



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Gépészmérnöki Kar

Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Tézisfüzet

**MÉRÉSI MÓDSZEREK AZ ANGIOPLASZTIKA TERÁPIÁS
ESZKÖZEI LÁTHATÓSÁGÁNAK ÉS
ANYAGJELLEMZŐINEK MEGHATÁROZÁSÁRA**

című témakörből írta:

Pelyhe Liza

okl. biológus

okl. egészségügyi mérnök

Konzulens: Dr. Bognár Eszter

Budapest

2015

Elvégzett kutatómunka

Az angioplasztika egy széles körben használt minimál invazív eljárás. Alapeszközei a vezetődrót, vezetőkatéter és a ballonkatéter [1] [2] [3] [4]. A beavatkozások sikeressége 95%-ra tehető [5] [6] [7] [8] [9]. Az alapeszközök hajlékonysága és a megtörési ellenállása fontos szerepet játszanak a sikertelenség kialakulásában [10].

A jelenleg érvényben levő szabványok a három eszközre négy olyan tulajdonságot mutatnak be, amelyek mind a négyre vonatkoznak, ezek: a biokompatibilitás, a felület kialakítása, a korrózióállóság és a röntgensugaras láthatóság [11] [12] [13].

E szabványok pontos mérési és tesztelési módszereket ajánlanak a biokompatibilitás, a felület és korrózióállóság vizsgálatára, viszont több különböző eljárást (további szabványok ismertetésével) ajánlanak a röntgensugaras láthatóság vizsgálatához [11] [12] [13]. A gyártók különböző eljárásokkal vizsgálhatják az adott eszközfajta, ezért ezek az eredmények nem lesznek összehasonlíthatóak. E szabványok nem tartalmazzak objektív mérési eljárást a hajlékonyság és a megtörési ellenállás meghatározására, számszerűsítésére. Néhány szabvány, a U.S. Food and Drug Administration (FDA) és néhány cikk különböző mérési módszereket ismertet e két tulajdonságra, ezért a gyártók is többféleképpen tesztelhetik, vizsgálhatják azokat, így ebben az esetben sem lehet összehasonlítani őket hajlékonyságuk és megtörési ellenállásuk alapján.

Hosszú távú tervem volt a forgalomban levő vezetődrótok, vezetőkatéterek, és ballonkatéterek röntgensugaras láthatóságának, hajlékonyságának és megtörési ellenállásának összehasonlítása. Az irodalomban található értékek mérési módszere különböző lehet, ezért mérési eljárásokat dolgoztam ki mind a három tulajdonság vizsgálatára. A kidolgozott mérési eljárás követelményei:

- Alkalmasság legyen a forgalomban kapható angioplasztika alapeszközeinek vizsgálatára.
- Számszerűsítse a röntgensugaras láthatóságot vagy a hajlékonyságot vagy a megtörési ellenállást.
- Gyors és könnyen kivitelezhető legyen.
- A kapott értékek ismételvek és reprodukálhatóak legyenek.

Az orvosi eszközök beszerzése nehéz, ezért doktori értekezésemben a cél mérési módszerek kialakítása, fejlesztése és tesztelése volt és nem az összes forgalomban levő vezetődrót, vezetőkatéter és ballonkatéter tesztelése. Az első célt az eszközök összehasonlítására alkalmas mérési módszer kidolgozása, fejlesztése volt.

