

# ÉRTESÍTŐ

AZ ERDÉLYI MÚZEUM-EGYLET ORVOS-TERMÉSZETTUDOMÁNYI SZAKOSZTÁLYÁBÓL.

I. ORVOSI SZAK.

---

---

XXVI. kötet.

1904.

I. füzet.

---

---

KÖZLEMÉNY A KOLOZSVÁRI M. KIR. FERENCZ JÓZSEF TUDOMÁNY-  
EGYETEM ÉLETTANI INTÉZETÉBŐL.

Igazgató: UDRÁNSZKY LÁSZLÓ dr. egyetemi tanár.

## Az izommerevedés lefolyásáról.<sup>1</sup>

VERESS ELEMÉR dr. intézeti tanársegédttől.

Mig az izom élettani összehúzódásának lényegét a hő-  
vagy vegyi ingerlésre bekövetkező, aránylag egyszerű változá-  
sok nem világítják meg kellőleg, addig fordítva, az élettani  
összehúzódások bizonyos kísérleti feltételek mellett igen szembe-  
tűnővé teszik azt, hogyan épül fel pl. a meleggel, vagy vegyi  
anyaggal merevített izom rövidülési görbéje.

A vegyi anyagok közül az utóbb említett összefüggés tanul-  
mányozására különösen a glicerín mutatkozott alkalmasnak. A  
glicerín, mint azt KOCH FERENCZ-nek<sup>2</sup> tojásfehérjeoldattal vég-  
zett vizsgálatai tanusítják, kellő töménységben alkalmazva, a  
tojásfehérje kicsapását lényegesen megnehezíti és a coagulatio  
hőfokát is emeli. A coagulatio hőfokai között, glicerintől men-  
tes és glicerint tartalmazó fehérjeoldatok összehasonlításánál  
KOCH FERENCZ annál nagyobb különbséget (10—13° C.) talált,  
minél több glicerint tartalmazott az oldat; 10% glicerintartalom  
mellett azonban e tekintetben különbséget már alig vett észre.

Hasonlót tapasztalt később SANTESSON C. G. is,<sup>3</sup> izomfehér-

<sup>1</sup> Előadatott az E. M. E. orvos-természettud. szakosztályának 1904. évi  
márcz. 4.-én tartott orvosi szakülésén.

<sup>2</sup> Bír-e a glicerín a fehérjék kicsapására befolyással? Az E. M. E.  
Orvos-Természettudományi szakosztályának Értesítőjében. XIX. évf. 1894.  
II. Természettudományi szak, III. füzet.

<sup>3</sup> Einiges über die Wirkung d. Glycerins u. d. Veratrins auf die quer-  
gestr. Muskelsubstanz (Frosch). Skand. Arch. f. Physiol. XIV. 1. füz. 1. 1. 1903.

jére vonatkozólag. A coagulatio hőfokát illetőleg néhány vizsgálatot béka izomplasmájával magam is végeztem. E vizsgálatoknál azt tapasztaltam, hogy a különbség tiszta és glicerines izomfehérjeoldatok változásai között a pehelykiválás szakaszában 2<sup>o</sup>-kal is megnövekedhetik azon különbséggel szemben, mely már az elborulásnál is fennállott.

Bizonyos érdekléssel bírt tehát azon kérdés tanulmányozása, vajjon a glicerinnel az izomba keblezése révén ezen izomnál, az ép izommal szemben, a meleggel merevítés lefolyásában valamilyen különbséget lehet-e előidézni. A kérdés tanulmányozását azonban megnehezítette, illetőleg részben meg is akadályozta azon körülmény, hogy a glicerinnel mérgezett békák izmai különféle ingerekre igen nagy elevenséggel felelnek. SANTESSON észlelte, hogy egyetlen erőművi, vagy villamos inger is, melynek ereje az ingerküszöböt eléri, elegendő arra, hogy a glicerinnel mérgezett béka izmaiban tetanusos összehúzódás lépjen fel. Fokozott ingerlékenység és előző összehúzódások pedig a merevedés lefolyását módosítják, illetőleg a glicerinnel esetleges alvadástgátló hatását elfedhetik.

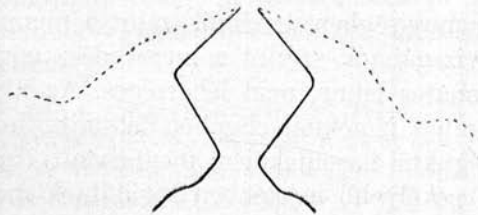
A glicerinnel a meleggel merevítésre gyakorolt hatását vizsgálván, kísérleteimhez kizárólag *R. esculenta*-t vettem, mivel a *R. temporaria* gyűjtése a kívánt nagyobb mennyiségben, lehetőleg egyenlő nagyságban és erőben, sok nehézséggel járt volna. Azt tapasztaltam, hogy azon békáknál, melyeknek nyelvalatti nyiroktömlőjébe glicerint fecskendeztünk, úgy, hogy ennek következtében a jellemző mérgezési tünetek felléptek, a hullamerevség általában korábban beáll, mint a nem mérgezett állatoknál. E különbséget azonban az is idézhetné elő, hogy a mérgezett állatnál a mérgezés tetőfokán igen erős göresök lépnek fel. Ezért párhuzamos kísérleteket végeztem, a következő módon:

1. Békát curarizáltam és azután 0,5 cm. 50%-os glicerindatát fecskendeztem nyelve alá. Ezen állaton teljes mozdulatlanság állott elő, még a glicerinnel mérgezésnek teljes kifejlődése előtt. 2. Más békának nyelve alá 50%-os glicerint fecskendeztem és a mérgezési tünetek<sup>1</sup> teljes kifejlődését bevár-

<sup>1</sup> SANTESSON, i. h.

tam. A 3. békát erősen kifárasztottam, hajsoltam és a másik kettővel együtt, igen kevés időkülönbséggel, az agy és gerinc-agy elröncsolása révén, megöltem; a 3-nál összehúzódás, sőt fibrillaris rángások sem mutatkoztak, a 2.-nál ellenben erős rángások léptek fel. Ezek mellett néha 0·3% NaCl+2% glicerinoldattal<sup>1</sup> átöblített végtagpárt is fölvettem az ellenőrző kísérletek közé.

