb immobilization on contractil and
histochemical properties of skeletal muscle

Plügers Arch. 342, 231-238

Booth FW., Kelso JR., (1973)

Production of rat muscle atrophy by cast fixation

J. Appl. Physiol. 34, 404-406

Buller AJ., Lewis DM., (1965)

The rate of tension development in isometric tetanic
contractions of mammalian fast and slow skeletal m.

J. Physiology 176,337-354

Close R., (1964)

Dynamic properties of fast and slow skeletal muscle of
the rat during development

J. Physiology 173, 74-95

Close R., (1972)

Dynamic properties of mammalian skeletal muscles

Physiological Rewiews 52, 129-197

Ebashi S., (1972)

Calcium ions and muscle contraction

Nature 240, 217

Edgerton VR., Barnard RJ., Peter JB., Maies A.,

Simpson D., (1975)

Properties of immobilized muscles of the Galago
senegalensis

Exp. Neurol. 46, 115-131

Édes I., Sohár I., Mazareán H., Takács Ö., Guba F.,
(1980)

The changes in aerobic and anaerobic metabolism of
of skeletal muscles induced by immobilization

Adv. Physiol. Sci. 19, 193-196

Fischbach GD., Robbins N., (1969)

Changes in contractile properties of disused soleus m.

J. Physiology (Lond.) 201, 305-320

Goldspink DS., (1977)

The influence of immobilization and stretch on protein
turnover of rat skeletal muscle

J. Physiol. (Lond.) 264, 267-282

Guba F., (1965)

Az izomsejt és roststruktúrájának kapcsolata a funkció-
val a modern vizsgáló módszerek tükrében

MTA Biol. Csop. Közl. 7, 361-390

Guba F., (1980)

Facts and thoughts on muscle-fiber types

Adv. Physiol. Sci. 24, 1-16

Guba F., Jakab Gy., Gajdos L., (1980)

Changes in the ATP-ase activity and protein composition
of sarcoplasmic reticulum induced by immobilization of
rabbit skeletal muscles

Adv. Physiol. Sci. 19, 167-172

Ipari Informatikai Központ:

ZX Spectrum ROM programja (1985)

Z-80 CPU utasításkészlete (1984)

Z-80 PIO, Z-80 CTC (1984)

Kim DH., et al. (1982)

Effect of disuse on sarcoplasmic reticulum in fast and slow skeletal muscle

Amer. J. Physiol. 243(3), C156-160

Lewis DM., Kean CJC., McGarrick JD., (1974)

Dynamic properties slow and fast muscle and their trophic regulation

Acad. Sci. (N.Y.) 228, 105-120

Lewis DM., Rosendorff C., (1965)

The contraction times of submaximal twitches of mammalian fast and slow skeletal muscles

J. Physiology 177, 55-56P

Lyudkovskaya RG., (1977)

Functional and physico-chemical characteristics of muscle fibers of different types

Mol. and Cell. Biophysics Moscow, Nauka, 217-226

Kean CJC., Lewis DM., McGarrick JD., (1974)

Dynamic properties of denervated fast and slow twitch muscles of the cat

J. Physiology (Lond.) 237, 103-113

Ligeti G., Szervánszky Gy., (1985)

A ZX Spectrum programozása

Számítástechnikai - Alkalmazási V. szerk.: Bankó M.

Mabuchi K., Pinter K., Allen P., Gergely J., Sreter
FA., (1980)

Characteristic of human and rabbit single fibers

Adv. Physiol. Sci. 24, 69-78

Melichna J., Gutman E., (1974)

Stimulation and immobilization effects on contractile
and histochemical properties of denervated muscle

Phlügers Arch. 352, 165-178

Mészáros MG., Guba F., Takács Ö., (1979)

Experimental investigations on hypokineses of skeletal
muscles with different functions

Acta Biol. Acad. Sci. Hun. 30, 59-77

Ocsovszki I., Kocsis É., Herman A., Török A., (1985)