Célkitűzések

1. Mérési módszer kialakítása az ASTM F640-12 szabvány, a FDA és a BME ATT Orvostechnikai Kutatócsoport korábbi kutatásai alapján, amellyel objektíven meghatározható, számszerűsíthető a vezetődrótok, vezetőkatéterek és ballonkatéterek röntgensugaras láthatósága; ezáltal csoportosíthatóvá és összehasonlíthatóvá válnak a gyártó különböző típusú vezetődrótjai, katéterei.
2. Mérési módszer kialakítása vezetődrótok hajlékonyságának objektív számszerűsítéséhez figyelembe véve a hajlításra vonatkozó szabványokat, az FDA ajánlását és a BME ATT Orvostechnikai Kutatócsoport korábbi kutatásait.
3. A hajlításra vonatkozó szabványok és a FDA által ajánlott katéter hajlékonyságvizsgálat tesztelése, lehetséges módosítása, és a katéter viselkedésének vizsgálata vezetőkatéterek esetében.
A hajlékonyság változásának vizsgálata a katéter mentén, függése a csúcstól mért távolságtól és a katéter átmérőjétől.
4. A szakirodalom által használt (Schröder J. módszere) vezetődrót megtörési ellenállás mérési módszer tesztelése, lehetséges módosítása, és a vezetődrót viselkedésének vizsgálata a megtörés során.
A megtörési ellenállás változásának vizsgálata a vezetődrót mentén, függése a csúcstól mért távolságtól.
5. Mérési módszer kialakítása vezetőkatéterek megtörési ellenállásának objektív számszerűsítésére.
A megtörési ellenállás változásának vizsgálata a katéter mentén, függése a csúcstól mért távolságtól és a katéter átmérőjétől.

Eredmények

Röntgensugaras láthatóság mérési módszere

A BME ATT Orvostechnikai Kutatócsoport korábbi kutatásai során egy mérési módszert fejlesztett ki sztentek röntgensugaras láthatóságának számszerűsítésére. Ezt a módszert adaptáltam vezetődrótok, vezetőkatéterek és ballonkatéterek vizsgálatához. A mérési módszer főbb lépései:

- 1) Röntgenmikroszkópos kép készítése a klinikai gyakorlatban használt paraméterekkel az adott eszköz vizsgálni kívánt részéről.
- 2) A készített képről a meghatározott hosszú szakasz kivágása, illetve egy vele azonos nagyságú üres háttér rész kivágása; a két kivágott kép szürkeárnyalatú, bitmap formátumú képpé alakítása.
- 3) A röntgensugaras láthatóság (%-ban) meghatározása a BME ATT Orvostechnikai Kutatócsoport által írt képanalizáló szoftver használatával.

Meghatároztam, hogy:

- Vezetődrótok esetében
 - A jó röntgensugár elnyelő anyagú vezetődrót csúcsot érdemes vizsgálni (ha ezt nem tünteti fel a gyártó, akkor a disztális véget (szervezetbe bevezetett vég))
 - Két rövid szakasz (minimum 2.0 mm) átlag röntgensugaras láthatóság értékével jellemezhető a vezetődrót röntgensugaras láthatósága.
 - Ehhez a méréshez görbületmentes szakasz szükséges. A vizsgálatok során a két rövid szakasz nem tartalmazott görbületet sem egyenes, sem előformázott végű vezetődrótok esetében.
- Vezetőkatéterek esetében
 - A vezetőkatéter marker vagy a jó röntgensugár elnyelő anyagú részét érdemes vizsgálni (ha található rajta).
 - Ha ilyet nem tartalmaz, akkor az első szakasza vizsgálandó (az atraumatikus csúcs és az első görbület között).
 - Két rövidebb szakasz (minimum 2 mm) röntgensugaras láthatóságának átlagával jellemezhető a vezetőkatéter röntgensugaras láthatósága.
 - Ehhez a méréshez görbületmentes szakasz szükséges. A vizsgálatok során a két rövid szakasz nem tartalmazott görbületet sem egyenes, sem előformázott végű vezetődrótok esetében.

- Ballonkatéterek esetében:
 - A ballonmarkereket érdemes vizsgálni.
 - A ballonmarkerek röntgensugaras láthatóságának átlagával jellemezhető a ballonkatéter röntgensugaras láthatósága.
- A kialakított módszer esetében a röntgensugaras láthatóság vizsgálat háttere (a mikroszkóp mintatartója) és képkészítési paraméterei minden esetben azonosak voltak.