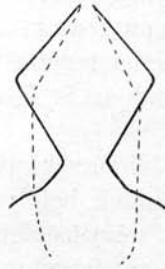
Az állatokat szobai hőmérsékletű vezetéki vízbe, melyhez, hogy az osmotikus folyamatok befolyását lehetőleg elkerüljem, kb. 0·6% NaCl-ot adtam, négyszögletes, párhuzamosfalú üvegmedenczébe felfüggesztettem, ügyelve arra, hogy az állatok a végbélnyílásig elmerüljenek és függőleges helyzetben az egyik üveglaphoz közel jussanak. Felfüggesztés után az üvegmedence ezen falának külső felületére a végtagok állását, a végtagrészek főirányvonalának és a forgási pontoknak szem előtt tartásával, pontosan felrajzoltam. A végtagok állásában bekövetkező változásokat különböző színű ezeruzával órák, továbbá 1—2 nap múltán szintén följegyeztem, és a kísérletek befejezésekor az egész ábrát áteső fényben az üvegről egyszerűen lemásoltam. A kísérletek azt mutatták, hogy a glicerinnel kezelt végtagok izmai is megmerevedtek: különbség az ép végtagokkal szemben csak annyiban mutatkozott, hogy a glicerinnel mérgezett végtagok térbelileg akkora kimozdulásokat, mint az ép állatok végtagjai, nem mutattak. Ezt minden kísérleti sorozatnál, melyet junius és juliusban, frissen kifogott erőteljes békákön hajtottam végre, észlelhettem. Mig pl. az ép, pihent állat végtagjainak kimozdulásai az 1. ábra szerint nagy szélsőségeket



1. ábra.

<sup>1</sup> OVERTON nyomán: Beiträge z. allgem. Muskel-u. Nervenphysiol. Arch. f. die ges. Physiol. 92. k. 197. 1. 1902.

mutattak, addig a glicerines végtagok helyzetváltozásai szűkebb határok között mentek végbe (l. a 2. ábrát).



2 ábra.

(A teljes vonal mindkét ábránál a végtagpár helyzetfoglalását a felfüggesztés után közvetlenül, a pontozott vonal pedig a végtagoknak egyáltalában legtekintélyesebb kimozdulását jelzi.)

Végeredményben azonban az izom mégis merevvé lett. Úgy látszik tehát, hogy a glicerinnmérgezésnél még az életben fennállott fokozott tonicitás hatása a halál után is érvényesül és ennek következtében az antagonisták merevedésének az időben bekövetkezése között az a különbség, mely pl. feszítők és hajlítóknak között rendes viszonyok mellett észlelhető,<sup>1</sup> nem érvényesül.

Az ép, de megölés előtt kifárasztott béka végtagjainak izmai a 2. ábrához hasonló módon merevedtek meg.

Mint hogy a glicerinn megváltoztatja, a coagulációra gyakorolt gátló hatása az izomnál, mint egészében megtartott, még ingerlékeny szervnél, aligha bírálható el.

Az ingerlékenység megváltoztatása nélkül a glicerint az izomba oly mennyiségben bevinni, mint a mennyit a kémcsőben végzett vizsgálatok szerint a merevedési görbe módosítása céljából kívánatos lenne, nem lehetséges. Az 50%-os glicerinnoldattal tönkrített izomnál ellenben feltűnik, hogy más úton ingerlékenységüktől hasonlóképen megfosztott izmokhoz képest, hőhatásra esékélyebb mértékben rövidülnek meg. Így pl. m. gastrocnemiust 50%-os glicerinnel átöblítettem és 50%-os glyce-

<sup>1</sup> LANGENDORFF: Zur Kenntniss d. Muskelstarre. Arch. f. die ges. Physiol. 55. k. 485. l.

rinben 30'-ig hevertettem, míg a közvetlen villamos ingerlékenység elenyészett, és az izom áttetszővé lett. Ezen izom 44° C. hőmérsékű 50%-os glicerindat behatására az alább leírandó eljárással nyert görbén mérve, 3' alatt csak 6 mm.-nyi<sup>1</sup> megrövidülést végzett, míg egy másik állattól származó, ugyanoly hosszúságú, teljesen hullamerev izom a halál után 4 napon 42 C. behatására is még 24.5 mm. ordinata-értékű megrövidülést mutatott.<sup>2</sup> Ezen esetben tehát, tekintettel arra, hogy a glicerint durván, nagy mennyiségben hatolt be az izomba, gondolhatunk arra, hogy a fehérje coagulációját gátló hatás tényleg szerepelhetett, annál is inkább, mivel az ingerlékenység mindkét izomnál a kísérlet idejére már elenyészett. A glicerinnek a coagulációt gátló hatását más módon szemléltethetővé tennem nem sikerült.

Hőbehatásra, ép és glicerines, villamosan még ingerelhető izmokkal nyert merevedési görbék nem mutattak oly különbségeket, melyekből az élettani összehúzóadás és a coagulatio között feltételezett összefüggés némi megvilágítást nyerhetett volna.

E kísérletek egy része azonban kézzelfogható módon reámutatott arra, hogy az izomnak contractura-jára, legyen annak meleg, vagy vegyi anyag az oka, élettani jellegű összehúzóadások adják meg a lökést. Erre vonatkozólag alább néhány görbét óhajtanék bemutatni, előbb azonban röviden a görbék előállításának módját és a kísérleti eljárást közlöm.

