

Csirkeér mechanikai vizsgálata egyedi építésű kísérleti berendezéssel

Mechanical Examination of Chicken Vessel with Custom-Built Experimental Equipment

Meisel Ádám,¹ Tóth K. Brigitta,² Lakatos Éva³

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest, Magyarország, ameisel@edu.bme.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék, Budapest, Magyarország, brigitta.toth@mail.bme.hu

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék, Budapest, Magyarország, lakatos.eva@emk.bme.hu

Abstract

Cardiovascular disease has been decimating humanity for decades. In vivo examination of blood vessels is of great help in the development of numerical models and simulations that can help physicians significantly improve their quality of life. For such models, the different mechanical characteristics of the vessels are the input data. Several such mechanical properties of the vessels, such as modulus of elasticity and tensile strength, are determined by a tensile test. In the course of our research, an experimental device was developed and tested which is suitable for biaxial tensile test of blood vessels, which we present through the examination of chicken blood vessels.

Keywords: *biaxial tensile testing, mechanical properties, experimental device.*

Összefoglalás

A szív- és érrendszeri betegségek évtizedek óta tizedelik az emberiséget. Az erek in vivo vizsgálata nagy segítséget nyújt numerikus modellek és szimulációk fejlesztéséhez, amelyek segítségével az orvosok érdemben tudnak javítani az életminőségen. Az ilyen modellekhez az erek különböző mechanikai jellemzői a bemeneti adatok. Az erek több ilyen mechanikai tulajdonságának, például a rugalmassági modulusznak és szakítószilárdságnak, meghatározása szakítóvizsgálattal történik. Kutatásunk során egy erek kéttengelyű szakítására is alkalmas kísérleti berendezést fejlesztettünk és teszteltünk, amelyet csirkeerek vizsgálatán keresztül mutatunk be.

Kulcsszavak: *kéttengelyű szakítóvizsgálat, mechanikai tulajdonságok, kísérleti berendezés.*

1. Bevezetés

A szív- és érrendszeri betegségek már több évtizede vezetnek a halálozási listákat. A WHO és több szervezet is meghatározta már a betegséghez vezető rizikófaktorokat, a megelőzés lehetőségeit. Ennek ellenére nagyon kis mértékű javulás látható az évek során a betegségben elhunytak számában [1, 2]. Mindezek miatt az ilyen betegségek ke-

zelésére szolgáló eszközök fejlesztése virágkorát éri. Az ilyen eszközöket (sztent, áramlasmódosító sztent, WEB, stb.) leggyakrabban az orvos az érbe helyezi. Az eszközök fejlesztése és a problémakör mélyebb megismerése szempontjából is elengedhetetlen az érfal különböző tulajdonságainak feltérképezése. Mivel a legtöbb ilyen problémás érszakasz vagy a beültetett implantátum in vivo vizsgálata nehézségekbe ütközik, ezért különbö-

ző anyag- és mechanikai modellek, valamint szimulációk segítségével in vitro mérések bemeneti adatai alapján vannak le következtetéseket a kutatók [3–6].

Vannak eredmények koponyaűri aneurizmák mechanikai vizsgálatáról, de a legtöbb ilyen, csak egytengelyű vizsgálatot végez, és nem ad meg semmilyen adatot az erek befogásáról [7–9].

Operáció során vagy elhunytakból nyert érfalmintákat általában rögtön vagy rövid fagyasztási periódus után a 37,5 °C-on, oxigénnel megfelelően telített, 7,4 pH-értékű sóoldatba helyezik, és végzik el a szakítóvizsgálatot [10].