Hajlékonyságvizsgálat

A vezetődrót hajlékonyságának objektív meghatározásához az FDA útmutatóját és Schröder J. mérési módszerét vettem alapul. Kifejezetten erre a vizsgálatra egy befogó készült, amely megkönnyítette a szakítógépbeli mérést. A mérés főbb lépései:

- 1) A vezetődrót befogása az adott ponton a szakító gép alsó befogójába.
- 2) 0.5 mm átmérőjű fúrórúd befogása a felső befogóba.
- 3) A befogás és a nyomópont távolságának beállítása.
- 4) A 0.5 mm átmérőjű fúrórúd nyomópont fölé illesztése.
- 5) A vezetődrót hajlítása 10 mm/min sebességgel.
- 6) A 45°-os lehajlási szöghöz tartozó erő leolvasása.
- 7) Három pont kiválasztása az erő-elmozdulás görbe felszálló, lineárisan közelíthető szakaszáról. Ez a három pont a felszálló szakasz maximális pontjának 30%, 60% és 90%-a.
- 8) A névleges hajlítómerevség meghatározása a három ponton

$$(NBS = \frac{FL^3}{3f} + \frac{Fl^2}{2f} (L - l) [Nmm^2]).$$

- 9) A három pont névleges hajlítómerevségének átlaga az adott befogási pontra jellemző hajlékonyság, ami az adott hajlítópontot adott konstrukciójára vonatkozik.

Meghatároztam, hogy a névleges merevség ismételhetően mérhető a U.S. Food and Drug Administration által ajánlott távolságok (5 mm, 10 mm, 20 mm) közül a disztális végtől 10 mm-re levő befogáson középpontos terhelést használva. Ez az érték jobban leírja a vezetődrót hajlékonyságát, mint a U.S. Food and Drug Administration által ajánlott erő meghatározása, ami a vezetődrót 45°-os lehajlításához szükséges. A névleges hajlítómerevség adott konstrukciójára vonatkozik.

Vezetőkatéterek hajlékonysága esetében az FDA útmutatója és a szakirodalom nem tér ki a vizsgálandó hajlítópontokra, ezért 10 hajlítóponton mértem.

A vizsgálat főbb lépései:

- 1) A kezdeti külső átmérő és elhajlási szög lemérése az adott hajlítópontban.
- 2) A hajlítópont ráhelyezése az idomszerre.
- 3) A katéter ráhajlításra a legnagyobb rádiuszú idomszerre.

- 4) 5 másodpercig hajlítva tartása.
- 5) Az okozott hajlításra merőleges méretváltozás és elhajlási szög lemérése.
- 6) A hajlítás minden idomszeren történő lemérése (a legnagyobb rádiuszútól a legkisebbig) és minden hajítás után az okozott hajlításra merőleges méretváltozás és elhajlási szög lemérése.

Statisztikai módszerekkel megállapítottam, hogy

- Nincs kitüntetett hely a katéter mentén, ahol nagyobb valószínűséggel történik elhajlás, hajlításra merőleges méretváltozás használat közben.

Meghatároztam, hogy

- A vezetőkatéter hajlékonysága azzal a kritikus hajlítórádiusszal jellemezhető, amit a hajlításra merőleges méretváltozás görbe inflexió pontja mutat.
- A hajlékonyságot két görbületmentes szakaszon érdemes mérni 100-200 mm-re és 200-300 mm-re a disztális végtől, közöttük minimum 20 mm távolsággal.
- A két mérési pont hajlékonyságának átlagával jellemezhető a vezetőkatéter hajlékonysága.