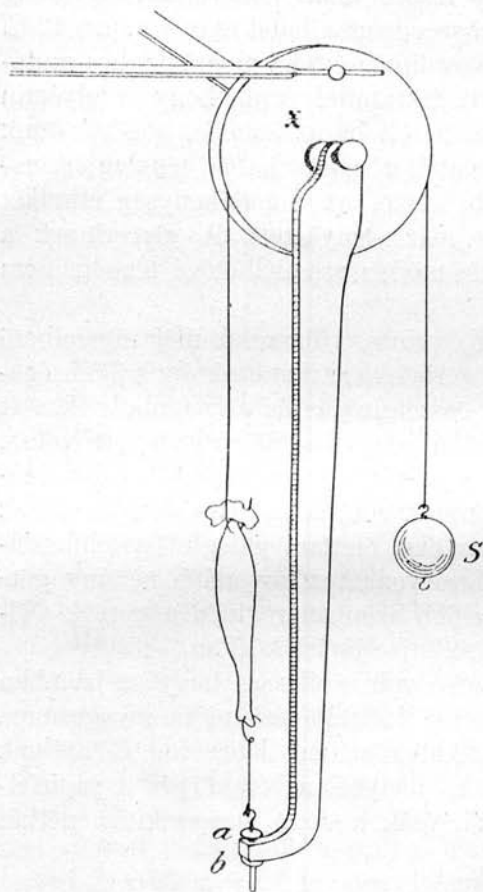
Minden kísérletnél arra volt szükség, hogy az izomban lefolyó változásokat hosszabb időn át észlelni és myogramma alakjában megszakítás nélkül rögzíteni lehessen. E célnak megfelelő kymographionunk, melynél az óramű és a papírfelgöngyölítő berendezés akár órák hosszat megszakítás nélkül mozgásban tartható.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ugy ezen, mint a többi, alább közlendő rövidülési értékek nem redu-calt számok. A nagyítás az íróemltyű révén 6-szoros volt.

<sup>2</sup> SW. VICENT és T. LEWIS (Observations upon the chemistry and heat rigor curves of vertebrate muscle . . . Journ. of Physiol. 26. 445. 1901.) hullamerev izomnál csak 63° behatására észleltek összehúzóadást, de azt is a kötőszövetek megváltozására vezették vissza.

<sup>3</sup> A kymographion leírását I. UDRAŒSZKY „Courte description des appareils exposés à l'exposition internat. de 1900. à Paris par l'institut. physiol. de l'univ. roy. à Kolozsvár,“ Kolozsvár, Ajtai K. Albert, 1900.

Az izomnak hővel ingerlésénél, illetőleg merevítésénél kezdetben a LUDWIG-féle készüléket<sup>1</sup> használtam. Minthogy azonban a folyadék hőmérséke, azalatt, míg a folyadék a pohárban alúlról lassankint emelkedve az izomig eljut, előre ki nem számítható módon lehűl, és így sohasem pontosan a kívánt hőmérsék hat be az izomra, a készüléken módosítást kellett tennem.



3. ábra.

A helyett, hogy az izmot a pohárba sülyesztettem volna, azt szabadon, a csiga forgási tengelyétől lenyúló, 21 cm. hosszúságú, paraffinnal átítatott mahagonifából készült léczre erősítettem. E lécz (l. a 3. ábrát) a csiga tengelyéhez, kb.  $1\frac{1}{2}$  mm. vastagságú, kifűrt fémkarika (*x*) közébeiktatásával, eléggé szilárdul hozzáerősíthető, a nélkül, hogy a csiga forgása legkevésbé is akadályozva volna.

A lécz aláfelé keskenyedik és végén derékszögben meghajolva 15 mm. hosszú vízszintes szárral bír. E száron át fűrt likban csavarmentel

és horoggal ellátott finom sárga rézrudaeska foglal helyet. E rudaeska alúl és felül, *a*- és *b*-nél kicsiny csavarokkal rögzíthető. A kísérleteknél az izom invégét görbített gombostűvel

<sup>1</sup> PETZOLD W.: Illustr. Preis-Verzeichniss. Leipzig, Aug. 1902, 39. 1.

és finom sárgaréz-drótkarikával ellátott fonal közbeiktatása útján az  $a - b$  fémrudacska horgába akasztottam. Az izom proximális végét a csigáról fonalon lelógó gombostűhorog rögzítette.

Az így módosított készüléket természetesen ki kellett próbálnom azon szempontból, hogy a meleg és a folyadék behatására mennyiben történnek rajta változások. E kísérleteknél az izom helyére üvegbotot alkalmaztam, azt két végén horoggá alakítva át. A mi a meleg hatását illeti, az pl.  $43^{\circ}\text{C.}$ -ről  $50^{\circ}\text{C.}$ -ra lassan fölmelegítéskor  $\frac{1}{10}$  mm.-nél (nem redukált szám) nagyobb kitérést az abscissa-tól nem okozott. Ez oly csekély érték, melyet a görbék bírálatánál egyáltalában nem kellett számításba vennem.

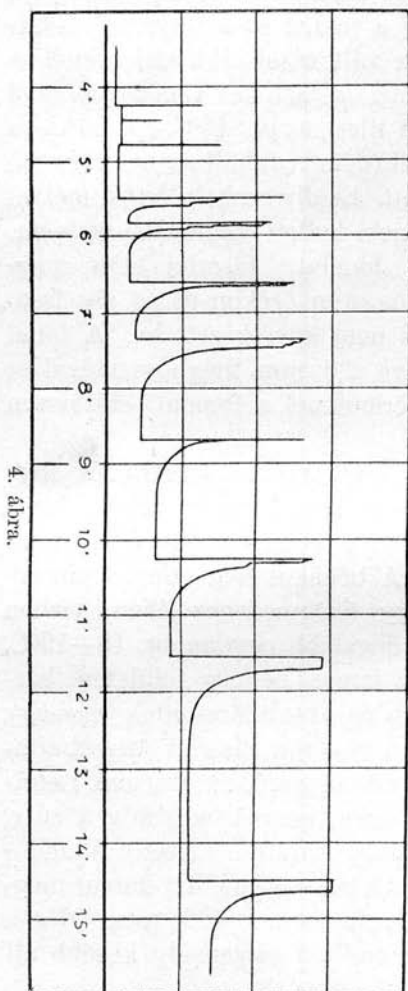
Ha az invéggel összefüggő fonalat <sup>1</sup> kísérlet előtt megnedvesíttem, a folyadékbammerítés után órákon át az abscissa-hoz viszonyítva mérhető változás nem következett be. A fonal kiszáradása az abscissa tól mérve 2.6 mm. meghosszabbodást idézett elő. Ennélfogva izomkísérleteknél a fonalat előzetesen mindig megnedvesíttem.

