

AZ IZOM MECHANO-KÉMIAI KAPCSOLATAIRÓL

KOCZKÁS GYULA

Országos Sugárfizikai Laboratórium

Az izom rugalmasságának vizsgálata már régen az izomfiziológusok érdeklődésének előterébe került.

WEBER [1] még az izom-rugalmasságának vizsgálatát a húzáson kívül, torziós és egyéb rugalmassági vizsgálatokra is kiterjesztette. BETHE [2] volt az első (1924), aki rámutatott arra, hogy az izom rugalmasságának vizsgálata a fiziologiai igénybevételnek megfelelően a húzással szemben határozandó meg. Erre mutatott rá FREY [3] is (1909). Mégis létrejött az izom keménységéről egy gazdag irodalom. A keménység vizsgálata viszont igen komplex és még fizikailag is pontatlan methodika és semmiképpen sem alkalmas arra, hogy általa valamely anyag elaszticitását meghatározzuk.

Még nehezebb és labilisabb a keménység meghatározás szöveteknél.

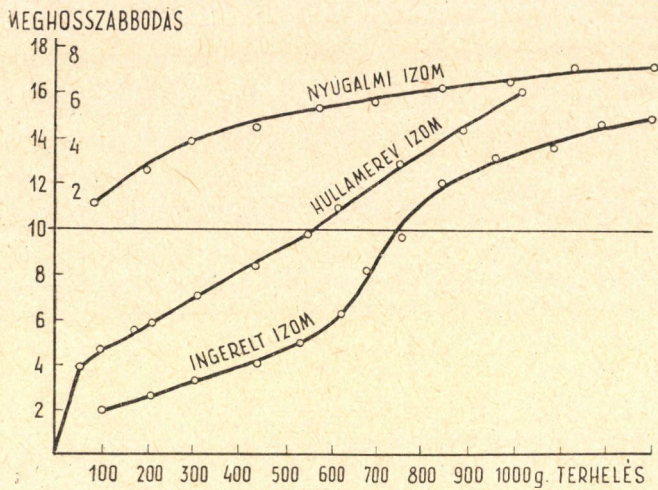
Ezen vizsgálatok alapján és közben WEBER, FENN [4] (1933) és mások, főleg újabban HILL [5] is, azt a hypotézist fejtették ki, hogy az ingerelt izom, mint egy új elasztikus test tekintessék. Ez az „új elasztikus test”-teória először STEINHAUSEN [6] részéről részesült erőteljes kritikában.

A kérdés azért olyan jelentős, mert az elaszticitási vizsgálatok alapján ítéletet mondhatunk a különböző izom-kontrakciós elméletekről. Így például, ha az ingerelt izom nem tekinthető új elasztikus testnek, akkor a PAULI—FÜRTH [7], HILL [8] és MEYERHOF [9], valamint MEYER [10] elméletei, akik szerint az izom-kontrakció duzzadással, gelatinizációval, vagy hosszú-láncú molekulák konfigurációs változásával magyarázható, nem tarthatók fenn.

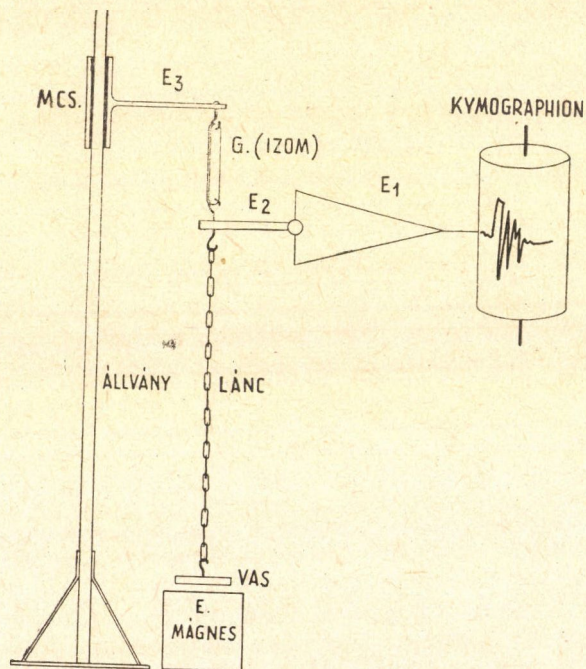
Az izom-elaszticitási vizsgálatokkal tehát a különböző izom-kontrakciós elméletek revízió alá vehetők.

ERNST és PREISS [11] ezen megfontolások alapján vizsgálták az izom elasztikus magatartását nyugalomban, tetanuszban és hullamerevségben.