Megtörési ellenállás mérése

Kialakítottam egy mérőeszközt a vezetődrótok és vezetőkatéterek megtörési ellenállásának meghatározására. A mérés alapjául Schröder munkáját használtam, aki szerint a megtörési ellenállás az a szög, amely még nem okoz maradó alakváltozást az eszközben. A mérés fontosabb lépése:

- 1) A vizsgálandó eszköz befogása a fix befogóba.
- 2) A megtörési pont beállítása.
- 3) Az kezdeti elhajlás lemérése vezetődrótok esetében, illetve katéterek esetében a kezdeti hajlításra merőleges méret lemérése is.
- 4) Az eszköz másik végének befogása a mozgatható befogóba.
- 5) 5°-ra megtörés, 5 másodpercig pozícióba tartás.
- 6) A tört pozícióban a hajlításra merőleges méretváltozás lemérése.
- 7) A mozgó befogás elengedése.
- 8) Az elhajlás lemérése (ld. 3. lépés).
- 9) Az eszköz újra befogása.
- 10) 10°-ra megtörés, 5 másodpercig pozícióba tartás.
- 11) A mérés 0°-tól 120° –ig történt vezetődrótok, 130° –ig vezetőkatéterek esetében 5° fokenként. Minden megtörésnél lemértem a hajlításra merőleges méretváltozást, és megtörés után az elhajlás szögét.

Megállapítottam, hogy

- Vezetődrótok esetében
 - Mind a disztális vég, mind a tengely megtörési ellenállása az a megtörési szög, amit a mért elhajlási görbe inflexiós pontja mutat.
 - A disztális vég megtörési ellenállása a disztális vég első 10 mm-e és a disztális vég és a tengely kötési pontja között ismételtően mérhető.
 - Két mérési ponton érdemes mérni az elvékonyodó részen belül 20-50 mm távolsággal és ezek átlagával jellemezhető a vezetődrót tengelyének megtörési ellenállása
- Vezetőkatéterek esetében:
 - A megtörési ellenállás az a kritikus megtörési szög, amit a hajlításra merőleges méretváltozás görbe inflexiós pontja mutat.
 - A megtörési ellenállást a csúcstól mérve két ilyen szakaszon (köztes távolságuk minimum 20 mm), a disztális véghez közel érdemes mérni (10-30 mm –re mért értékek eltérhetnek a tengelyen mért értékektől).
 - Átlagukkal jellemezhető a vezetőkatéter megtörési ellenállása.

Új tudományos eredmények

1. tézis [1,2,3,4,5]

Megállapítottam, hogy egyenes, és előformázott vezetődrótok röntgensugaras láthatóságának számszerűsítésénél a disztális vég röntgensugár elnyelő részének elülső és hátulsó minimum 2 mm-es hossz láthatóságának átlagával jellemezhető a láthatóság, nem szükséges a teljes vezetődrótot vagy disztális véget vizsgálni.

Megállapítottam, hogy vezetőkatéterek röntgensugaras láthatóságának számszerűsítésénél a röntgensugár elnyelő rész láthatóságával jellemezhető a teljes vezetőkatéter röntgensugaras láthatósága. Ilyen rész hiányában az atraumatikus csúcs és az első görbület közötti szakasz két, minimum 2 mm-es hossz láthatóságának átlagával jellemezhető a vezetőkatéter láthatósága, nem szükséges a teljes vezetőkatétert vagy disztális véget vizsgálni.

Megállapítottam, hogy ballonkatéterek röntgensugaras láthatóságának számszerűsítésénél a ballonmarkerek láthatóságának átlagával jellemezhető a láthatóság, nem szükséges a teljes ballonkatétert vizsgálni.

Ezekben a mintavételi esetekben a relatív szórás (variációs koefficiens) értékek nem mentek 0,2 fölé.

2. tézis [6,7]

Kifejlesztettem egy mérőeszközt, amellyel egyszerűen megoldható a vezetődrótok befogása a szakítógépre hajlékonyság meghatározása céljából.

A rajta végzett mérésekkel megállapítottam, hogy a vezetődrót flexibilitása a névleges merevségével jellemezhető. Ez az érték jobban leírja a vezetődrót hajlékonyságát, mint a U.S. Food and Drug Administration által ajánlott erő meghatározása, ami a vezetődrót 45°-os lehajlításához szükséges.

