



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépészmérnöki Kar

Anyagtudomány és Technológia Tanszék



Tudományos Diákköri Konferencia

## **Értágító és vezetődrót kapcsolata során felmerült probléma esettanulmánya**

### **Szerzők:**

Bán Melinda (LSZNUZ)

Sélley Torda László (EBO5IB)

### **Konzulens:**

Dr. Bognár Eszter, egyetemi adjunktus, BME-ATT

Nagy Péter, doktorandusz, BME-ATT

A dolgozat bemutatását a TÁMOP - 4.2.2.B-10/1--2010-0009 "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" című program támogatta.

**2012**

## 1. A dolgozat során használt idegen kifejezések magyarázata

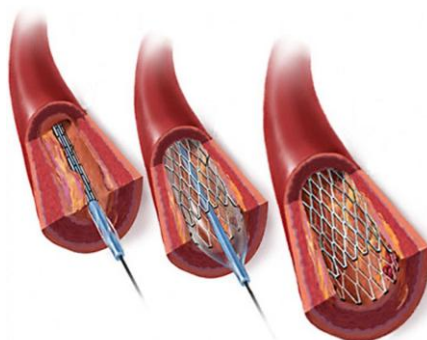
A dolgozat során igyekeztünk ahol csak lehet, magyarul használni a témaspecifikus kifejezéseket. Azonban vannak kifejezések, amelyek latin fonetikusán terjedtek el, az angol megfelelőjükből. Ezek megértésére illetve egyéb idegen szavak, kifejezések magyarázatára szolgál a következő táblázat.

| Idegen kifejezés | Kifejezés magyarázata                                                                                                                                                            |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| perkután         | Bőrön át történő; bőrön át kivitelezett (beavatkozás)                                                                                                                            |
| obturátor        | Bármilyen eszköz ami valamilyen nyílást zár el. Jelen esetben hosszúka, polimerből készült alkatrész, amely a hüvelyt kitölti, mielőtt abba vezetőkatéter ill. vezetődrót kerül. |
| krimpelés        | Hidegsajtoltásos kötési eljárás. Jelen esetben így foglal helyet a felfújatlan állapotban lévő sztent a ballonon, amit feltágítva                                                |
| intravaszkuláris | Éren belüli, éren belül alkalmazott.                                                                                                                                             |
| expandálás       | Gőzzel való duzzasztás magasabb hőmérsékleten, polimerfeldolgozási eljárás.                                                                                                      |
| extrúzió         | Végtelen méretű polimer termékek előállítására szolgáló polimerfeldolgozási eljárás. Terméke lehet lemez, fólia, cső, szál, vagy többszörösen összetett üreges termék.           |

## 2. Bevezetés

Napjainkban a daganatos megbetegedések mellett a keringési szervek, a szív és az erek betegségei a vezető halálokok. Az Amerikai Egyesült Államokban 2008-ban minden hatodik haláleset szív-és érrendszeri megbetegedés miatt következett be, összesen 405 309 halálozással. A Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint Magyarországon az összes halálozás 50 %-át tették ki a szív- és érrendszeri betegségek, miközben a daganatos megbetegedések 26 %-ban feleltek a halálozásért 2011-ben [1], [2].

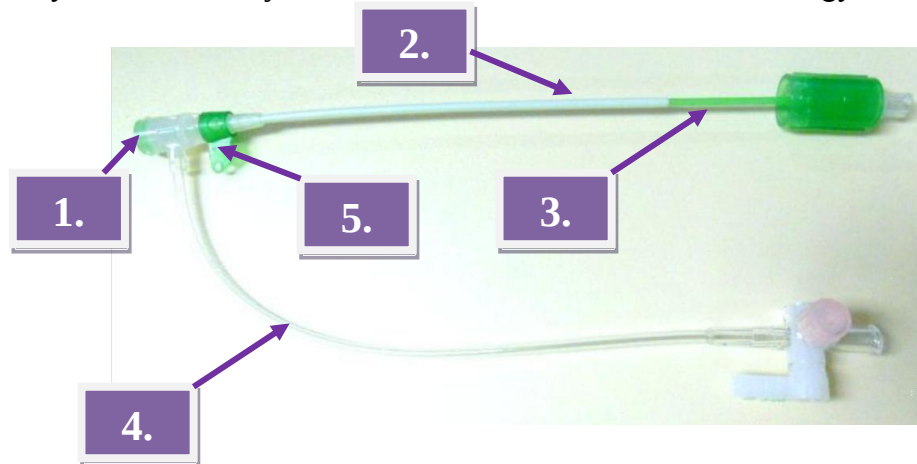
A fennálló problémát súlyosbítja a helytelen étkezés, a dohányzás, a túlzott alkohol fogyasztás, a mozgásmentes életmód, a túlsúly és a stressz. Az ezekre való odafigyeléssel nagyrészt megelőzhető a probléma. A már meglévő betegség kezelhető gyógyszerek segítségével, illetve orvosi beavatkozással. Az egyik eljárás során a koszorúerek elzáródott szakaszát egy megfelelő érgrafttal, vagyis a test más területéről nyert artéria vagy véna szakasszal hidalják át, azonban ez az eljárás nyitott mellkasi műtétet igényel. Ezt nevezik bypass eljárásnak. Egy másik eljárás, az angioplasztika segítségével megnyitják a koszorúereket, ezután egy hosszú, vékony csövet (katétert) juttatnak fel a combnál vagy karnál található artérián keresztül az elzáródott érig a szívben. A katéter végén gyakran egy speciális ballon van, amit gyorsan, rövid időre felfújnak, ezáltal megnyitják az elzáródott koszorúeret. Ezzel egyidejűleg sztentet helyezhetnek az artéria kitágított részébe, hogy az hosszútávon is nyitva maradjon [3]. Az 1. ábrán a sztentbeültetés folyamata látható.



- 1. ábra:** A sztentbeültetés lépései balról jobbra haladva: a szűkült érszakaszban a ballonra krimpelt sztent, a ballon feltágított állapotban, a ballon és a vezetődrót kihúzása után az újra átjárhatóvá tett érszakasz

A sztentek hálós szerkezetű fém implantátumok, amelyek az elzáródott területek újbóli átjárhatóságát biztosítják hosszú távon. A koszorúerek szállítják a tápanyagokat és az oxigént a szívhez, ezért megbetegedésük, szűkületük a szívizom oxigénellátását károsítja. Jelen dolgozat az angioplasztika és sztent behelyezése során használt egyik eszköz vizsgálatát tűztük ki célul [3].

Sztentek beültetése során használt eszköz az általunk vizsgálatra kapott bevezetőhüvely-rendszer, amely a 2. ábrán láthatunk számozott részeivel együtt.



**2. ábra:** Értágító hüvely részeivel: 1. vérszivárgást gátló szelep, 2. hüvely, 3. obturátor, 4. oldalsó toldalék, 5. varratgyűrű

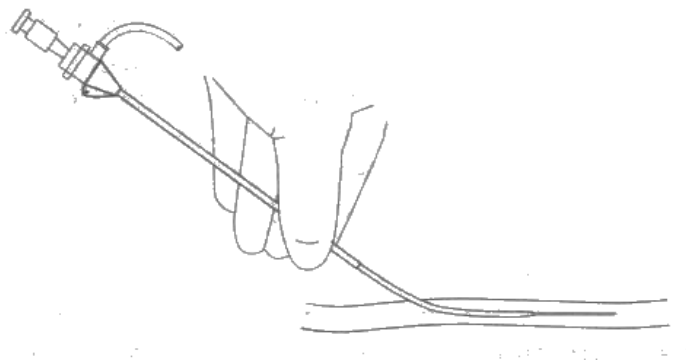
Az ábrán 1. számú vérszivárgást gátló szelep funkciója megakadályozni az esetleges vér visszaszivárgását. Flexibilis anyagból készült, rajta keresztül, átdugva helyezkedik el kezdetben az obturátor, majd a tű, majd a katéter, amin át pedig bejut a beavatkozás lényegi részét végző vezetődrót, ill. vezetődróra krimpelt ballon és sztent. A 2. számú hüvely a folytatása a vérszivárgást gátló szelepnak. A mi problémánk szempontjából kiemelkedő szerepet játszik, hiszen itt történt az elakadás, mivel a szelepen átjutó részek itt jutnak keresztül emberi szervezetbe kerülésük előtt. A 3. számú obturátor a hüvelyben helyezkedik el, ahogyan az korábban is említésre került, kihúzása után jut be a katéter. Az eszközök obturátor részének is különös figyelmet szenteltünk a vizsgálatok során. A 4. számú oldalsó toldalékok jelen műszaki vizsgálatok szempontjából figyelmen kívül hagyhatóak, ezeken keresztül jut be a kontrasztanyag a szervezetbe. Az 5. számú varratgyűrű a rögzítést szolgálja beavatkozás közben.

Az általunk vizsgált eszköz tehát segít a beavatkozások során a katéter és vezetődrót bejutásában.

### 3. A vizsgált eszközök bemutatása

Irodalmi áttekintésünk előtt bemutatjuk a kapott, vizsgált eszközöket a könnyebb érthetőség és átláthatóság céljából, majd megfogalmazzuk kutatásunk konkrét célját.

Az érelzáródás mechanikus megnyitása során, a beavatkozásban jelent segítséget az értágító hüvely. A hüvelyen keresztül jut be az a katéter és a vezetődrót az emberi testbe, amin keresztül a sztent beültetése is történhet. A vezetődróra kerül ballonra krimpelve a sztent. A 3. ábrán látható az értágító érbe helyezésének folyamata.



3. ábra: Értágító érbe helyezésének folyamata

Az általunk vizsgált eszköznél elakadási probléma lépett fel a hüvelyben, vagyis a cég által nekünk küldött eszközben, tájékoztatásuk szerint, beavatkozás közben elakadt a katéter. Roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatokat végeztünk a hiba forrásának felderítése céljából. Mintaként kaptunk egy darabot a problémás eszközből, és négyet a helyesen működő típusból. A referencia, helyesen működő értágító Johnson&Johnson Cordis értágító volt, a helytelenül működő típusa ismeretlen volt számunkra.

Az értágító használata olyan artériás és vénás beavatkozások kapcsán javasolt, ahol intravaszkuláris eszközök perkután bevezetésére van szükség. Az eljárás során átvezetik az obturátort a katéterbevezető hüvely szelepén és bepattintják a szárba. Ezután bevezetik az érbe az angiográfiás tű kanüljét, majd a tűt a helyén tarva, azon keresztül vezetik az érbe a hajlékony vezetődrót végét. A vezetődrótot a helyén tartva a katéterbevezető hüvelyt behelyezik az érpályába, majd csavaró mozgással áttolják a szöveteken az ér lumenéig. Ezek után a kiválasztott katéter bekerül a hüvelybe [4].

A vizsgálatok során fontosnak láttuk a hüvelyen kívül az obturátor és maga a katéter vizsgálatát is, mert mindkét eszköz áthalad egy beavatkozás során az értágító hüvelyen.

A vizsgált katéter Boston Scientific Mach 1 típusú katéter 2 mm-es átmérőjű méretben. A katéter a 4. ábrán látható.



**4. ábra:** Boston Scientific Mach 1 vezető katéter

#### 4. Tudományos diákköri munkánk célja

Tudományos diákköri munkánk célja egy intravaszkuláris beavatkozásoknál használt eszköz használata alkalmával felmerült probléma okának a feltárása volt.