A békából kimetszett gastrocnemius 10%-kal megkisebbedik a béka nyugalmi helyzetében elfoglalt gastrocnemius hosszához képest. Az izom tehát megfeszített állapotban van a testben elfoglalt ún. „nyugalmi” helyzetben. A nyugalmi izom megnyúlását a megterhelés függvényében ábrázolták I. ábra nyugalmi izom megnyúlási görbéje. Az a tény, hogy a görbe kezdetén egy kb. 50—70 g-nak megfelelő megterhelés észlelhető, mutatja, hogy ez a meg-



1. ábra

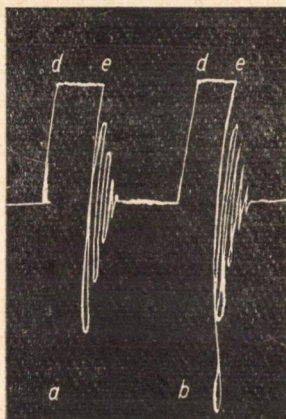


2. ábra

hosszabbodás éppen megfelel annak a megrövidülésnek, melyet a nyugalmi izom mutat, amikor azt a testből kivágjuk. A további ugyanakkora meghosszabbodás eléréshez 10—20-szor nagyobb feszítés szükséges. Ez a tény anatómiai körülményekkel magyarázható. Eleinte az ellazult ín feszül meg, azután további húzásnál észleljük csak az izomállomány meghosszabbodását.

Ugyanezen az 1. ábrán látjuk a tetanuszosan ingerelt izom nyúlási görbáját.

A tetanuszos görbe egyenes részének vizsgálata egy igen összetett-jelenség-komplexum megbeszélését igényli. Az a tény viszont, hogy a tetanuszosan ingerelt izom a nyugalmi hosszúság elérése után azonos lefutású, mint a nyugalmi izom nyúlási görbéje, azt mutatja, vagy legalábbis nagyon valószínűsíti, hogy nem lehet a tetanuszosan kontrahált izmot, mint új elasztikus testet tekinteni.



3. ábra

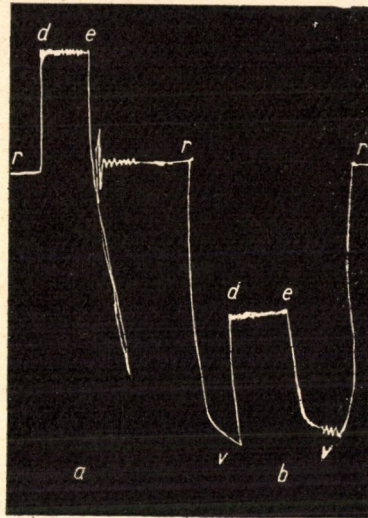
Évégből a kérdés pontosabb megvizsgálására 1935-ban ERNST JENŐ-vel [12] előbb modell, majd pedig izomkísérleteket végeztünk béka gastrocnemiusán, mely kísérletekben tisztáztuk, hogy a tetanuszosan megrövidült izom megnyújtásánál semmiféle elasztikus energia nem halmozódik fel.

Amint említettem, a kérdéshez modell-kísérlettel közelítettünk. Kísérleti összeállításunk a 2. ábrán látható. Vettünk egy vékony gumigyűrűt, melyet megnyújtottunk, aztán hirtelen elengedtünk, akkor a gumigyűrű „nyugalmi”, azaz kezdeti helyzetéből az ellenkező irányban hirtelen átlendült, aztán lengései —csillapodás után — bizonyos idő múlva megszűntek (3. ábra). Az említett modell-kísérletekkel célunk az volt, hogy egyetlen körülmény — a húzással felhalmozódó elasztikus energia — befolyásoló hatását tegyük vizsgálat tárgyává.

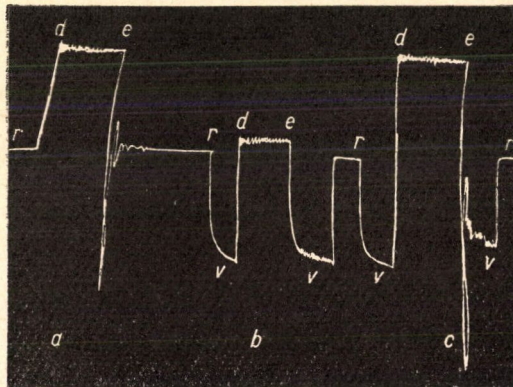
Ezek után vizsgáltuk az izom rugalmasságát. Az előzőekben elmondottakhoz hasonló elrendezésű kísérletben az izmot megnyújtottuk, majd hirtelen elengedtük, s azt találtuk (4. ábra „a” görbe), hogy a nyugalomban levő izomnak elasztikus visszalengései vannak, a gumigyűrűhöz hasonlóan.