A kísérletekhez, tekintettel nagy munkabírására, és arra, hogy sértés nélkül könnyen kiemelhető a szervezetből, bizonyos ellenőrző kísérleteket leszámítva, többnyire *R. esculenta* m. *gastrocnemius*-át használtam fel. A békákat elég világos pinczehelyiségben, külön ranarium nagy üvegmedenczéjében, vízben tartjuk. Az állatok kísérlet előtt legalább egy napig  $16 - 19^{\circ}\text{C.}$  hőmérsékű szobában időznek. Az izmot, nehogy felületén bárhol is sértésem kelljen, a czomb és az alszáresontok egy-egy kis darabjával együtt távolítottam el, és a kísérlet végrehajtásáig a kiszáradástól, hőmérsékváltozástól gondosan őriztem. Lehűtött kezekkel felfüggesztvén az izmot, megvártam, míg a súly, legtöbbször 16 gr.<sup>2</sup> és a rugalmasság között a viszony állandósult. Ez csorbítatlan villamos ingerlékenység mellett hamar megtörténik és azután az izom igen soká nem nyúlik meg. Már a halál után a 2. naptól kezdve az említett egyensúly később áll

<sup>1</sup> Barbour's linen thread, Lisburn, Ireland, No. 12.

<sup>2</sup> Az  $s$ -nél (l. a 3. ábrát) alkalmazott súly gyanánt legtöbbször a készülékhez mellékelte 26 gr.-ot nyomó fémgolyó szolgált. Ezt a megterhelést azonban a csigához érintő irányban erősített íróemeltű a festékkel töltött üvegpipával együtt, kb. 10 grammal csökkentette.

be; pl. októberben kifogott békánál decemberben,  $2 \times 24$  órával a halál után, a megnyúlást a felfüggesztés után 5 perczel is még folyton fokozódni láttam. A proximalis felfüggesztési



pont és az izomállomány distalis végződése között levő távolságot megmérvén, a felfüggesztés után 10–15 perczel végeztem a kísérletet, oly módon, hogy főzőpohárban fölmelegítettem a folyadékot (0.925% NaCl + CaCl<sub>2</sub> nyomai, vagy glicerinoladat), és ha az a kívánt hőfoknál néhány °C-sal már magasabb hőmérséket elért, az edényt a LUDWIG-féle készülék rúdja erősített gyűrű alakú fémtartóba illesztetem. Ha a hőmérsék a kívánt mértékben lesülyedt, a főzőpoharat a gyűrűvel együtt emeltem és az izmot folyadék alá borítván, a poharat ismét rögzítettem. A folyadék szabályozható kis gázlámpa segítségével melegíthető volt.

Fennebb arról tettem említést, hogy a chemiai merevség kifejlődésénél az esetleg fellépő rángások és tetanusok a merevülési görbe lépcsőzetes kifejlődésére vezetnek. Jellemző képet nyújt erről a 4. ábra. Ezt a görbét curareval mérge-

zett békának 21 C. hőmérsékű 50%-os glicerinoladatba merített m. gastrocnemiusa rajzolta fel. Az abscissa alá írt számsor a folyamat időbeli lefolyását perczekben jelzi.

Minden egyes rángás, vagy tetanus után az izom az illető

összehúzódás előtt betartott hosszúságához többé nem tér vissza, hanem minden összehúzódás újabb és tetemesebb állandó megrovidüléshez vezet. Lehetséges, hogy ezen izomban nem is lépett volna fel zsugorodás, a végeredményben észlelhető mértékben, ha ennek előidézésében a chemiai anyag hatását az erős összehúzódások nem támogatták volna. A rángások közé eső időben az izom rovidülése nem fokozódik.<sup>1</sup> Hasonló jelenséget az izomnak meleggél merevítésénél is lehet észlelni.

Alábbiakban néhány kísérleti adatot ohajtanék felhozni, melyek a meleg behatására nyert merevülési görbe hullámos lefutásának okára igyekeznek reámutatni. Egy-egy idevágó kísérletnél ugyanazon állatnak kétoldali m. gastrocnemiusát használtam; egyik izom ingerlékenységét glicerinnel behatása révén megváltoztattam, a másik izomnál ellenben, az összehasonlítás lehetősége kedvéért, az ingerlékenységet legtöbbször azon fokon igyekeztem megtartani, mely ingerlékenységi fok az állat halála után több kevesebb idő elteltével általában megkívánható. E kísérleteknél az izom merevítésére általában véve alacsonyabb, 37·5—40° C. hőmérsékű NaCl-, vagy glicerindatokat használtam, azon czélzattal, hogy az izmokban a változások a legczélyszerűbb időbeli lefolyással mehessenek végbe.

Kísérlet júniusban kifogott, pár nap óta fogságban tartott békán, az állat halála után a 4. napon. Megölés után mindkét végtagot 1—2 percig 0·925% Na Cl-oldattal, majd az egyik végtagot 0·3% Na Cl + 2% glicerindattal átöblítettem és e végtagról leválasztott m. gastrocnemius 0·3% Na Cl + 3% glicerindatban 5 óra hosszat heverni hagytam. A merevítést 39·5° C. 0·925% Na Cl-oldattal, illetőleg 0·3% Na Cl + 3% glicerindattal végeztem.

Ép izom lappangási ideje . . .	1'35"
Glycerines " " " . . .	50"
Rövidülés ép izomnál 1'50", multán 1 mm.	
" glycerines " " " 3·2 "	

39·5° C. behatásának 25'-nyi tartama után az izmokat 52° C. hőmérsékű 0·925% Na Cl oldatba hozva, ebben az ép izom rövid-

<sup>1</sup> Más izmon végzett hasonló kísérletnél több rángás és tetanus után fellépett zsugorodás 50'-ig, míg az észlelés tartott, a legesekélyebb esökkenést, vagy növekedést sem mutatta.

dülése 8 mm.-ről 24 mm.-re, a glycerines izom rövidülése 13 mm.-ről csak 16 mm.-re növekedett.

Az ingerlékenység megnyilvánulása és érvényesülése a görbe kialakulásánál nem minden esetben olyan, hogy a lappangási idő hosszabb voltából a meleggél merevítésnél nagyobb megrövidülésre lehetne előre következtetni. Később, a lappangási idő nagyságától függetlenül, olyan jelenségek észlelhetők, melyek a merevülési görbe hullámos lefutásával összefüggésben vannak. Ezekre később még visszatérek.

A fennebb közölt kísérletnél az ép izom helyzeti energiájának leadása további hőemeléskor is szabatosabban ment végbe, mint a glycerines izomnál. A hőmérséknek fokozatosan 54·5—55·6—56·5—57·5 és 59·5° C-ra emelésénél lépcsőzetes, bár egyre esökkenő értékű megrövidülés, a glycerines izomnál ellenben sajátzerű módon lépcsőzetes megnyúlás állott be, az ép izoméhoz eredetileg hasonló jellegű rugalmasságát tehát már korábban elveszítette.