Az eszköz egy úgynevezett értágító hüvely volt, amelyben elakadást mutatott a rajta átvezetett vezetődrót, névleges megfelelő méretei ellenére. A probléma akkor adódott, amikor a korábban bevált, jól működő értágítót lecserélték egy újonnan rendelt típusra.

A minket felkérő Vascular Venture Kft. 2012 júniusában keresett meg ezzel a kiemelkedően fontos problémával. Az elakadás ugyanis beavatkozás közben lépett fel, számukra ismeretlen okból. Feladatunknak tekintettük megkeresni és magyarázni a hibát, hogy ez a későbbiekben ne fordulhasson újra elő. A kapott mintákat először mindenképpen roncsolásmentes vizsgálatoknak szerettük volna alávetni, hogy azok ne sérüljenek. Így lehetővé vált azok vizsgálata sztereomikroszkóppal, majd röntgenmikroszkóppal is. A vizsgálatok után folytattuk a kutatást, egy saját készítésű befogó segítségével - attól az ötlettől vezérelve, hogy a kapott értékek segítségével megállapíthatjuk, hol szükséges nagyobb erő egy katéter áthúzásához – szakítógépes vizsgálatnak vetettük alá a kapott eszközt (illetve a referenciaként funkcionáló, helyesen működő további négy eszközt is). A hüvelybe a katéter előtt bemenő obturátorokat felületi érdesség vizsgálatnak is alávetettük.

Kapott eredményeinkkel, következtetéseinkkel segítséget kívánunk nyújtani az ilyen és ehhez hasonló gyakorlati, klinikai és egyben műszaki problémák elkerüléséhez.

## 5. Irodalmi áttekintés

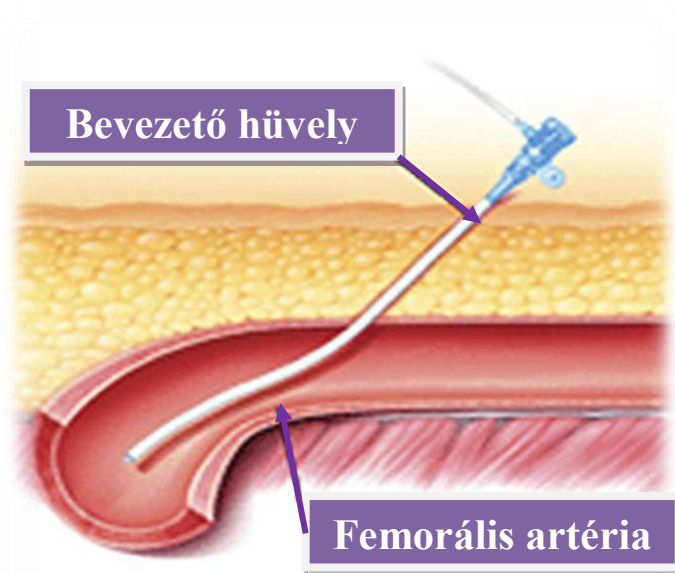
Az értágító hüvelyek csőszerű eszközök, amelyek megkönnyítik a vezetődrótok és katéterek behelyezését és eltávolítását az artériákba és vénákba. Tipikusan expandált politetrafluor-etilénből (PTFE) készülnek, amely flexibilis és tulajdonságainak köszönhetően kisebb a kockázata a szöveten belüli elakadásnak. Maguknak a hüvelyeknek azonban eléggé merevnek kell lenniük ahhoz, hogy az obturátor kivétele után is átjárhatóságot biztosítsanak a szövetben. Az értágító hüvelyek mérete 4 Frenchtől 14 Frenchig terjed. A French értágító eszközök méretének meghatározására elterjedt ( $\text{French} = D (\text{mm}) \times 3$ ), így az ezekhez megfelelő méretű obturátorok és katéterek könnyedén áttolhatók rajtuk. A következő táblázatban láthatóak a forgalmazott eszközök színek alapján. A színek nagyon fontosak, az orvosok a beavatkozás során ezek alapján találják meg gyorsan a nekik megfelelő eszközt. A 12, 13, 14 French mérethez nem rendeltek színekódot.

| Méret<br>(Frenchben) | Méret<br>(mm-ben) | Szín         |
|----------------------|-------------------|--------------|
| 4                    | 1,35              | piros        |
| 5                    | 1,65              | szürke       |
| 6                    | 2                 | zöld         |
| 7                    | 2,3               | narancssárga |
| 8                    | 2,7               | kék          |
| 9                    | 3                 | fekete       |
| 10                   | 3,3               | rózsaszín    |
| 11                   | 3,7               | citromsárga  |
| 12                   | 4                 | -            |
| 13                   | 4,3               | -            |
| 14                   | 4,7               | -            |

1. táblázat: Katéterbevezető hüvelyek méretei és színekódjai

Egy *Kansas Egyetem Kórházában* 2009-ben elvégzett beavatkozás során egy 31 éves Wolf-Parkinson-White szindrómában szenvedő férfin végeztek elektrofiziológiai beavatkozást. Az elektrofiziológiai vizsgálat célja a szív ingerképzési és/vagy ingervezetési zavarainak pontos feltérképezése, a ritmuszavar mechanizmusának tisztázása gyógyszeres

vagy pacemaker kezelés. A Wolf-Parkinson-White szindrómában születéstől fogva egy járulékos elektromos összeköttetés van a pitvarok és a kamrák közt. A beavatkozás során összesen négy értágítót használtak. Az egyik kivétele során észlelték azonban, hogy a hüvely eltört [6].

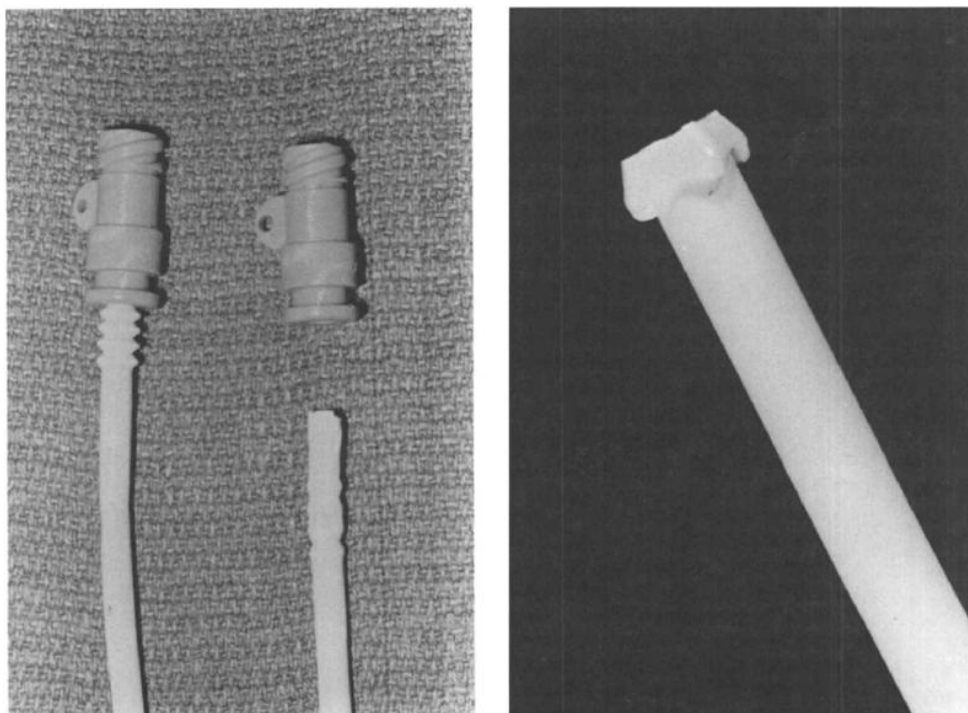


5. ábra: A hüvely a femorális artériában

Az eset során a bent maradt darab eltávolításra került, azonban számos hasonló esetre volt már példa, amikor értágító alkalmazása közben lépett fel probléma. Fordult már elő trombózis, akut értágító embólia, légembólia, aneurizma, pseudoaneurizma, helyi és szervezeti fertőzés [7], [8].

A bevezetőhüvely-rendszer sok esetben megkönnyíti a beavatkozást. 2010-ben J Hong egy olyan esetről számolt be, amelyben egy katéter elakadását egy értágító hüvely alkalmazásával oldották meg. Egy 65 éves férfin katéteres beavatkozás elvégzését kezdték meg, amikor a nyakon végzett metszésen keresztül tolt katéter elakadt. Egy másik metszésen keresztül a bőr alatti részt visszahozták, majd egy értágítót vezettek be, miközben a katétert a helyén tartották [5].

Szintén értágító használata során merült fel olyan probléma, hogy az obturátor csavaros fej és szár része elvált egymástól, ahogyan ez a 6. ábrán látható is [9].



**6. ábra:** Az obturátor fej- és szár részének egymástól való elválása

Egy felnőtt férfi beteg bypass beavatkozása során nagyon rossz kamrai funkciókat tapasztaltak, ezért folyamatosan monitorozták. Egy 2,5 mm átmérőjű méretű katétert használtak, miután ellenőrizték a ballont. Valószínűsítették, hogy levegő jutott be közben a rendszerbe, amelyet nem lehetett eltávolítani. Teljesen kivezették a katétert, de a teljes ballon hiányzott. A hüvelyt szintén eltávolították, hogy tudják keresni a hiányzó ballont, de mindez hatástalan volt. Egy új értágító hüvely-készlet alkalmazására került sor, minden probléma nélkül. A beteg felgyógyult a műtétből és hazaengedték, nem tűnt úgy, mintha a ballon bármiféle problémát okozott volna, ami valószínűleg még mindig a kisvérkörbe került. Tekintve a lehetséges katéterbevezető hüvely és katéter inkompatibilitásokat in vitro tesztnek vetettek alá egy Arrow introducert és Baxter katétert. A katéterbevezető hüvely használati utasítása a 2,3 és 2,5 mm-es méretű katétereket javasolta, a ballon ellenőrzése után a Baxter katétert átvezette a hüvelyen. Ez ismét a ballon károsodásához vezetett, amelyet így nem lehetett felfújni. Ennek ellenére továbbra is a katéterhez volt csatlakoztatva. Ezzel szemben egy Abbott 2,7 mm-es ballonja sértetlen maradt többszöri introduceren való átvezetés után is. Fontos megjegyezni, hogy a felmerült probléma nem minden esetben jelent meg. Nem kevésbé különböző különböző gyártmányú PA katéter és introducer esetén azokat in vitro tesztelni kell, függetlenül attól, hogy azok dimenziói kompatibilisnek tűnnek-e. [10]

Az ilyen és ehhez hasonló problémák elkerülése végett ezért már sok orvos, kutató küldött visszajelzést a gyártó felé, hiszen legnagyobb valószínűség szerint a gyártás, az extrúzió során keletkező hibák vezetnek hasonló törésekhez, deformálódásokhoz, elakadásokhoz [9]. Jelen kutatásunkban mi is ezek elkerüléséhez kívánunk segítséget nyújtani, új megvilágításba helyezni az ilyen problémákat a több oldalról megközelített és elvégzett vizsgálatokkal, kapott eredményekkel.