Ekkor azután az izmot tetanuszosan ingereltük, az megrövidült, s ekkor nyújtottuk meg, majd — mint előző kísérletünkben — hirtelen elengedtük. Azt találtuk, hogy az elengedést nem követi semmiféle visszalengés, hanem az

elengedés után az izom elfoglalja az ingerlés következtében megrövidült hosszát (4. ábra „b” görbe). Ha most az ingerlést is megszüntetjük, az izom eléri nyugalmi hosszúságát. Kísérleteink folytatásánál még azt is megvizsgál-



4. ábra



5. ábra

tuk, milyen lesz a tetanuszosan megrövidült izom viselkedése, ha azt erős terheléssel, húzással, nyugalmi hosszán túlra, nagyobbra nyújtjuk meg? Azt tapasztaltuk, hogy ilyen esetben ismét van elasztikus visszalengés, ahogy azt az 5. ábra is mutatja.

Tehát kísérleteinkből világosan kitűnt, hogy a tetanuszosan megrövidült izom nyújtásával semmiféle elasztikus energia nem halmozódik fel. Az a folyamat, mely a kontrakciót létrehozta, a húzás révén mechanikusan visszazorit-

tatott. Ezzel a kísérlet-sorozattal megdőltnek tekintettük WEBER gondolatát, mely szerint az ingerelt izom új elasztikus testnek tekinthető. GASSER, HILL [13], WYMAN, LEVIN [14], SZENTGYÖRGYI [15] és mások, bizonyos mértékben szintén vallották az „új elasztikus test” teóriáját és így az ingerelt izomnak energia-kérdése tovább izgatta a kutatókat. HILL 1938-ban azt a kérdést tette vizsgálat tárgyává: „átalakult-e a végzett munka az izom nyújtásakor hővé”, mely kérdést NIEDETZKY ANTAL fogja részletesen ismertetni.

Szólnunk kell még arról, mit eredményeztek ezek a kísérletek a kontrakciós-elméletek számára? A kísérletekből kitűnt, hogy az új elasztikus test elmélet helytelen. Bármilyen formában végeztük is el az elaszticitási vizsgálatokat, azt találtuk, hogy az izom-substanciában az ingerléssel semmiféle elaszticitás változással járó változás nem áll elő, hiszen, ha az egyes izomalkotóelemek elaszticitásában változás állt volna be, úgy az a nyújtás egész tartama alatt megmaradt volna, márpedig kísérleteink azt mutatták, hogy amennyiben az ingerelt izom nyugalmi hosszúságát elérte, úgy viselkedik és úgy nyúlik tovább, mint a nyugalmi izom. Elasztikus tekintetben, tehát izom-substancia tekintetében is, nem következett be az izomban változás.

A vizsgálatok alapján minden olyan kontrakciós elmélet elvetendő tehát, melyek a kontrakciót olyan folyamatokkal magyarázták, melyek feltételezik az izom materiális tulajdonságainak megváltozását.

Ezt tapasztalták ERNSTék pl. a hullamerev izom (1. ábra) nyújtásának vizsgálatánál, ahol az izom substancia változása involválta az izom elaszticitásának megváltozását is, ahogy ez a nyúlási görbe teljes lefolyásában is megmutatkozik. Valószínűleg tovább vezetnek ebben a kérdésben a további energetikai vizsgálatok, valamint a csillapodási tényező részletes megvizsgálása a már elfogadott kristályosodási elmélet mellett.

IRODALOM

1. WEBER: Wagners Handwörterbuch d. Physiol. III. 2. 53 (1846).
2. BETHE: Pflügers Arch. **205**, 63 (1924).
3. FREY: Nagels Hdb. d. Physiol. IV. 432 (1909).
4. FENN u. LATCHFORD: Journ. Physiol. **30**, 213 (1933).
5. HILL: Erg. Physiol. **15**, 457 (1916).
6. STEINHAUSEN: Pflügers Arch. **212**, 31 (1925).
7. FÜRTH: Erg. Physiol. **17**, 380. (1919).
8. HILL: Muscular Activity 22 (1925) (The Williams et Wilkins Comp. Baltimore); Adventures in Biophysics (Univ. of Pennsylv. Press 1931).
9. MEYERHOF: Die Chemische Vorgänge im Muskel. 301 (1930) (J. Springer Berlin 1930.)
10. MEYER: Biochem. Zs. **214**, 253 (1929).
11. ERNST u. PREIS: Zs. f. Biologie. **96**, 196 (1935).
12. ERNST u. KOCZKÁS: Zs. f. Biologie. **96**, 201 (1935).
13. GASSER u. HILL: Proc. Roy. Soc. London B. **96**, 398 (1924).
14. LEVIN u. WYMAN: Proc. Roy. Soc. London B. **101**, 218 (1927).
15. SZENTGYÖRGYI: Chemical Physiology of Contraction in Body and Heart Muscle. (Acad. Press Inc. Publishers New-York 1953.)