A névleges merevség ismételhetően mérhető a U.S. Food and Drug Administration által ajánlott távolságok (5 mm, 10 mm, 20 mm) közül a disztális végtől 10 mm-re levő befogáson középpontos terhelést használva.

Megállapítottam, hogy e távolságok közül csak e befogáson és terheléssel mérhető ismételten az ajánlott 45°-os lehajlításához szükséges erő. Végpontos terhelés esetében a vezetődrót kicsúszott a terhelés alól.

3. tézis [8,9,]

A vezetőkatéterek hajlékonyságának meghatározására a szakirodalom nem tartalmaz egyértelmű meghatározást, ezért megállapítottam, hogy a vezetőkatéter hajlékonysága jellemezhető azzal a hajlítórádiusszal, amit a hajlításra merőleges méretváltozás görbe inflexiós pontja mutat.

Megállapítottam, hogy az általam vizsgált vezetőkatéterek hasonlóan viselkednek disztális végtől mért 120-300 mm szakaszon (függetlenül a katéter átmérőjétől); az okozott elhajlás, hajlításra merőleges méretváltozás hajlítási pontonkénti különbsége elhanyagolható a hajlékonyság vizsgálata közben.

Statisztikai módszerekkel meghatároztam, hogy ezen szakaszon belül vannak kitüntetett helyek (görbületmentes szakaszokon), ahol a vizsgálat ismételhetősége

jobb, ezért ezeken a mérési pontokon érdekesebb mérni: az egyik a disztális végtől mérve 100-200 mm-es szakaszon, a másik a 200-300 mm-es szakaszon helyezkedjen el, köztük minimum 20 mm távolsággal. A mért értékek átlagával jellemezhető a vezetőkatéter hajlékonysága.

4. tézis [10,11]

Kifejlesztettem egy mérőeszközt, amellyel objektíven meghatározható a vezetődrót megtörési ellenállása. Megállapítottam, hogy a megtörési ellenállás különbözik a vezetődrót két fő részén, a disztális végen és a tengelyen (függetlenül a drót flexibilitásának mértékétől); ezért külön a disztális végre és külön a tengelyre kell megadni ezt az értéket.

A megtörési ellenálláson a szakirodalom szerint azt a kritikus szöget értjük, ahol még nem történik maradó alakváltozás. Ezt a definíciót módosítottam: mind a disztális vég, mind a tengely megtörési ellenállása az a megtörési szög, amit a mért elhajlási görbe inflexiós pontja mutat. Ez az érték jobban leírja a vezetődrót megtörési ellenállását.

Statisztikai analízissel megállapítottam, hogy a disztális vég megtörési ellenállása a disztális vég első 10 mm-e és a disztális vég és a tengely kötési pontja között ismétlődően mérhető.

Megállapítottam, hogy az általam vizsgált vezetődrótok hasonlóan viselkednek disztális végtől mért 40-100 mm szakaszon (függetlenül a vezetődrót hajlékonyságától); az okozott elhajlás, megtörési pontonkénti különbsége elhanyagolható a megtörési ellenállás vizsgálata közben.

Statisztikai analízissel meghatároztam, hogy ezen szakaszon belül vannak kitüntetett helyek, ahol a vizsgálat ismételtetősége jobb (nincs a környezetében kötési pont, az elvékonyodó tengely nem a legvékonyabb része), ezért ezen mérési pontokon érdekesebb mérni. Meghatároztam, hogy két mérési ponton érdemes mérni az elvékonyodó részen belül 20-50 mm távolsággal és ezek átlagával jellemezhető a vezetődrót tengelyének megtörési ellenállása.

5. tézis [12,13]

Kifejlesztettem egy mérőeszközt, amellyel objektíven mérhető a vezetőkatéter megtörési ellenállása.