## 6. A mérések során használt berendezések

A témával és az eszközzel kapcsolatosan talált irodalmak áttekintése után kidolgoztunk egy vizsgálati tervet. A vizsgálati terv készítése során figyelembe vettük az eszköz gyakorlati felhasználása során észlelt rendellenességet, azt vajon mi okozhatja, hogyan tudjuk vizsgálni, megoldani a problémát. Emellett azt a tényt is, hogy egyetlen egy darab hibás eszköz áll a tulajdonunkban, így fokozott figyelemmel kellett bánnunk vele a kísérletek során.

Feltételeztük, hogy a problémát vagy a nem megfelelő geometriai tulajdonságok vagy az érintkező felületek nem megfelelő minősége vagy mindkettő egyszerre okozza. A geometriai paraméterek vizsgálatakor az eszközök külső illetve belső átmérőit mértük. Az érintkező felületek érdességük alapján jellemeztük. Fontosnak találtuk, hogy a gyakorlati problémát valamilyen módon rekonstruáljuk és a méréseket valamilyen módon számszerűsítsük. Az eszközök egymásban való mozgását szakítógépben befogva vizsgáltuk az erőt mértük az elmozdulás függvényében.

A fentieknek megfelelően a következő eszközöket használtuk a vizsgálataink során.

### 6. 1. Sztereomikroszkóp

A sztereomikroszkóppal az értágító külső átmérőjét, valamint a felületi hibákat, sérüléseket vizsgáltuk. A felvételeket nagy felbontásban készítettük. A cső falára fókuszáltunk a minél pontosabb mérés végett. A sztereomikroszkópos mérésekhez Olympus SZX-18-as sztereomikroszkópot (14. ábra), illetve a hozzátartozó Olympus Essential programot használtuk a felvételek kiértékeléséhez.



7. ábra: Olympus SZX-18 sztereomikroszkóp

## 6.2. Röntgenmikroszkóp

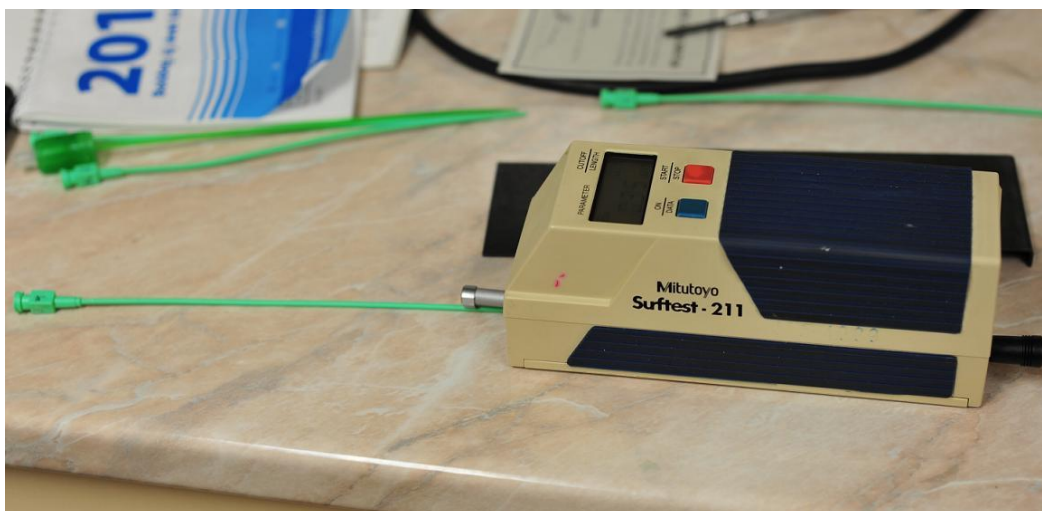
A röntgenmikroszkóppal az értágítót és a vezetődrótot vizsgáltuk. Az elkészített felvételek alapján az értágító belső, illetve a vezetődrót külső átmérőjét mértük. A röntgenmikroszkópos mérésekhez a BME EET-n található Dage XiDAT XD6600 típusú berendezését használtuk. A vizsgálat során a berendezés paraméterei: 100keV, 0,90 W. A kapott felvételek kiértékeléséhez JMicroVision 1.2.7-es programot használtunk.



8. ábra: Dage Xidat XD6600 típusú röntgenmikroszkóp

## 6.3. Érdességmérő

Az érdességmérővel az obturátor felületi érdességét vizsgáltuk. A méréshez a Mitutoyo Surfes – 211 kézi mérőberendezést használtuk. A mérés során az eszköz a 2,5 mm-nyi vizsgált terület átlagos felületi érdességét ( $R_a$ ) határozta meg. A mérőfej sebessége a mérés során 0,5mm/másodperc volt.

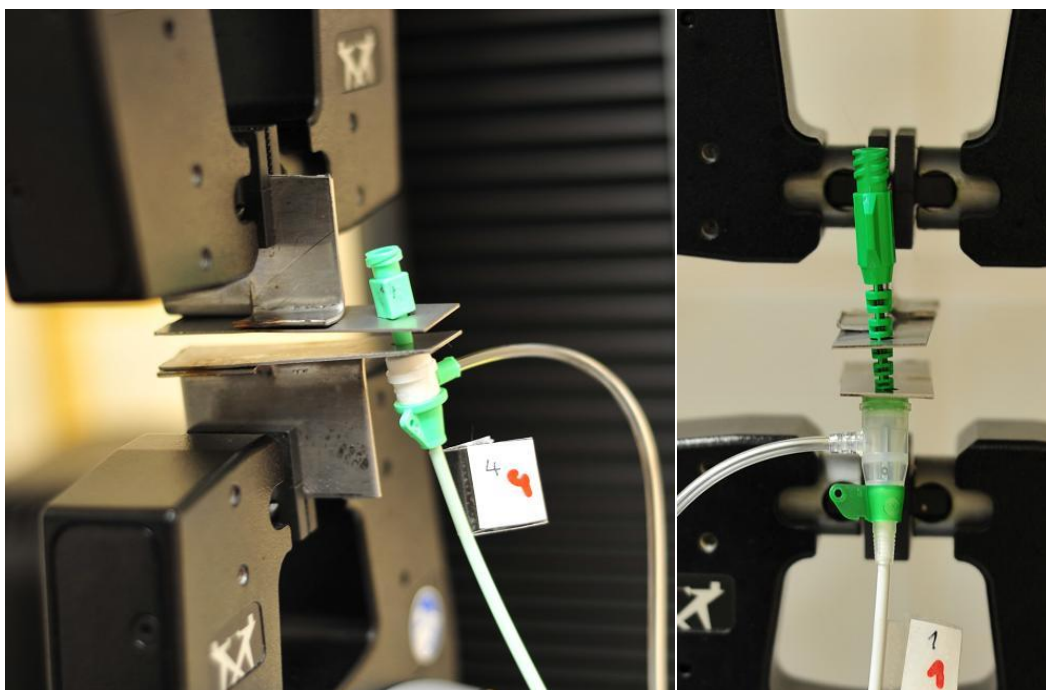


**9. ábra:** Mitutoyo SurfTest-211 típusú felületi érdesség mérő műszer

#### **6. 4. Szakítógépes vizsgálat**

A szakítógépes vizsgálattal a katéter illetve az obturátor értágítóban való mozgását vizsgáltuk. Munkánk során az Instron 5965 típusú szakítógéppel, 2kN-os mérőcellával dolgoztunk.

Az értágító mozgását a hüvelyben szakítógép segítségével modelleztük. A szakítógéphez az általunk használt eszközök vizsgálatára alkalmas befogót gyártattunk. A szakítógép alsó befogójába a hüvelyt rögzítettük, a felsőbe pedig az obturátort illetve a katéttert.



**10. ábra:** Szakítógépes vizsgálat Instron 5965 típusú szakítógéppel és saját befogóval

A szakítógép befogói ellentétes irányban mozogtak. A keresztfej elmozdulásának sebessége 5 mm/másodperc volt. A mérés során a húzáshoz szükséges erőt [N] vizsgáltuk az elmozdulás függvényében.

Azért az 5mm/másodperc sebességű elmozdulást választottuk, mert ez a sebesség közel áll a valóságban, beavatkozás közben alkalmazott sebességhez.

## 7. Eredmények

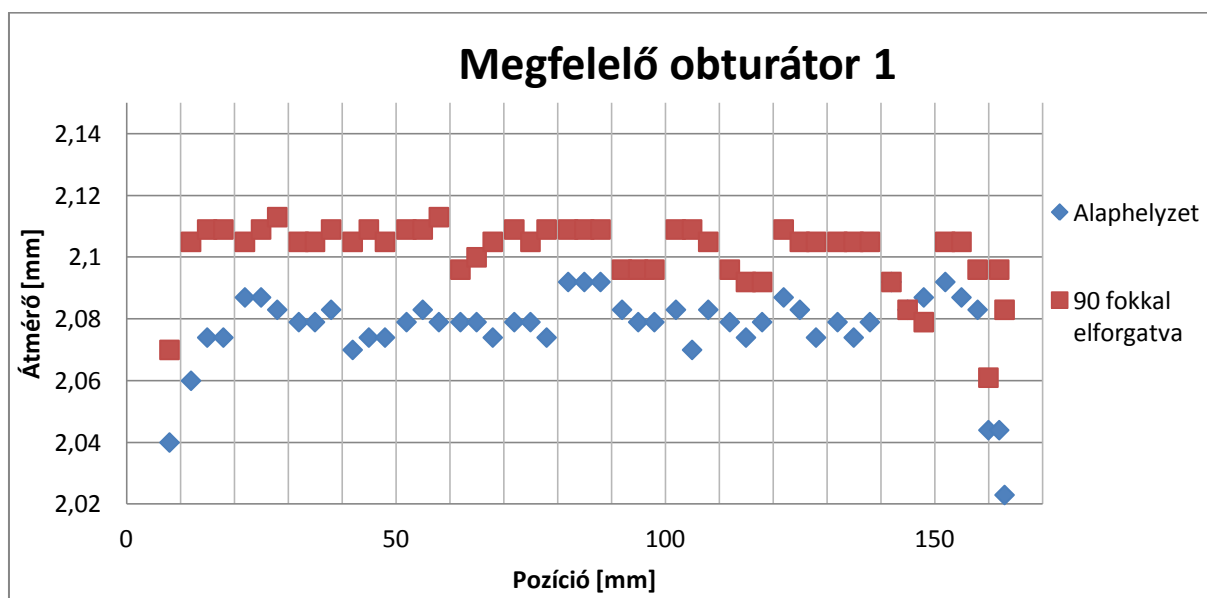
Összefoglaljuk a vizsgálataink során végzett mérések eredményeit.