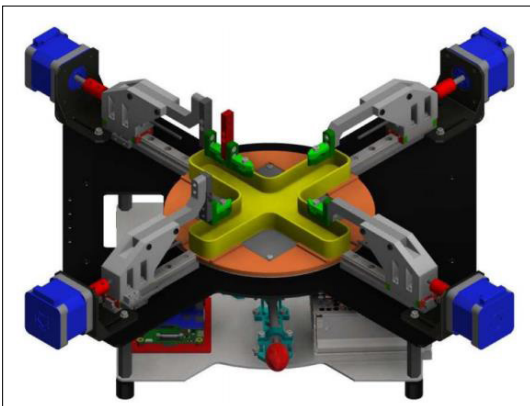
Célunk egy olyan berendezés továbbfejlesztése, amellyel megbízható módon, az erek vizsgálat előtti, befogásból származó roncsolása nélkül is lehetséges az erek mechanikai tulajdonságainak meghatározása két tengely mentén is.

2. Felhasznált eszközök, anyagok és mérési módszerek

2.1 Berendezés bemutatása

A kutatásunkban egy egyedi tervezésű biaxialis szakítógépet használtunk (1. ábra). A mintát négy ponton egy-egy befogóval rögzítjük. Az egyes befogók közvetlenül a karokhoz vagy erőmérő cellákhoz kapcsolódnak. A karok lineáris vezetékeken futó kocsikhoz csatlakoznak, amelyeket négy léptetőmotor és menetes orsó segítségével mozgatunk.

A mérések során fontos szempont volt, hogy a vizsgáló környezet tulajdonságai minél jobban közelítsék az emberi testét. A megfelelő hőmérsékletű és pH-értékű sóoldatot egy kádba helyezük, amely emelhető, ezáltal megkönnyítve a befogás folyamatát.

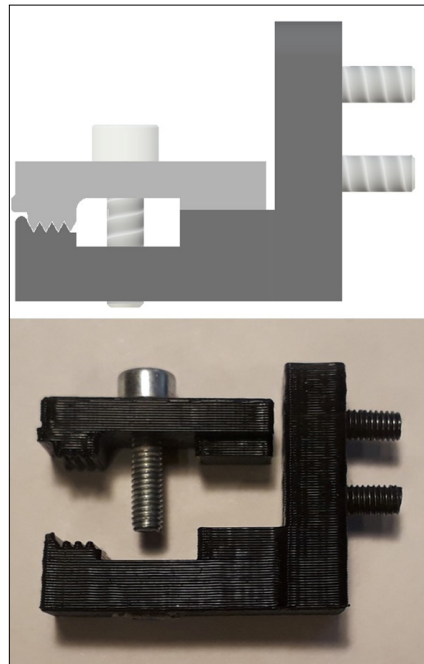


1. ábra. A kísérleti berendezés kialakítása

2.2. Befogó tervezése és gyártása

A szakítóvizsgálat szempontjából a berendezésen kívül sarkalatos pont a megfelelő befogó kialakítás. A mi esetünkben ez kiemelkedő szerepet kap, mivel a vizsgált minták nagyon vékonyak, könnyen szakadnak, károsodnak. Ennek következtében a befogóval szemben támasztott legfontosabb követelmény a minta sérülésmentes befogása és megtartása vizsgálat közben. Nem alakulhat ki feszültséggyűjtő hely a mintán a befogás környezetében, mert ezáltal téves eredményeket kaphatunk.

Több koncepciót is megtervezünk és értékelünk, a legígéretesebbeket ezek közül le is gyártottuk, valamint ki is próbáltuk. Ilyen volt például a „gereblye”-kialakítású vagy a rugóval feszített befogó. A legoptimálisabb kialakításnak egy csavarral feszített befogó bizonyult, amelyben a mintát fogak közé szorítjuk, amelyek előtt egy lekerekített feszültségmentesítő rész található. Először csúcsos végű geometriával próbálkoztunk, amely kisebb és nagyobb minták befogására egyformán alkalmas. Azonban a mérések során kiderült, hogy a csúsz mellett nagy valószínűséggel elindul a szakadás, ezért végül a csúcsot elhagyva a befogó végét egyenesre alakítottuk. A befogókat Creality Ender 3-típusú 3D-nyomtatón segítségével gyártottuk le (2. ábra).