Az előbb felhozott kísérleti adatokhoz hasonló példát szolgáltat a következő kísérlet is:

Juniusban kifogott, néhány napig fogságban tartott békát megölvén, egyik hátsó végtagját 0·3% Na Cl + 2% glycerin-oldattal átöblítettem. Kísérlet 4—5 óra múltán, állandóan 39·5° C. hőmérsékű 0·925%-os Na Cl-oldattal. Ép és glycerines m. gastrocnemiusok hosszúsága egyenlő.

Lappangási idő pontosan meg nem határozható.

Idő, az ingerlés kezdete óta	Rövidülés mm.-ben,	
	ép	glycerines izomnál
4'	1	2
10'	1·5	10
15'	12	16
18'	18	19·5
22'	23	24
26'	28	26·4

A kezdetben elmaradt ép izom rövidülése tehát a túlságos erővel rövidülésnek induló glycerines izom tevékenységét végeredményben meghaladja.

Valamely élettani összehúzódás miatt, vagy a görbe mere-

dekebb emelkedésének következménye gyanánt, a meleggel ingerléssel nyert görbe magasabbra emelkedése bizonyos ideig szünetel, vagy csökken. Ezen idő alatt a görbe az abszisszával többé-kevésbé párhuzamosan halad. Míg egyik izomnál a rövidülés ily módon bizonyos mértékig meglassudva halad előre, az alatt egy másik, összehasonlítás kedvéért ugyanazon behatásnak alávetett izom a rövidülésben amazt megelőzné. Ha azonban valamely adott pillanatban lassabban rövidülő izomban még elegendő élettani mozgékonyság van, ez késését be fogja hozhatni, nemcsak azért, mivel a másik, rövidülésében előbb járt izom görbájénél előbb-utóbb lankásabb lefutás fog bekövetkezni, hanem azért is, mert viszont, ha már hosszasabban tartó hőbehatás alatt nem várt módon a helyzeti energia mintegy vesztel, az izom a „mulasztottakat“ pótolni fogja, még ha a hőinger ugyanazon fokon marad is meg.

Az utóbb felhozott példában az ingerlékenységi viszonyok egyik részen gyökeresen megváltoztak. Az imént mondottak azonban az ingerlékenységnek a két izomnál fordított viszonya mellett is szembeütnek.

Kísérlet juniusi, friss békán. Egyik végtag átöblítése 0·3% Na Cl + 2% glicerindattal. Merevítés 37·5° C. hőmérsékű 0·925%-os Na Cl-oldattal, 6—7 órával a halál után.

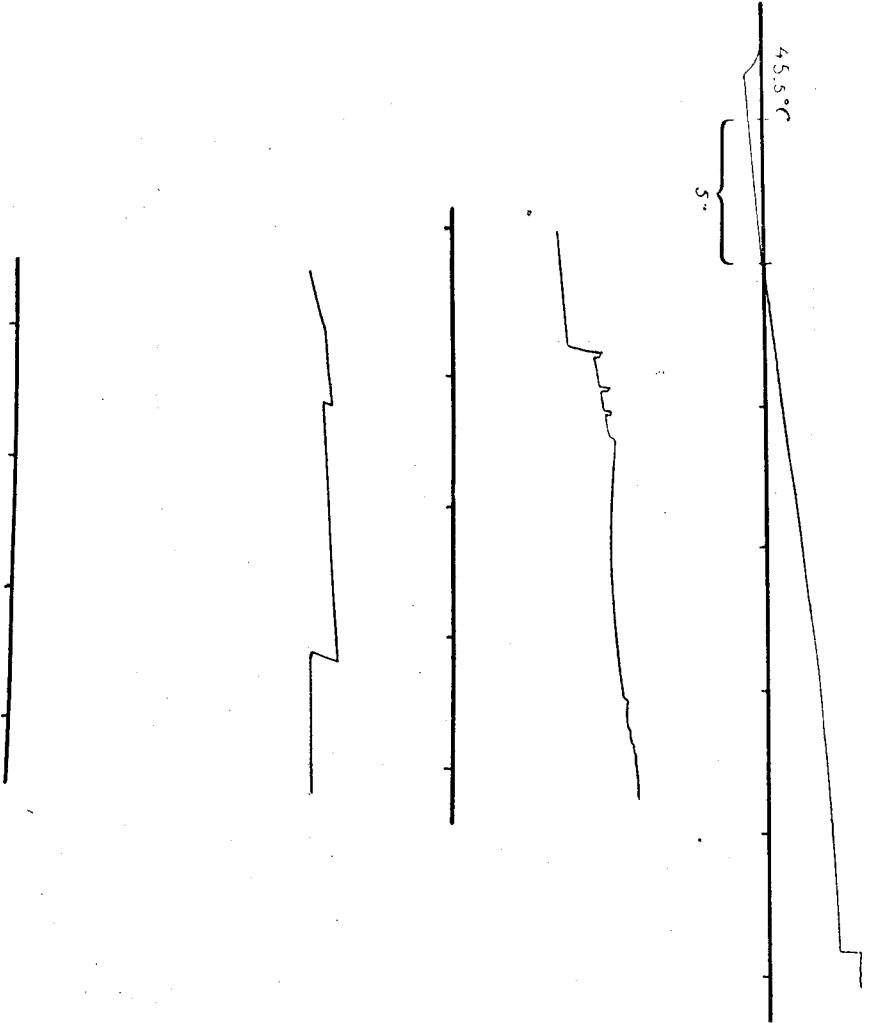
Glycerines izom hosszúsága 33·8 mm., ép izomé 35 mm.

Idő, az ingerlés kezdete óta	Rövidülés mm.-ben,	
	ép	glycerines izomnál
1'15" . . . . .	1 . . . . .	0·5
2' . . . . .	3 . . . . .	2
6' . . . . .	8 . . . . .	6·5
12' . . . . .	8·8 . . . . .	10·3
18' . . . . .	10 . . . . .	15
28' . . . . .	12 . . . . .	20
48' . . . . .	17·5 . . . . .	23·2

Magasabb hőmérsékkel végezve a kísérletet, ugyanezen eredményt kapjuk, feltéve, hogy a hőmérsék mindkét izomnál egy-egy lankásabb görberészlet kiképződését megengedi. 50° C. már aránylag oly magas fokú inger, mely csak a rendesnél tünőbb izmoknál, téli békáknál, idéz elő elegendő lassú lefo-lyású megrövidülést.