### 7.1. Geometriai paraméterek vizsgálata

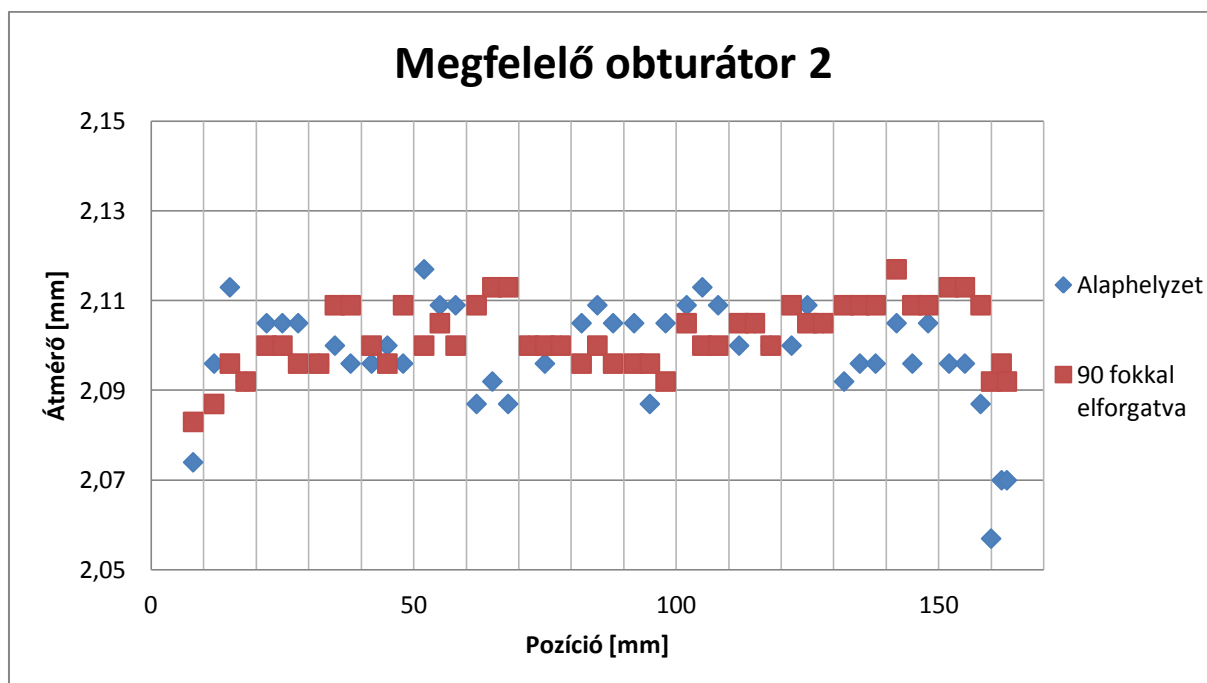
Munkánkat az eszközök geometriai paramétereinek vizsgálatával kezdtük.

#### 7.1.1. Obturátorok átmérője

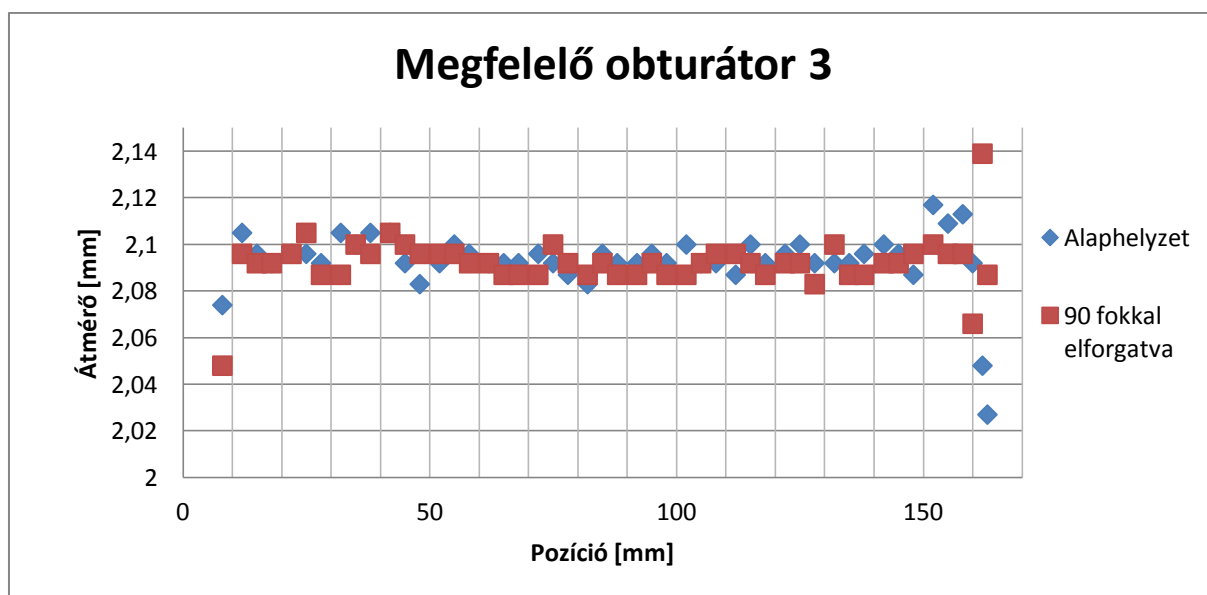
Az obturátorok hüvelyben elhelyezkedő szakaszának átmérőjét vizsgáltuk. Sztereomikroszkópos felvételeket készítettünk az eszközökről, először alaphelyzetben, majd 90°-kal elfordítva. A felvételek készítése során az obturátor oldalára fókuszáltunk a kiértékelés pontossága érdekében. 3 mm-enként mértük az átmérőt. A mérések eredményeit a ... függelék tartalmazza. A ... diagramon az obturátorok a két-két pozícióban mért átmérői szerepelnek.



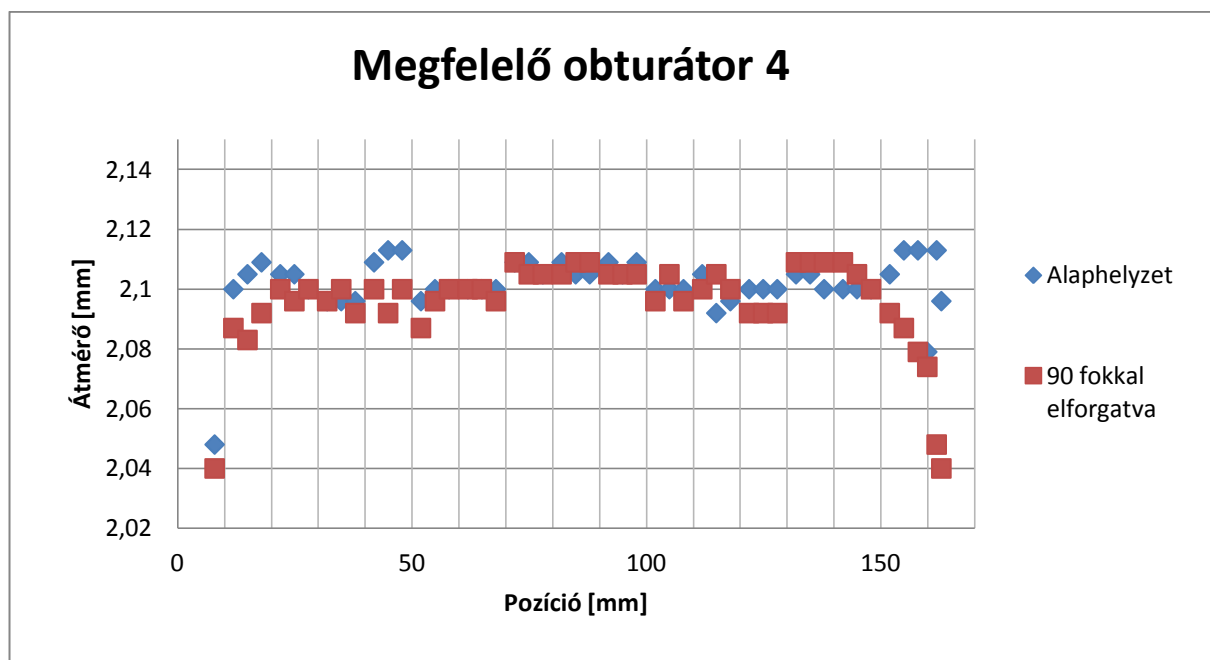
1. **diagram:** Az 1-es számú megfelelő obturátor külső átmérőjének változása két pozícióban



2. **diagram:** A 2-es számú megfelelő obturátor külső átmérőjének változása két pozícióban

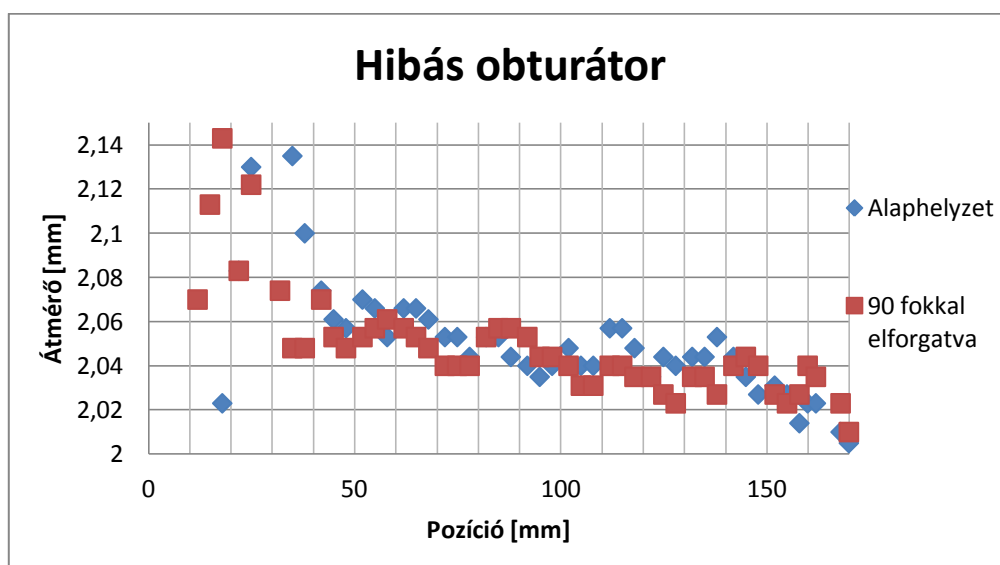


3. **diagram:** A 3-es számú megfelelő obturátor külső átmérőjének változása két pozícióban



**4. diagram:** A 4-es számú megfelelő obturátor külső átmérőjének változása két pozícióban

A diagramokon megfigyelhető, hogy a jó obturátorok átmérője a hegye utáni részben teljes egészében – a ...ábrán piros vonalakkal kijelölt szakaszon – egyenletes. A 1-4-es diagramokon nem ábrázoltuk az obturátorok hegyét, mivel azok ebbe az y-tengely intervallumba nem fértek bele, cserébe szemléletesebb képet kapunk az obturátor lényegi szakaszáról.