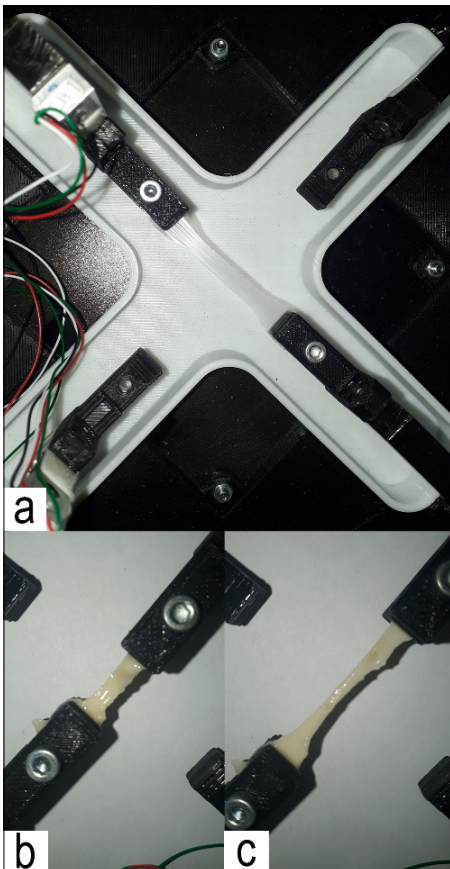


2. ábra. Befogó kialakítása, felül modell, alul additívan gyártott befogó

2.3. Mérési módszer

A szakítóberendezés segítségével meghatározható a mintára jellemző erő-elmozdulás görbe. Az erőt a két tengelyen egy-egy erőmérő cellával mérjük. Az elmozdulást a léptetőmotorok lépéseinek számából számítjuk.

A mérést a minta rögzítésével kezdjük. Először az alsó befogófelre helyezük a mintát, majd a felső befogófelet egy csavar meghúzásával feszítjük rá. Méréseink során kis sűrűségű polietilén (LDPE) fóliát, illetve csirke-nyaki- és -hasiereket vizsgáltunk. Az LDPE-mintát ASTM D638 Type V szabvány szerint vágtuk ki, a szakított felület mérete 9,53 mm × 3,18 mm. Az erekből egyedi sablonnal segítségével 14 mm × 2,5 mm szakított felületű mintákat állítottunk elő. A vizsgálatot minden esetben 20 °C-on végeztük el, a mérési sebesség 5 mm/perc, a mintavételezési frekvencia 16,7 Hz volt. Az ereket a közvetlenül a mérés előtt emeltük ki a 0,9%-os fiziológiás sóoldatból.



3. ábra. Befogó tesztelése a) LDPE-fólia próbatesten és csirke-nyakiüttőér darabon, b) ér húzás közben, c) ér szakadás előtti pillanatban

3. Eredmények

A szakítóvizsgálat elvégzése közben egyértelműen megállapítható volt, hogy az erek a befogásnál nem szakadtak el, így a befogó kialakítása megfelelő (3. ábra).

A vizsgálat során a 4. ábrán látható görbét kaptuk. Ezen látható a berendezés X és Y tengelye által felvett szakítógörbe az LDPE-fólia és a csirkeér-próbatestek esetén.

4. Következtetések

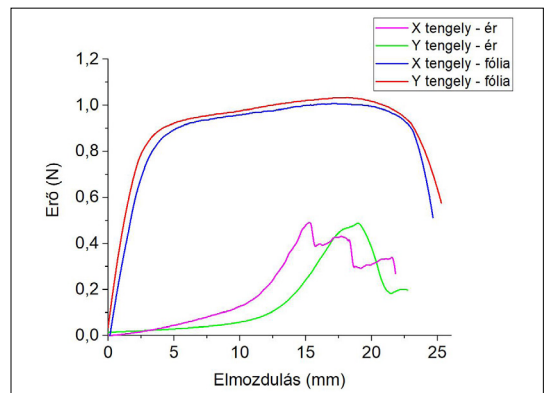
Az általunk tervezett és legyártott befogó megfelelő lehet vékony szövetek (erek, akár inak, szalagok, stb.) szakítására, a szövet károsítása nélkül.