Rövid összehúzódás után a görbe emelkedésében is rövid ideig tartó csökkenés, vagy szünet következik. Ennek bemutatására az 5. ábra szolgálhat.

5. ábra. Ugyanegy izomgörbének csak a szövegben tárgyalt részleteit tartalmazza. — Balról jobbra olvasandó.



Ezt a görbét júniusban kifogott békán, 10—14 napi fogság után, igen ingerlékeny, ép m. gastrocnemiusnak  $45.5^{\circ}$  C. hőmérsékű 0.925% Na Cl-oldattal merevítése révén nyertem, az izom-

nak lehetőleg csekély megterhelése mellett: 19 gr. *S*-nél (3. ábra). (Ebből azonban levonandó a forgáspont előtt fekvő emeltyűrésznek és a festéket tartalmazó üvegpipának súlya, együttesen 10 gramm.)

A görbe csekély meghosszabbodással kezdődik,<sup>1</sup> 28—30" multán ez első önkénytes összehúzódás jelentkezik, mely után a görbe kb. 4"-ig az abszcissa-val párhuzamosan halad. Majd ismét rángások következnek, melyek mindenike után a görbe emelkedése egyideig szünetel, úgy, hogy az első összehúzódás kiindulási pontjától a görbe eddig követett menetének meghosszabbítása e görbét metszeni fogja. Ha ezen külön-külön jelentkező rángások helyébe az egyes kis plateauvonalak végpontjait összekötő görbe vonalat képzeljük el, a fentebb felhozott példákhoz hasonló áll elő. Kb. 2' és 2'8" multán a görbe feltűnő módon két ízben meredek esést mutat, melyek után az izom rövidülését tovább folytatja. Ha ezen alábbhagyások nem jelentkeznének, azt hinnők, hogy a görbének ily előrehaladott szakaszában az izom életjelenségei már tűnőfélben vannak. Az izom hirtelen megnyúlása, tekintettel a görbe későbbi lefutására, életjelenség jellegével bír és a mellett szól, hogy a rövidülés görbéjén minden, az előző rövidüléshez csatlakozó újabb rövidülés mindenekelőtt izgalmi jelenség. Akkor is, midőn az a görbén elkülönítve nem nyilvánul, végbe mennek az „összerendezett elemi megrövidülések“, melyek a görbét fokozatosan és símán előbbre viszik, és pedig eredményesebben, mint a fibrillaris, összerendezetlen rángások. A görbe előrehaladásának ezen megszakításait a rugalmasság csökkenéséből nem magyarázhatjuk, mert ha az volna az ok, a megrövidülés oly gyorsan nem folytatódhatott volna tovább.

Úgy ez a két ellazulás, mint az ingerlés kezdetén jelentkezett megnyúlás ezen, mint látszik, egész keresztmetszetére vonatkozólag változékony ingerlékenységű izomnál, a gátlás jelenségeit juttatja eszünkbe.

Az izom eredeti hosszúságához nem térhetett vissza, mert

<sup>1</sup> NAGEL W. A. észleletét a természetes hullamerevség lefolyására vonatkozólag: Experimentelle Untersuch. über die Todtenstarre bei Kaltblütern. Archiv f. d. ges. Physiol. 1894. LVIII. 279. (2—3—4. ábra).

az előző összehúzódásokat a magas hő a fehérjék coagulálása révén már fixálta; az ellazulás csakis a mélyebb rétegek tevékenysége lehetett, mely a megfelelő görberészlet lerajzolódása idején még élettani jelenség volt. Itt tehát véletlenül egy mélyebb izomrétegnek állapotváltozása élesen elkülönítve jelent meg, azt szemléltetvén, hogy az élettani reactio minden egyes izomrétegben a rögzítés folyamatának előtte jár.

Ha a meleggél merevítésnél élettani tevékenység, összehúzódás képében már többé nem jelentkezhetik, az illető, merevülését közelítőleg befejezett, gyűrűszerűnek elképzelhető izomréteg lapos hullámhegygyel bevégzi működését. Ezen réteg absolutus ereje az alkalmazott hőingerre nagyobb munkát már nem végezhet. Utána más, mélyebb izomrétegeknek kell tevékenységüket kifejteniök. Mélyebb és mélyebb izomrétegek tevékenysége és ennek rögzítése egyre simábban folyik le, mivel a meleg, melyet e kísérleteknél mindig állandóan ugyanazon fokban tartunk fenn, már kíméletesebben elosztva jut el hozzájuk. A görbének ezen szakaszait, és pedig különösen két főszakaszt a 7. ábrában  $b_1$  és  $c_1$  jól elkülönítve mutatják be.

Ezekből következik, hogy valamely szabályos lefutású merevülési görbénél az egyenlő időközökben mért rövidülési többletek számértékei ingadozásokat fognak mutatni, mint azt többek között a következő kísérlet is mutatja:

Kísérlet 1903. októberben kifogott béka m. gastrocnemiusán 1904. jan. 16-án. Merevítés  $45^\circ\text{C}$ . hőmérsékű 0,925%-os NaCl-oldattal. Lappangási idő 16". Maguk a rövidülési értékek a következők:

Idő, az ingerlés kezdete óta:	Rövidülés mm.-ben:	Idő, az ingerlés kezdete óta:	Rövidülés mm.-ben:
20"	1,0	70"	52,0
25"	2,0	75"	59,1
30"	5,4	80"	64,0
35"	11,0	85"	66,0
40"	16,7	90"	67,3
45"	20,9	95"	68,0
50"	24,0	100"	69,0
55"	27,7	105"	69,4
60"	33,7	110"	70,0
65"	42,6	115"	70,4

Az egyes időértékeknek megfelelő rövidüléseket jelentő számok között a különbségek, tehát az egyes rövidülési többletek értékei, szakaszokba osztva, így váltakoznak:

0—1,0—3,4—5,6—5,7  
 5,7—4,2—3,1  
 3,1—3,3—6,0—8,9—9,4  
 9,4—7,1—4,9—2,0—1,3—0,7  
 0,7—1,0  
 1,0—0,4  
 0,4—0,6  
 0,6—0,4—0

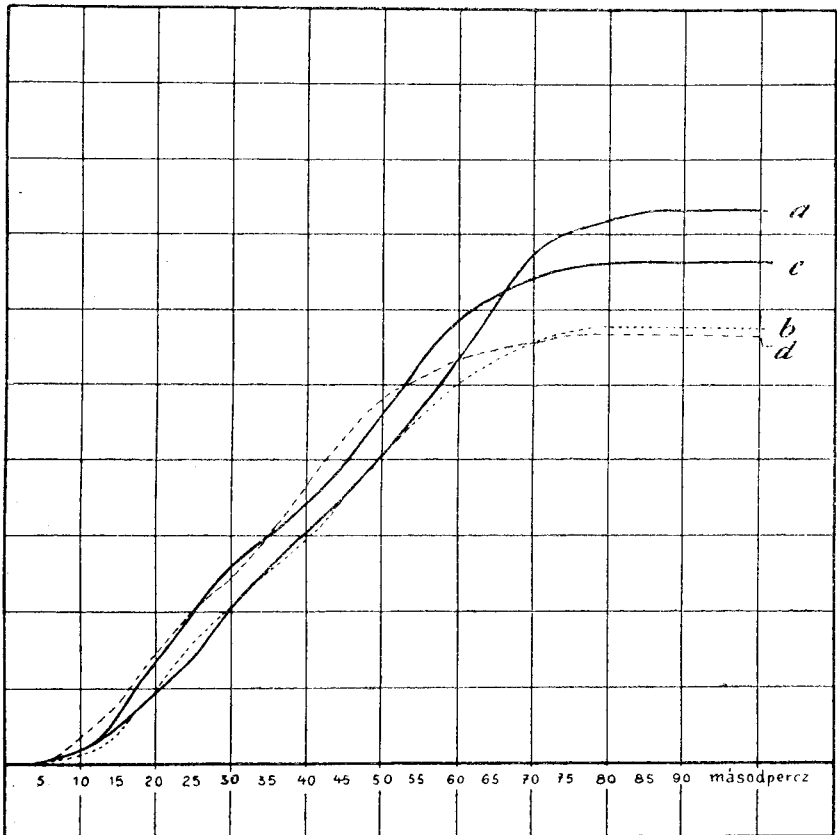
Ezek az adatok a fennebb, a 9. és 10. lapokon felsoroltakhoz csatlakoznak.

Mint már említettem, 37°C.-nál alacsonyabb hőfok mellett a görbe hullámzása kevésbé tűnik szembe; 37—38°C. behatására is jóformán csak az erőteljes nyári békák izmai adják az eddig mondottakat feltüntető rövidülésű görbéket. A görbe hullámzása utóbb elsimul, akár állandó marad a hőmérsék, akár emelkedik, vagy súlyed az 1—2°C.-sal. Nem lehet tehát szó arról, hogy pl. az „oldható myogenfibrin“<sup>1</sup> coagulációs hőjét meg nem haladó hőmérsék behatására nyert görbénél a görbe hullámos lefutását az ugyanazon izomrétegben foglalt különböző fehérjeféleségeknek egymásután bekövetkező coagulációja idézné elő. 38—44° C.-nyi hőmérsék behatására egyéb ismert izomfehérje, mint az „oldható myogenfibrin“, nem coagulál a békaizomban. Ezen hőfokok pedig a legalkalmasabbak arra, hogy behatásuk révén a merevülési görbe hullámzó lefutását szemlélhetővé tegyük.

Közelítőleg párhuzamos rostú izmokon, m. triceps femorison, továbbá m. gracilis major+minoron, téli békáknál, szintén vizsgáltam e viszonyokat. Ezen izmok görbéi is mutatták a hullámos lefutást: különbség csak abban mutatkozott, hogy ezen izmok meredekebb görbét leírva haladtak a végeredmény-

<sup>1</sup> v. FÜRTH: Über die Eiweisskörper des Muskelplasmas. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 36. 231. 1. 1895. — L. továbbá: v. FÜRTH: Zur Gewebschemie des Muskels. Ergebnisse der Physiologie, I. évf. I. rész. Wiesbaden, Bergmann, 1902. 117. 121. 1.

ben elérhető megrövidülés felé, továbbá, hogy a megrövidülés nagysága a hő behatására jóval tetemesebb volt, mint a m. gastrocnemiusnál. Az élő izom tevékenységének jellege tehát a merevülési görbe kialakulásánál is érvényesülhet.<sup>1</sup> A merevedésnél mutatkozott különbség jellemzésére felhozom, hogy, míg



6. ábra.

a 32 mm. hosszú m. gastrocnemius 46° C. behatására a myogrammán mérve 68 mm.-nyi megrövidülést<sup>2</sup> végzett, addig az ugyan-

<sup>1</sup> L. GREGOR A.: Über den Einfluss von Veratrin u. Glycerin auf die Zuckungcurve functionell verschiedener Muskeln (M. dors. scapulae, m. triceps brachii) Archiv f. die ges. Physiologie, 101. k. 71. l.

<sup>2</sup> Nem redukált szám: az áttétel az íróemelyű révén 6-szoros volt.

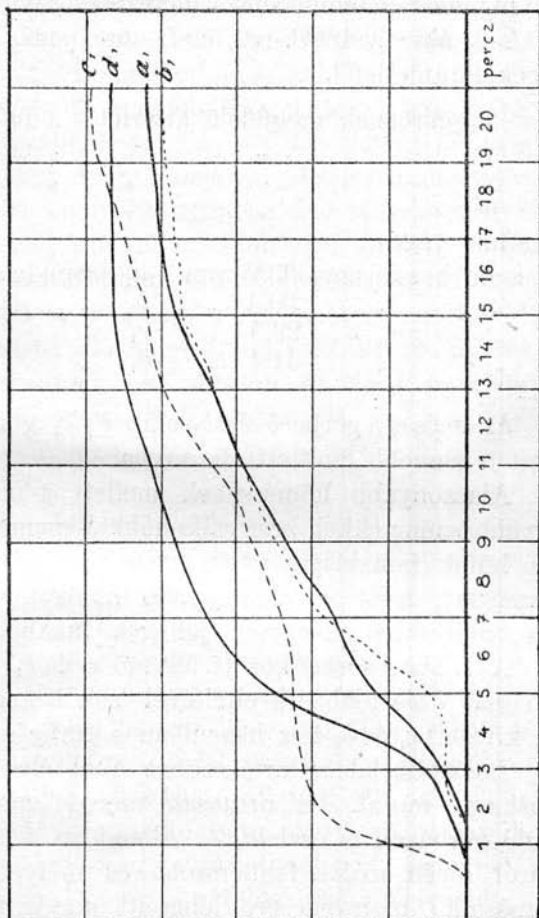
azon állattól származó, csak 27·6 mm. hosszú m. triceps femoris rövidülése ugyanazon hőfok behatására 81 mm-re rugott.