**5. diagram:** A hibás obturátor külső átmérőjének változása két pozícióban

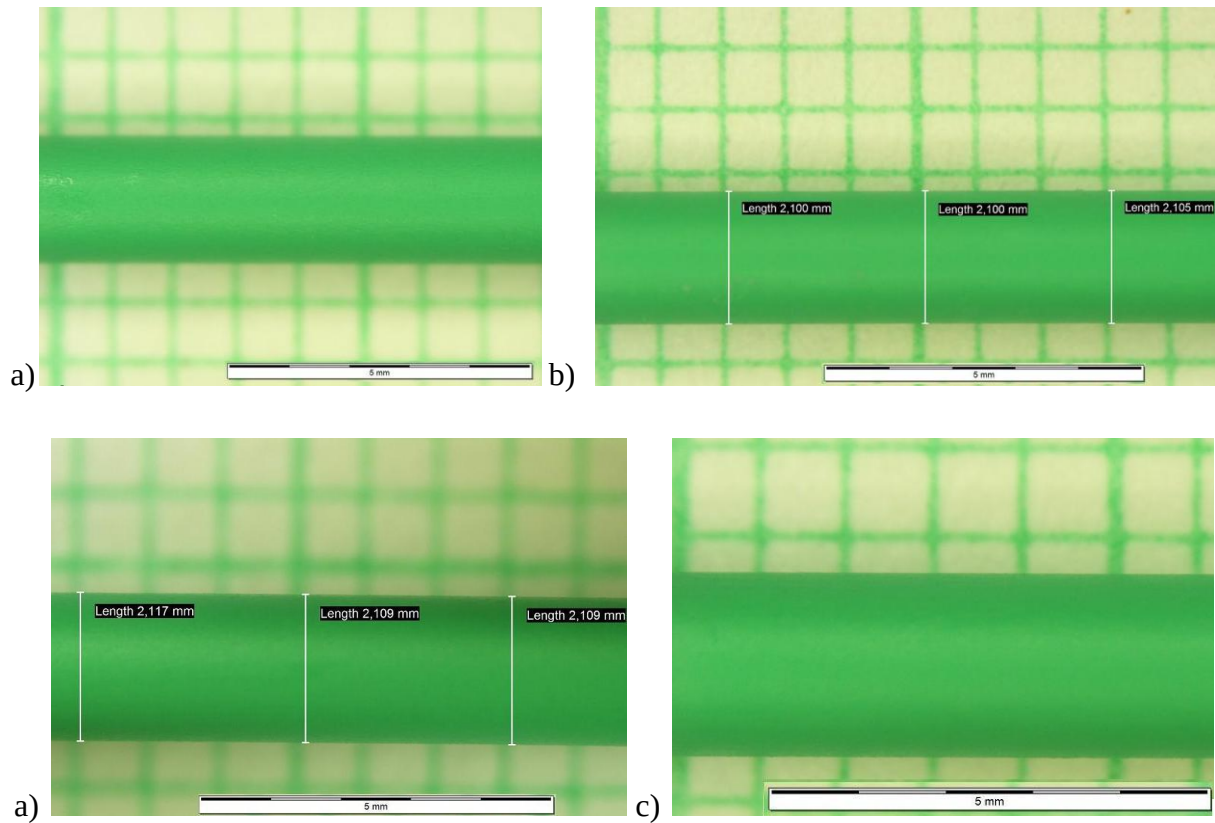
A rossz obturátor ezzel szemben a hegye után kiszélesedik majd a maximum átmérő elérése után az átmérője folyamatosan csökken. Ez valószínűleg a nem megfelelő extrúzió következménye, gyártás során az extrúzió és a termék kihúzásának sebességének összehangolása elmaradt, a termék átmérője így nem egyenletes.

A 2. táblázat az obturátorok hegye utáni szakasz geometriai paramétereit tartalmazza.

|                    | Átlagos átmérő<br>(mm) | Minimum<br>(mm) | Maximum<br>(mm) |
|--------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Hibás</b>       | 2,05 ± 0,04            | 1,87            | 2,17            |
| <b>Megfelelő 1</b> | 2,09 ± 0,02            | 2,02            | 2,11            |
| <b>Megfelelő 2</b> | 2,10 ± 0,01            | 2,06            | 2,12            |
| <b>Megfelelő 3</b> | 2,09 ± 0,01            | 2,03            | 2,14            |
| <b>Megfelelő 4</b> | 2,10 ± 0,01            | 2,04            | 2,11            |

**2. táblázat** az obturátorok hegye utáni szakasz geometriai paramétereit tartalmazzák.

A sztereomikroszkópos felvételek készítése és elemzése közben a felületet szemrevételezéssel is vizsgáltuk, felületi sérülések, hibák után kutatva. A vizsgálat során az obturátorokon nem találtunk olyan felületi hibát, amely befolyással lehetett volna további méréseinkre.

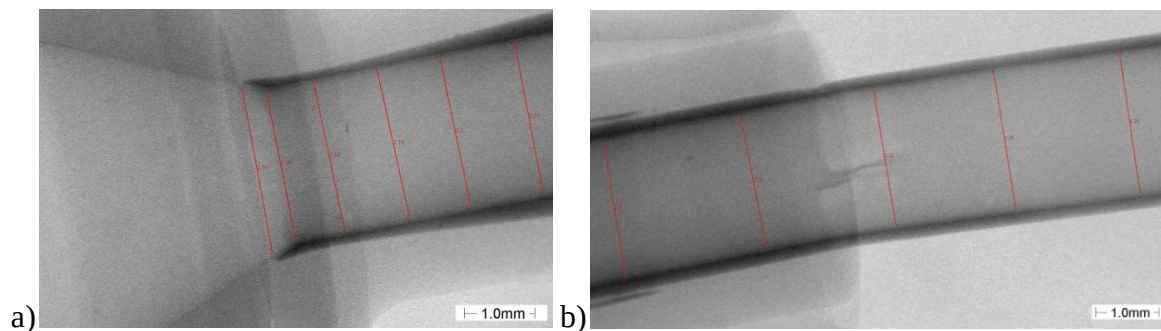


**11. ábra** Az obturátorokról készült sztereomikroszkópos felvételek

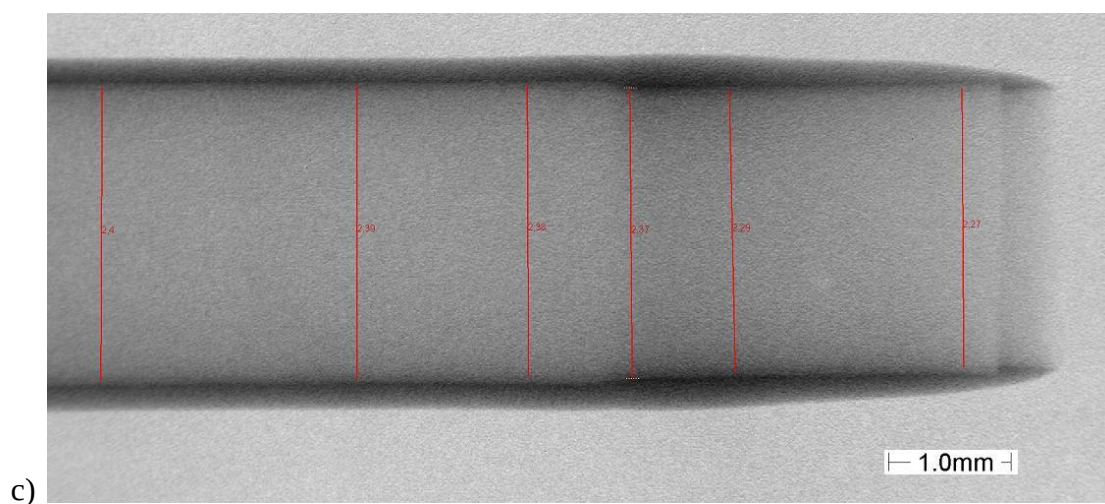
### 7. 1.2. Hüvelyek belső átmérője

A hüvelyek belső átmérőit röntgenfelvételek alapján értékeltük. A hibás és a megfelelő hüvelyek bevezető, középső és kivezető szakaszát vizsgáltuk.

A megfelelő hüvelyről az alábbi felvételeket készítettük, a felvételek alapján számolt átmérőket az alattuk látható táblázat tartalmazza.



| Átmérő (mm) | 2,39 | 2,18 | 2,18 | 2,19 | 2,2 | 2,21 | 2,2 | 2,19 | 2,22 | 2,26 | 2,26 |
|-------------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|
|-------------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|

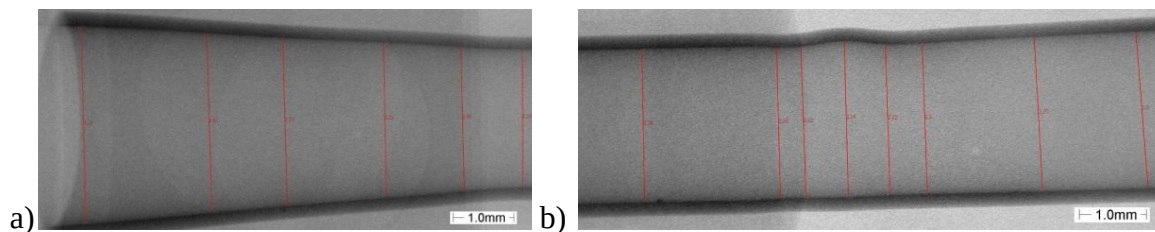


| Átmérő (mm) | 2,40 | 2,39 | 2,38 | 2,37 | 2,29 | 2,27 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
|-------------|------|------|------|------|------|------|

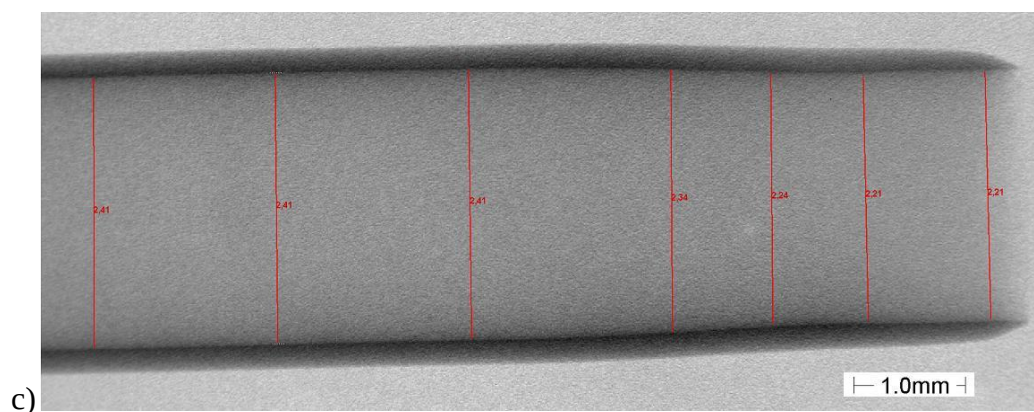
**12. ábra** a megfelelő hüvely röntgenmikroszkópos felvételei és a mért belső átmérők

A megfelelő hüvely mindkét végénél megfigyelhető szűkülés a középső szakaszhoz képest (2,2 mm – 2,4 mm – 2,3 mm)-

A hibás hüvelyről az alábbi felvételeket készítettük, a felvételek alapján számolt átmérőket az alattuk látható táblázat tartalmazza.



|             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Átmérő (mm) | 3,22 | 2,91 | 2,75 | 2,53 | 2,35 | 2,23 | 2,24 | 2,22 | 2,22 | 2,28 | 2,22 | 2,20 | 2,25 | 2,30 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

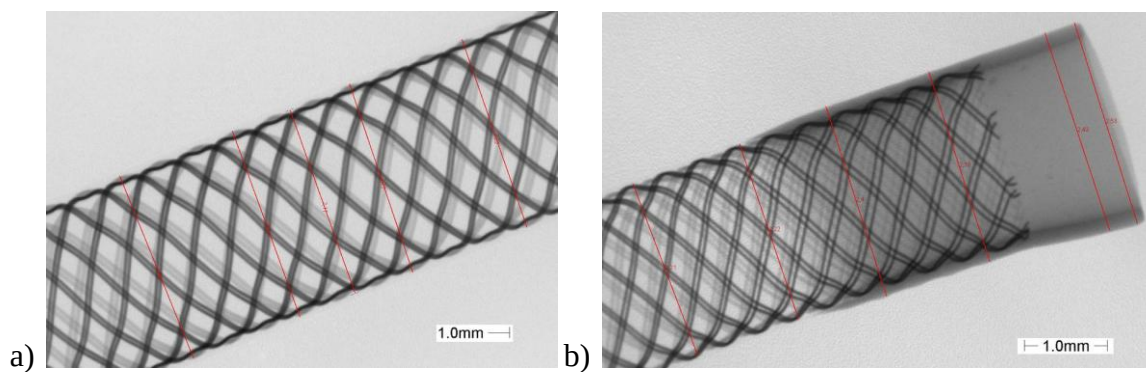


|             |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Átmérő (mm) | 2,41 | 2,41 | 2,41 | 2,34 | 2,24 | 2,21 | 2,21 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|

**13. ábra** A hibás hüvelyről készült röntgenmikroszkópos felvételek és a mért belső átmérők

A rossz hüvely esetében is megfigyelhető a végek belső átmérőinek csökkenése a középső szakaszéhoz képest (2,2 mm – 2,4 mm – 2,2 mm), ebben az esetben viszont a bevezető szakasznál a szűkülő átmérő mellett megfigyelhető egy növekvő átmérőt mutató rész is. Ez a jelenség az ömledéktörés, szintén tipikusan a nem megfelelő extrúzióval előállított termékekre jellemzőek.