A kapott értékek az irodalomban található [8] eredményeknek alakra és nagyságrendre megfelelnek, így a mérőberendezés alkalmas az erek húzó- és szakítóvizsgálatára.

Kutatásunk következő lépése a berendezés validálása egy hasonlóan kis mérőcellával rendelkező szakítógépp segítségével, majd emberi ereken történő egy- és kéttengelyű szakítóvizsgálat elvégzése.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium NTP-SZKOLL-20-0067 kódszámú Nemzeti Tehetség Program pályázatának támogatásával valósult meg. Az ebben a cikkben közölt és a BME-n végzett kutatást az NKFIH Alap támogatta (TKP2020 IES, tsz: BME-IE-NAT; TKP2020 NC, tsz: BME-NCS) az Innovációs és Technológiai Minisztérium ígisze alatt. A kutatást támogatta az Emberi Erőforrások Minisztériumának Felsőoktatási Kiválóság Programja a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem biotechnológiai kutatási területe keretében (BME FIKP-BIO).



4. ábra. Szakítógörbék LDPE-fólia-próbatestek és csirkeerek vizsgálata közben

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Ard J. D., Franklin F. A.: *Cardiovascular Disease*. Handbook of Clinical Nutrition (4th Edition) 2006, 422–447.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-03952-9.50026-X>
- [2] WHO: 2008-2013 Action Plan for the Global Strategy for the Prevention and Control of Non-communicable Diseases: Prevent and Control Cardiovascular Diseases, Cancers, Chronic Respiratory Diseases and Diabetes. 2009.
www.who.int/publications/i/item/9789241597418
- [3] Szabó V., Jenei C., Halász G.: *Modelling Blood Pressure in Stenosed Coronary Arteries*. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 61/3. (2017) 242–246.
<https://doi.org/10.3311/PPme.10469>
- [4] Károly D., Asztalos L., Micsík T., Szabó P.J.: *Non-Destructive Analysis of Explanted Coronary Artery Stents*. Acta Polytechnica Hungarica 14/2. (2017) 171–181.
<https://doi.org/10.12700%2FAPH.14.2.2017.2.9>
- [5] Tóth B. K., Bojtár I.: *Validation of the Hyperelastic Material Parameters of Healthy Human Brain Arteries and Cerebral Saccular Aneurysms*. 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 876–879.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-23508-5_228
- [6] Asztalos L., Károly D.: *Examination of pathological stents*. Műszaki tudományos közlemények 5. (2016) 73–76.
<https://doi.org/10.33895/mtk-2016.05.09>
- [7] Lally C., Reid A. J., Prendergast P. J.: *Elastic Behavior of Porcine Coronary Artery Tissue Under Uniaxial and Equibiaxial Tension*. Annals of Biomedical Engineering 32 (2004), 1355–1364.
<https://doi.org/10.1114/B:ABME.0000042224.23927.ce>
- [8] Costalat V., Sanchez M., Ambard D., Thines L., Lonjon N., Nicoud F., Jourdan F.: *Biomechanical Wall Properties of Human Intracranial Aneurysms Resected Following Surgical Clipping (IRRA Project)*. Journal of Biomechanics. 44/15. (2011) 2685–2691.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.07.026>
- [9] Kural M. H., Cai M., Tang D., Gwyther T., Zheng J., Billiar K. L.: *Planar Biaxial Characterization of Diseased Human Coronary and Carotid Arteries for Computational Modeling*. Journal of Biomechanics. 45/5. (2012) 790–798.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.11.019>
- [10] Tóth B. K., Naszتانovics F., Bojtár I.: *Laboratory Tests for Strength Parameters of Brain Aneurysms*. Acta of Bioengineering and Biomechanics. 9/2. (2007) 3–7.
<https://www.actabio.pwr.wroc.pl/Vol9No2/1.pdf>