Ha az ingerlékenységnek valamilyen úton megváltoztatása révén a merevülés valamely kezdeti szakaszát más izomgörbének megfelelő szaka-

szához képest az abszcissán eltoljuk, vagy pedig ismeretlen belső okokból az ingerlékenység véletlenül oly különbséget mutat, hogy valamely legkülső izomréteg rövidülése a görbe kezdetén a másik görbéhez viszonyítva más abszcissa-rész fölé esik, a két görbe egymást többször metszeni fogja. Ha az első metszés megtörtént, akkor, ha az ingerlékenység később már nem mutat megváltozást, a találkozások mindaddig folytatódnak, míg az izom elhalása annak véget nem vet.

Erre példát a 6. és 7. ábrában foglalt görbék szolgáltatnak. E görbék az eredeti fölvételek nyomán az abszcissaértékek összevonása útján készültek. Az ordinataértékeket ezen ábrákra változtatás nélkül vittem át.

E kísérleteket ősszel kifogott, 7—8 hét óta fogságban tar-



7. ábra.



ha valamely mélyebb izomrétegre vonatkozólag az fenn is áll még, nem érvényesülhet eléggé, mert a külső, már csak passzív mozgó rétegek fékezők gyanánt hatnak.

A működés megnyilvánulása alapján egyébként élesen el nem határolható egyes izomrétegek merevedését mintegy elkülönítve mutathatjuk be, ha az izmot ugyanazon hőfok hatásának többször egymásután, megszakításokkal tesszük ki. Ilyenkor az újabb ingerlésnek megfelelő lappangási idő az előzőhöz viszonyítva hosszabb lesz. Egy ily kísérletnél pl., melyet téli békán végeztem, úgy, hogy annak m. gastrocnemiusát  $46^{\circ}$ -os,  $0.925\%$ -os Na Cl. oldatba merítettem, az első ingerlésre a rövidülés  $9''$ -nyi lappangási idő múlva indult meg;  $25''$ -nyi behatás után a folyadékot eltávolítottam és  $110''$  multán, az izmot ismét  $46^{\circ}$ -os víz alá hoztam; a lappangási idő most már  $23''$  volt. A folyadékot, a lappangási idő beleszámításával  $45''$  multán ismét eltávolítottam és ugyancsak  $110''$  multán, az izmot harmadszor is  $46^{\circ}$ -os víz alá borítottam. A 3. lappangási idő már  $37''$ -re emelkedett.  $48^{\circ}\text{C}$ . hőmérsékű vízzel végzett kísérletek hasonló eredményekre vezettek.

Az egyéni, belső tulajdonságok befolyására vonatkozólag legyen elegendő  $c_1$  és  $d_1$  görbéket, melyek két különböző állattól származnak, felhoznom.  $c_1$  görbét az állat halála után  $4 \times 24$ .  $d_1$ -et pedig  $3 \times 24$  óra múltán vettem fel. Mindkét állatot, az agy és gerinczagy elröncsolása révén öltem meg, igen esekély vérzés mellett, úgy, hogy hullamerevség még egyik békánál sem jelentkezett.<sup>1</sup> Az izom hosszúsága  $c_1$ -nél  $29,7$   $d_1$ -nél  $32,2$  mm. volt; bevezetett villamossággal szemben az ingerlékenység küszöbét a  $c_1$  görbét szolgáltató állatnál  $164$  mm.,  $d_1$ -nél  $198$  mm.-nyi szánkatávolságnál találtam. Mindezek a körülmények a befejezett rövidülés nagyságát illetőleg  $d_1$  izom előnyét jelentenek, és mégis a  $c_1$  izom rövidülése tekintélyesebb lett. A halál után a hullamerevség bekövetkeztéig különböző időmennyiség letelte tehát a meleggel merevítés lefolyásánál, az

<sup>1</sup> A vérzés nagysága a természetes hullamerevség kifejlődésének gyorsaságára határozott befolyást gyakorol. Oly békáknál, melyeknél a gerincszlop és gerinczagy átmetszése után igen nagy vérzés következett be, a természetes hullamerevség a rendesnél legalább  $24$  órával előbb fejlődött ki.

egyéniség érvényesülésére előrelátható befolyást nem gyakorol: a villamos ingerlékenység a halál után igen szabályosan esökkenhet; ebből azonban a merevítési görbe lefutására előre valamilyen tájékozást szerezni nem lehet.

### Összefoglalás.

Glycerinnel mérgezett békáknál a természetes hullamerevség korábban, de a mozgások kevesebb változatossága mellett megy végbe, mint az ép békáknál.

Glycerinnel átítatott, már nem ingerlékeny izom meleggel merevítésnél kisebb rövidülést mutat, mint más izom, mely már szintén nem ingerlékeny.

A meleggel, és néha vegyi anyaggal előidézett merevedési folyamatnál az első jelenség, mely izomgörbét ad, mindig élettani összehúzódás. Bizonyos körülmények között az izomgörbén az élettani reactio és az azt rögzítő folyamat úgy az abscissa-n, mint az ordinata-n, többé-kevésbé elmosódott határokkal megjelölhető. Állandó, pl. már 40—42°C.-nyi hőmérsék behatására is, midőn csak egyetlen ismert fehérjeféleség coagulál a békai izomban, hullámszó görbét kapunk. A görbe hullámos lefutásának oka első sorban az élettani reactionnak mélyebb és mélyebb izomrétegekre terjedésében kereshető.

Meleg behatására az izmok élettani működésükre jellemző merevülési görbéket adnak.