A katéterről az alábbi felvételeket készítettük, a felvételek alapján számolt átmérőket az alattuk látható táblázat tartalmazza.



| Átmérő (mm) | 2,17 | 2,19 | 2,21 | 2,22 | 2,22 | 2,21 | 2,22 | 2,40 | 2,39 | 2,49 | 2,53 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

**14. ábra:** A katéterről készült röntgenmikroszkópos felvételek és a mért külső átmérők

A katéter teljes szakaszán az átmérő egyenletes. A röntgensugaras láthatóság érdekében felszerelt végnél nő jelentősen a katéter átmérője (2,2 mm -> 2,5 mm).

## 7. 2. Obturátorok felületi érdessége

A felületi érdességet az obturátorok különböző pontjain vizsgáltuk. A mérések eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. A rossz obturátornak kisebb az átlagos felületi érdessége, mint a jó obturátoroknak.

| (mm)                 | Hibás | Megfelelő 1 | Megfelelő 2 | Megfelelő 3 | Megfelelő 4 |
|----------------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>R<sub>a</sub></b> | 0,41  | 0,45        | 0,44        | 0,48        | 0,47        |
|                      | 0,30  | 0,42        | 0,49        | 0,60        | 0,31        |
|                      | 0,33  | 0,48        | 0,54        | 0,55        | 0,32        |
|                      | 0,29  | 0,41        | 0,53        | 0,58        | 0,29        |
|                      | 0,39  | 0,50        | 0,55        | 0,61        | 0,40        |
| <b>Átlag</b>         | 0,34  | 0,45        | 0,51        | 0,56        | 0,36        |
| <b>Szórás</b>        | 0,05  | 0,04        | 0,05        | 0,05        | 0,07        |

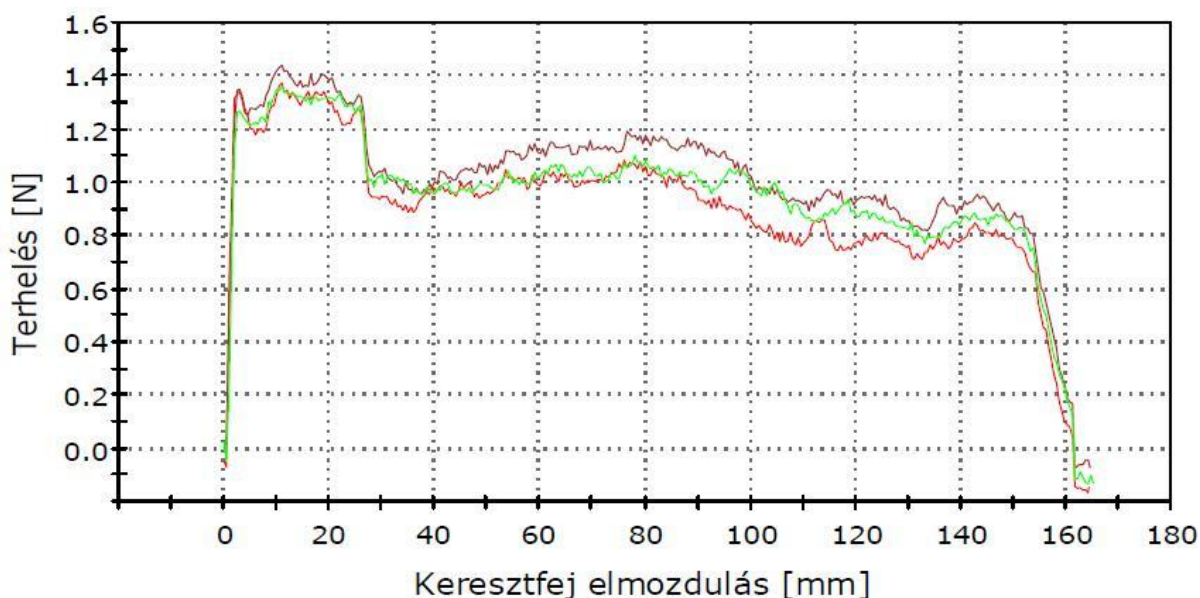
**3. táblázat:** A felületi érdességet az obturátorok különböző pontjain vizsgáltuk.

A mérések eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. A rossz obturátornak kisebb az átlagos felületi érdessége, mint a jó obturátoroknak.

### 7.3. Az eszközök egymásban való mozgásának vizsgálata

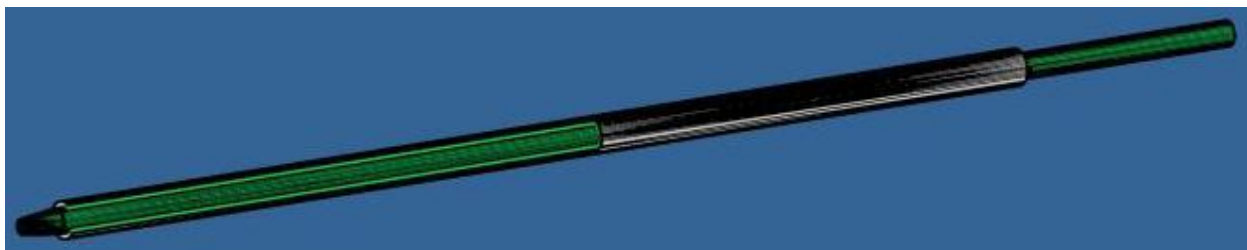
A mérés során először megvizsgáltuk az obturátorok mozgását a hozzájuk tartozó hüvelyekben. Kíváncsiak voltunk mi történik, ha a megfelelő obturátor a hibás hüvelyben illetve ha a hibás obturátor a megfelelő hüvelyben mozog, így ezeket az eseteket is megvizsgáltuk. Végül a katéter mozgását vizsgáltuk a megfelelő és a hibás obturátorokban. Minden esetben legalább három - három mérést végeztünk el.

#### 7.3.1. A megfelelő értágító vizsgálata

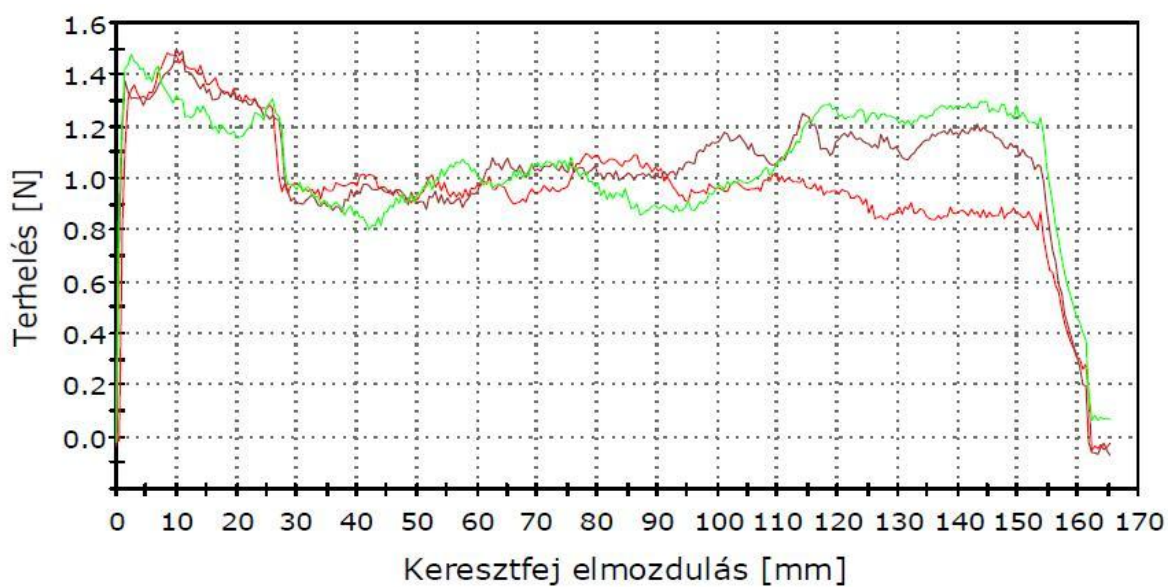


#### 6. diagram: Az 1. megfelelő obturátor mozgása az 1. megfelelő hüvelyben

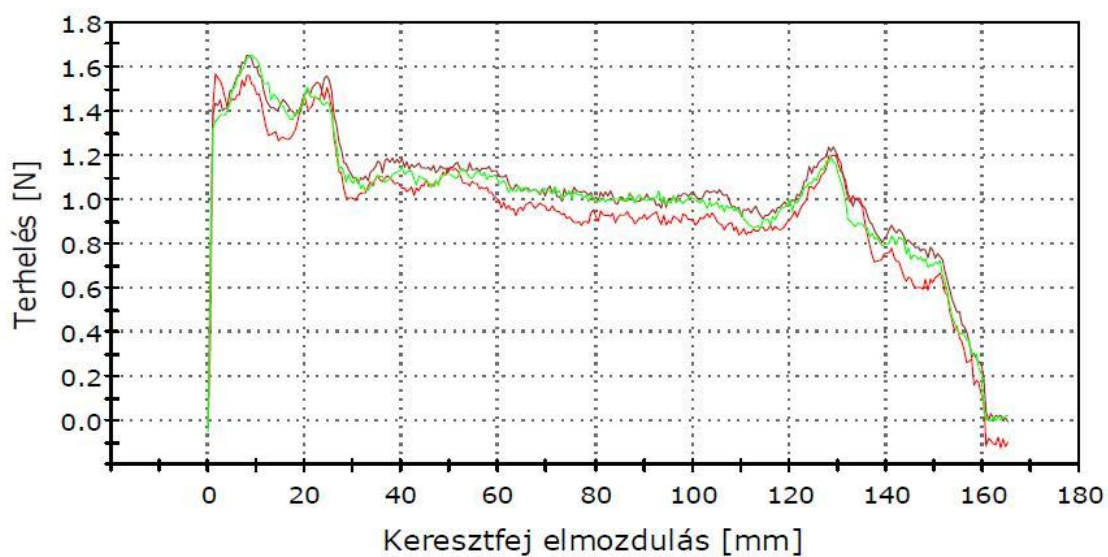
A diagramon jól látszik, hogy a megismételt mérések hasonló eredményt hoznak. 24 mm-nyi húzás után értünk el arra a pontra, amikor az obturátor hegye eléri a hüvely kivezető részét ... ábra. Ekkor terheléscsökkenés figyelhető meg a ...diagramon, mivel itt már lényegében nem ér hozzá az obturátor a hüvely szűkült kivezető részéhez, ezzel a terheléssel a továbbiakban nem kell számolnunk. Ez a jelenség az összes megfelelő obturátor esetében megfigyelhető.