Effects of leg-immobilization on the parameters of
muscle mechanogram

Acta Biochim. et Biophys. Acad. Sci. Hun. 20, 14

Pette D., Smith ME., Standte HW., Vrbová G., (1973)

Effects of long-term electrical simulation on some
contractil and metabolic characteristics of fast rabbit
muscles

Pflügers Arch. 338, 257-272

Reis DJ., Wooten GF., (1970)

The relationship of blood flow to myoglobin, capillary density, and twitch characteristics in red and white skeletal muscle in cat

J. Physiology 210, 121-135

Rohán J., (1984)

Patkányizmok szerkezetének változása különböző helyzetű rögzítés hatására és az izomrost "splitting"

Doktori értekezés Szote Hun.

Salmons S., Vrbova G., (1969)

The influence of activity on some contractile characteristics of mammalian fast and slow muscles

J. Physiol. (Lond.) 201,535-549

Sohár I., Nagy I., Takács Ö., Kovács Zs., Guba F., (1980)

Protein degradation processes in disused muscle

Adv. Physiol. Sci. 24,213-220

Sreter FA., Seidel JC., Gergely J., (1966)

Studies on myosin from red and white skeletal muscles of the rabbit

J. Biol. Chem. 241, 5772-5776

Sziklai I., Takács Ö., Kiss Zs., Guba F., (1980)

Alterations of function dependent differences in skeletal muscle nuclear proteins during immobilization

Adv. Physiol. Sci. 24,137-142

Tabary JC., Tabary C., Tardieu C., Tardieu G.,
Goldspink G., (1972)

Physiological and structural changes in the cat's soleu
muscle due to immobilization at different lengths by
plaster casts

J. physiol. (Lond.) 224, 231-244

Török A., Dux L., Takács Ö., (1983)

Effect of hypoxia on biomechanical and structural
parameters in respiratori muscles

Enzymes and Hormons in Med. Res. and Diag. Halle/Saale

Török A., Guba F., Sziklai I., (1981)

Energy demand of pre-stretching of skeletal muscles and
its effect on the contraction Parameters

Acta Biochim. et Biophys. Acad. Sci. Hun. 16, 239-242

Török A., Járdánházy T., Sziklai I., Herman A., (198

Az izomműködést kísérő biofizikai változások detektálá-
sa és azok elektronikus feldolgozása, értékelése

5. Orvostechikai Konferencia el. Szerk.: Katona Z.,
Czeplédi P., MATE Kiadó Bp. 117-121

Török A., Sziklai I., Takács Ö., Guba F., (1980)

Effects of immobilization on the excitatory and mecha-
nical parameters of skeletal muscles with different
types

The Physiologist 23, 99-100

Török A., Takács Ö., Járdánházy T., Sógor M., Guba F
(1982)

Bioelektrical and physiological responses of skeletal
muscles to experimental induced passive stretch
Pros. World Congress on Med. Phys. and Biomed. Eng.
Ed.: Bleifeld W., et al. MPBE Hanburg 1,40

Vancsó Gy., (1983)

Mikroszámítógép-elemek a tervezéshez

Műszaki k., szerk.: Arató P.

Van der Meulen JP., Peckham PH., Mortimer JT., (1974
Ann. N.Y. Acad. Sci. 228, 177-189

Witzman FA., et al. (1982)

Hindlimb immobilization: length-tension and contractile
properties of skeletal muscle

J. Appl. Physiol. 53(2), 419-424

Witzman FA., et al. (1983)

Effect of hindlimb immobilization on the fatigability
of skeletal muscle

J. Appl. Physiol. 54(5), 1242-1248



K Ö S Z Ö N E T

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani Dr. Guba Ferenc professzor úrnak, a SZOTE Biokémiai Intézet igazgatójának e disszertáció megírásához nyújtott hasznos tanácsaiért és támogatásáért.

Köszönetemet fejezem ki Dr. Török Attila tanár úrnak önzetlen szakmai útmutatásáért.

Megköszönöm Herman Attila kollégámnak a kísérletekhez szükséges hardware eszközök elkészítését.