A vezetőkatéterek megtörési ellenállásának meghatározására a szakirodalom nem tartalmaz egyértelmű módszert, ezért az általam javasolt definíció: a megtörési ellenállás az a kritikus megtörési szög, amit a hajlításra merőleges méretváltozás görbe inflexiós pontja mutat.

Statisztikai analízissel meghatároztam, hogy a vizsgált szakaszon belül vannak kitüntetett helyek, ahol a vizsgálat ismételtetősége jobb (görbületmentes szakaszokon), ezért ezeken a mérési pontokon érdekesebb mérni. Meghatároztam, hogy a megtörési ellenállást a csúcstól mérve két ilyen szakaszon (köztes távolságuk minimum 20 mm), a disztális véghez közel érdemes mérni (10-30 mm –re mért értékek eltérhetnek a tengelyen mért értékektől) és átlagukkal jellemezhető a vezetőkatéter megtörési ellenállása.

Irodalmi hivatkozások listája

- [1] S. Moore and S. Ahn, *Endovascular Surgery: Expert Consult*, Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 2010.
- [2] M. Kern, *The Interventional Cardiac Catheterization Handbook*, Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 2012.
- [3] K. Chatterjee, *Cardiology: An Illustrated Textbook*, New Delhi: JP Medical Ltd, 2011, p. 521.
- [4] R. Morgan and E. Walser, *Handbook of Angioplasty and Stenting Procedures*, London: Springer-Verlag, 2010, p. 57.
- [5] E. Fleck and E. Frantz, *Complications in PTCA*, Darmstadt: Springer Science & Business Media, 2012, p. 37.
- [6] M. Vesely, "When AVF Angioplasty Fails...," *Endovascular Today*, vol. 6, no. 1, pp. 59-65, 2012.
- [7] S. Yu, T. Leung, E. Hung, K. Lee and L. Wong, "Angioplasty and stenting for intracranial atherosclerotic stenosis with nitinol stent: factors affecting technical success and patient safety.," *Neurosurgery*, vol. 70, no. 1, pp. 104-113, 2012.
- [8] L. Voith, T. Vecsey, L. Major, A. Zsoldos, B. Nagybaczoni, P. Andrásy, K. Zámolyi and J. Tomcsányi, "Percutaneous coronary intervention without on-site cardiac surgery: the first one thousand patients," *Orv Hetil*, vol. 146, no. 31, pp. 1615-1619, 2005.
- [9] R. Azovtsev, V. Sedov, L. Major, I. Gulachi, L. Aleksandrova, V. Pizin and V. Kovalev, "Complications after angioplasty and stenting of coronary arteries in ischemic heart disease patients," *Vestn Khir Im I I Grek*, vol. 161, no. 5, pp. 60-65, 2002.
- [10] FDA, "Manufacturer and User Facility Device Experience Database - (MAUDE)," U.S. Food and Drug Administration, 2014. [Online]. Available: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/PostmarketRequirements/ReportingAdverseEvents/ucm127891.htm>. [Accessed 28 October 2014].
- [11] ISO, *Sterile, single-use intravascular catheter introducers*, ISO 11070: 1998, International Organization for Standardization.
- [12] ISO, *Sterile single-use intravascular catheters -- Part 1: General requirements*, ISO 10555-1: 2013, International Organization for Standardization.
- [13] ISO, *Intravascular catheters -- Sterile and single-use catheters -- Part 4: Balloon dilatation catheters*, ISO 10555-4: 2013, International Organization for Standardization.

Tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [1] **Pelyhe L.**, Bognár E. "Determination of the guidewire's visibility". *Materials Science Forum*. (Benyújtva)
- [2] **Pelyhe L.**, Bognár E. "Determination of the repeatability and reproducibility of guidewires' visibility measurement". *Journal of Testing and Evaluation*. IF: 0.279 (Benyújtva)
- [3] **Pelyhe L.**, Nagy P. "Relative visibility of diagnostic catheter," *Acta Polytechnica Hungarica*. (Elfogadva)
- [4] **Pelyhe L.**, Nagy P., Bognár E. "Visibility differences within the diagnostic catheter," in *31th Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics*, Düsseldorf, VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., 2014, pp. 84-85.
- [5] **Pelyhe L.**, Bognár E. "Visibility of balloon dilatation catheters," *Periodica Polytechnica*. (Elfogadva)
- [6] **Pelyhe L.**, Kertész A. "Flexibility of guidewires," *Selected Engineering Problems*, vol. 4, pp. 133-138, 2014.
- [7] **Pelyhe L.**, Kertész A., "Vezetődrótok disztális végének flexibilitása," *Anyagok Világa (Materials Word)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-7, 2014.
- [8] **Pelyhe L.**, Kertész A., Bognár E. "Flexibility of diagnostic catheters," in *Proceedings of XIIIth Youth Symposium on Experimental Solids Mechanics*, Prague, Czech Society for Mechanics, 2014, pp. 84-87.
- [9] **Pelyhe L.**, Bognár E. "Szívkatéterek hajlékonysága, meghajlítása," *Orvosi Hetilap*, vol. 155, no. 39, p. 1544–1548, 2014.
- [10] Nagy P., **Pelyhe L.** "Relationship between the kink and the structure of the guidewire," *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, vol. 57, no. 1, pp. 21-25, 2013.
- [11] **Pelyhe L.**, Bán M., Bognár E. "Kinking resistance of guidewires," *Materials Science Forum*, vol. 729, pp. 476-481, 2013.
- [12] **Pelyhe L.**, Bognár E. *Kinking resistance of the diagnostic catheters*, Bari: 12. Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics, 2013.
- [13] **Pelyhe L.**, Bognár E. "Kinking resistance measurement method for diagnostic catheters". *Innovation and Research in BioMedical engineering*. IF: 0.380 (Submitted)

További tudományos közlemények

- [1] Szalai Cs., Ungvári I., **Pelyhe L.**, Tölgyesi G., Falus A.: Asthma from a pharmacogenomic point of view. *Br J Pharmacol.* 153 (2008:8) 1602-1614 IF: 3,77
- [2] **Pelyhe L.**: Investigation of heparin binding capacity of polyurethane coatings. *Periodica polytechnica Mechanical Engineering.* 54 (2010:2) 95-97.
- [3] **Pelyhe L.**: Poliuretánbevonatok heparinmegkötő képességének vizsgálata. *Anyagok világa.* 9 (2011:2) 1-6
- [4] **Pelyhe L.**: Investigation of heparin binding capacity of polyurethane coatings. 28th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 2011.09.28-2011.10.01, Siófok, Hungary, pp. 47-48. (ISBN: 978-963-9058-32-3)
- [5] **Pelyhe L.**, Bognár E., Dobránszky J.: Szentek funkcionális tulajdonságainak minősítése. VIII. Országos Anyagtudományi Konferencia, 2011.10.09-2011.10.11, Balatonkenese, Magyarország
- [6] **Pelyhe L.**, Bognár E.: Kinking resistance of the diagnostic catheters. 12th Youth Symposium on Experimental Solids Mechanics, 21-24 April 2013, Bari, Italy
- [7] **Pelyhe L.**, Bognár E.: Vezetődrót röntgensugaras láthatóságának meghatározása. IX. Országos Anyagtudományi Konferencia, 2013.10.13-2013.10.15, Balatonkenese, Magyarország.
- [8] **Pelyhe L.**, Kertész A., Bognár E.: Flexibility of diagnostic catheters. 13th Youth Symposium on Experimental Solids Mechanics, 28 Juny-02 July 2014, Decin, Czech Republic.
- [9] **Pelyhe L.** Stent-development and Beyond. 39th Seminar: Material sciences and biotechnology - Engineers in the healthcare. 12th November 2013, Budapest, Hungary, pp. 48.