**15. ábra:** Az obturátor pozíciója a hüvelyben: az obturátor hegye eléri a hüvely kivezető szakaszát

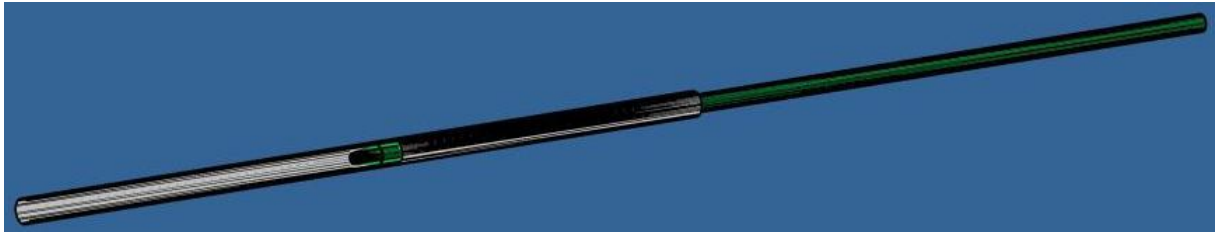


**7. diagram:** A 2. megfelelő obturátor mozgása a 2. megfelelő hüvelyben

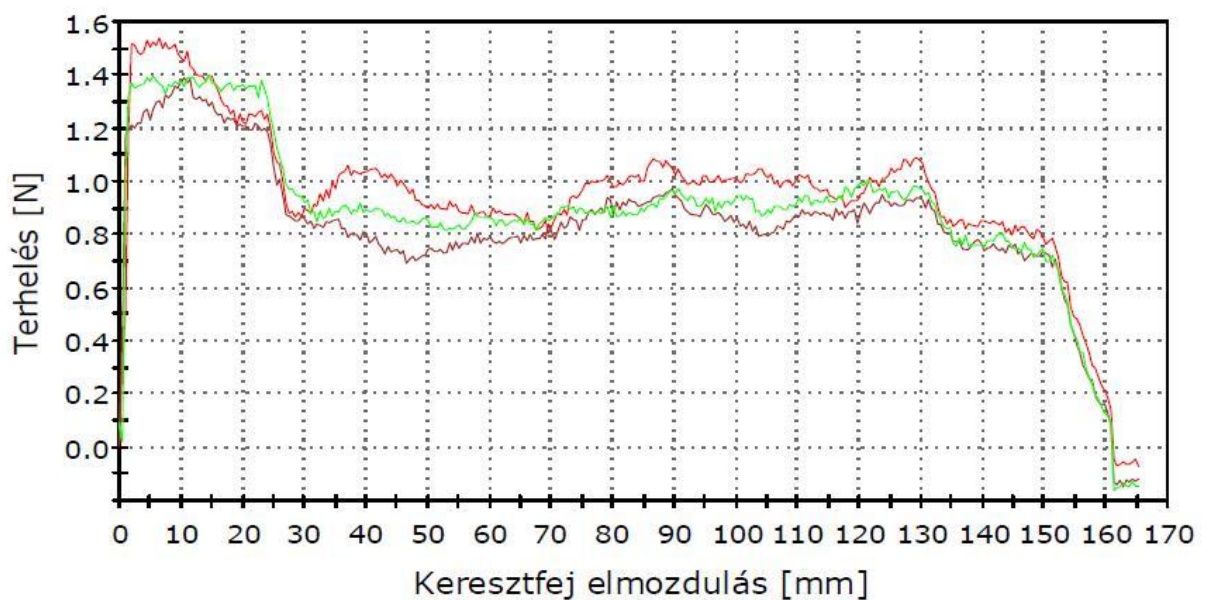


**8. diagram:** A 3. megfelelő obturátor mozgása a 3. megfelelő hüvelyben

A 3-as értágító esetében még egy csúcs jelentkezik, mely 120mm-nyi elmozdulás után kezdődik, és a maximuma 130mm-nyi elmozdulásnál van. Ekkor az obturátor hegye utáni szakasz a hüvely bevezetés felőli szűkült szakaszánál található ... ábra, tehát az obturátor megnövekedett átmérője és a hüvely csökkent belső átmérőjének találkozása okozhatja a lokálisan megnövekedett terhelést.

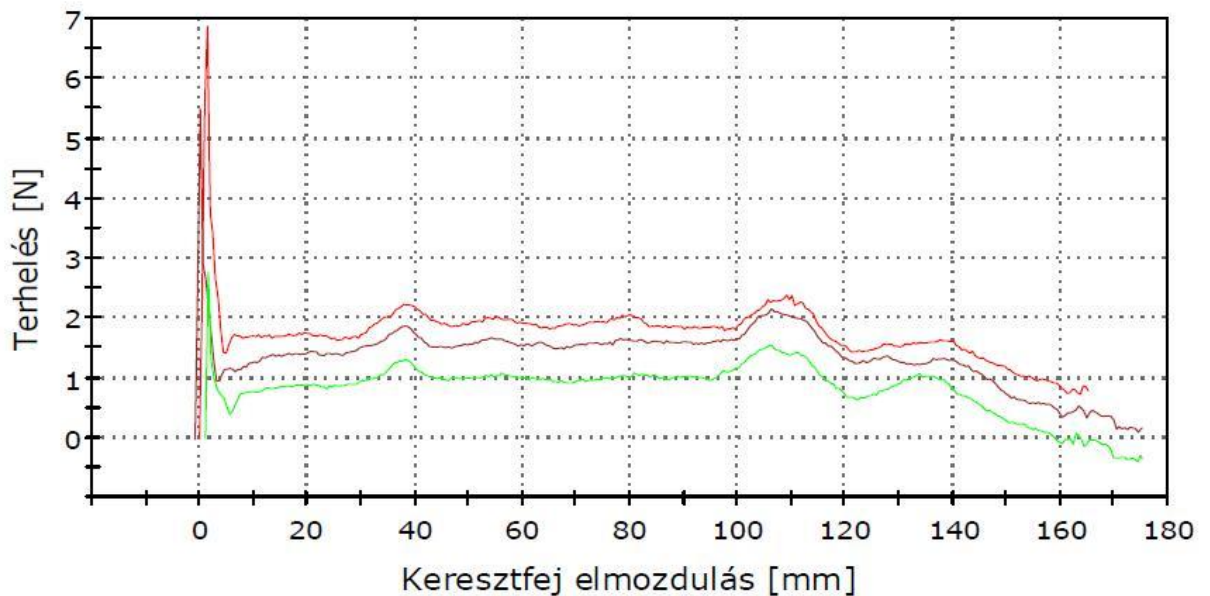


**16. ábra:** Az obturátor pozíciója a hüvelyben: az obturátor hegye eléri a hüvely bevezető szakaszát



**9. diagram:** A 4. megfelelő obturátor mozgása a 4. megfelelő hüvelyben

### 7.3.2. A hibás értágító vizsgálata



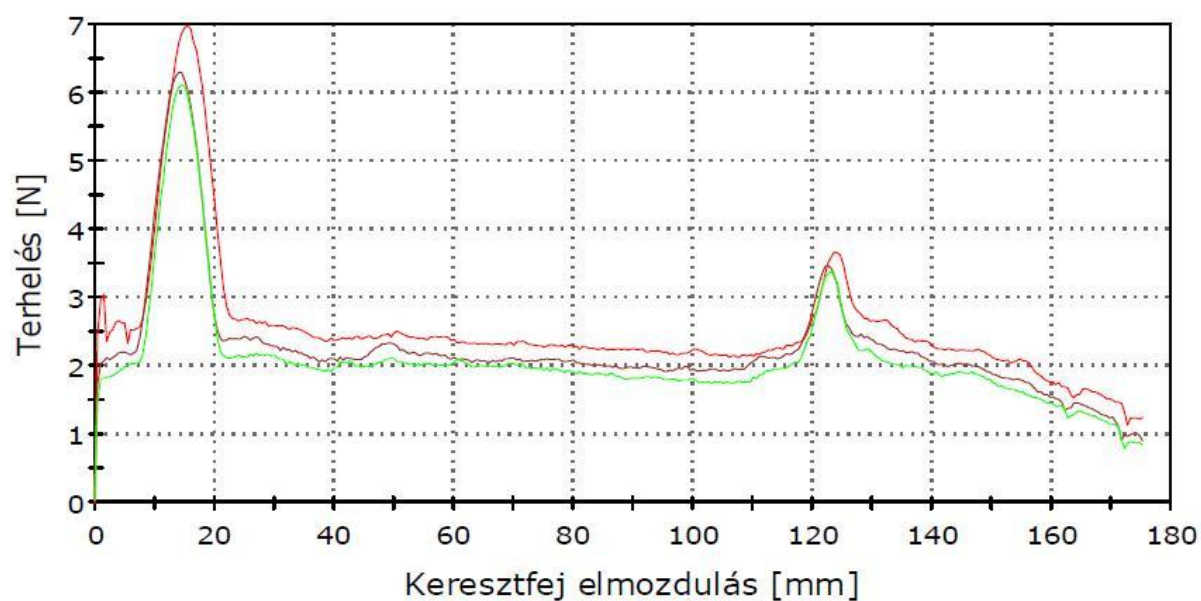
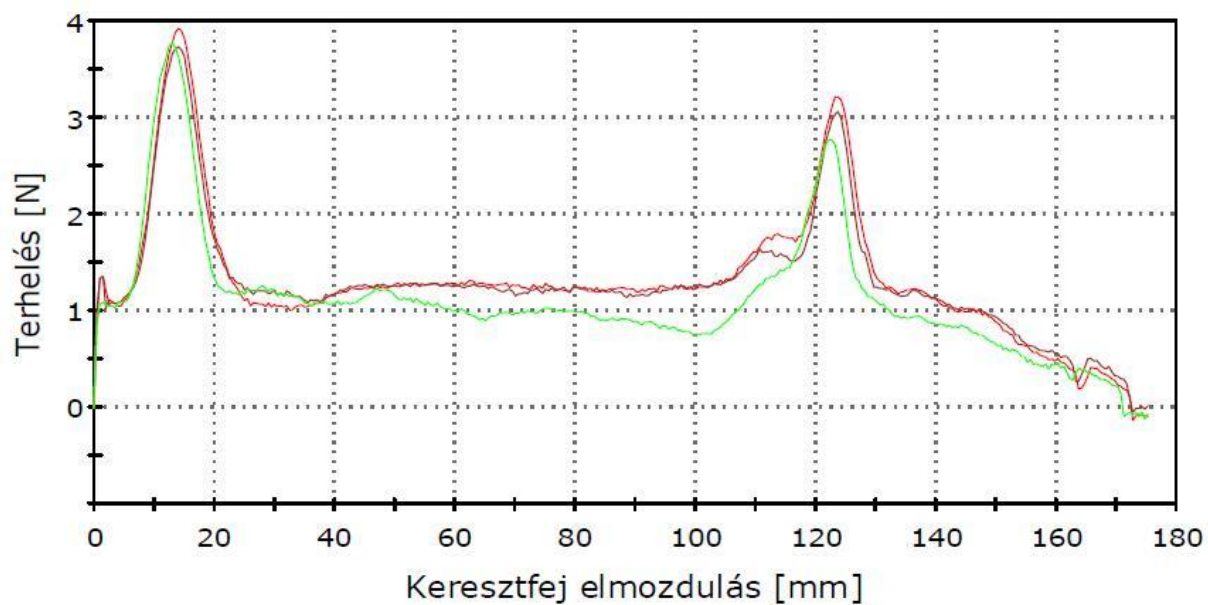
**10. diagram:** A hibás obturátor mozgása a hibás hüvelyben

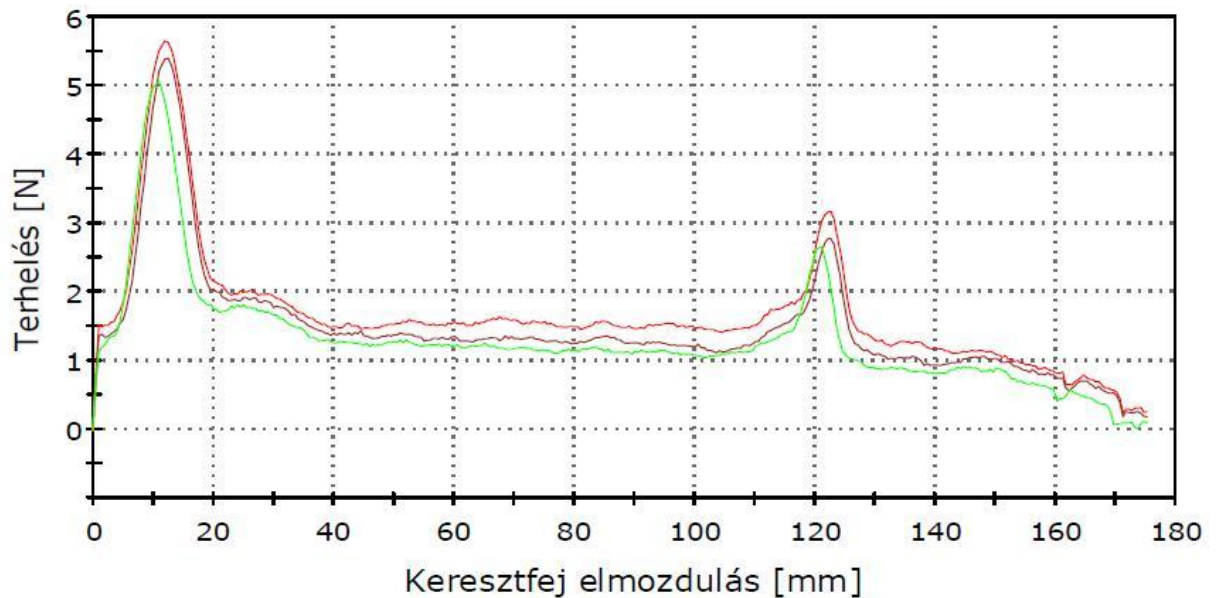
A kezdeti pozícióban az obturátor maximális átmérőjű szakasza található a hüvely csökkentett belső átmérőjű kivezető szakaszánál... ábra. A mérést ebben a pontban indítottuk, a ... diagramon látszik, hogy viszonylag nagy terhelés szükséges a mozgás elindításához. A további mozgatáshoz hasonló terhelés szükséges, mint a megfelelő értágító esetében. Ennél az értágítórendszerrel 100 mm-nyi húzás után jelentkezik a második megnövekedett terhelés, ami a megnagyobbodott obturátor csökkentett belső átmérőjű hüvely bevezető szakaszának elérését jelzi.



**17. ábra:** Az obturátor pozíciója a hüvelyben: alaphelyzet

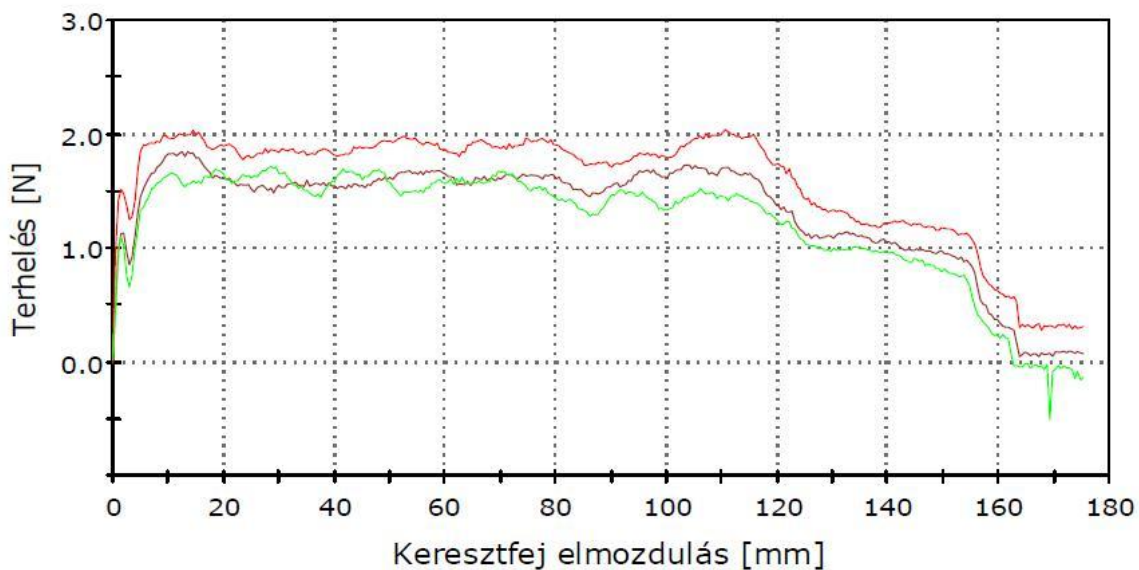
Ezek után vizsgáltuk a hibás obturátor mozgását a megfelelő hüvelyben illetve a megfelelő obturátor mozgását a hibás hüvelyben.





**11. diagram:** Hibás obturátor mozgása a megfelelő hüvelyekben (2-ben, 3-ban, 4-ben)

Tisztán látszik, hogy a hibás obturátor geometriai hibái miatt két nagy terhelésemelkedést eredményez a megfelelő hüvelyben való mozgása során, a már említett pozíciókban. Az 1. megfelelő hüvely eredményeit nem közöltük, mert a mérések során megtört, így sérült állapotában valótlan mérési eredményeket szolgáltatott volna.

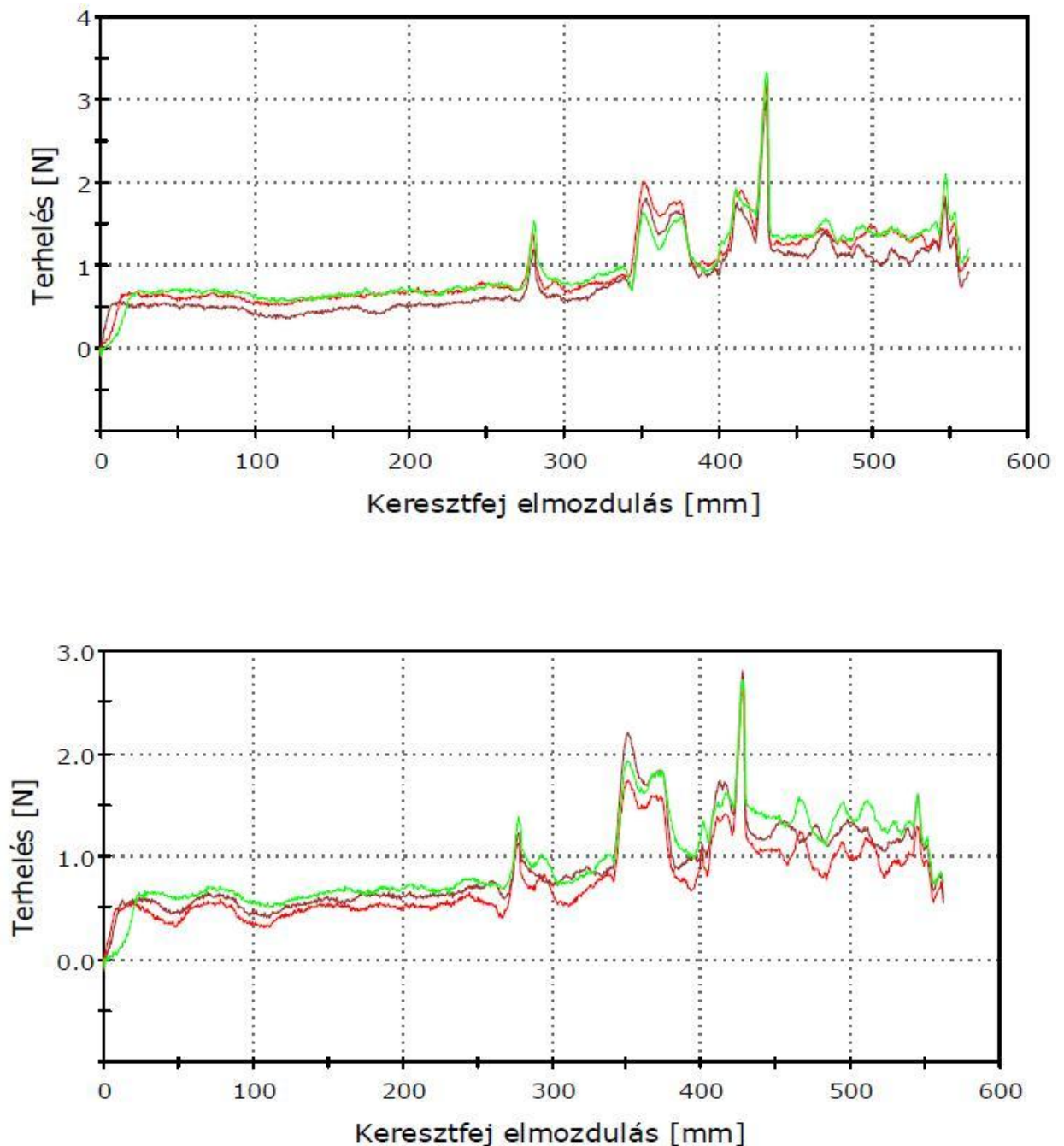


**12. diagram:** A 4. megfelelő obturátor mozgása a hibás hüvelyben.

Hibás obturátor mozgása a megfelelő hüvelyekben (2-ben, 3-ban, 4-ben)

A megfelelő obturátor mozgása a hibás hüvelyben egyenletes terhelés mellett történik.

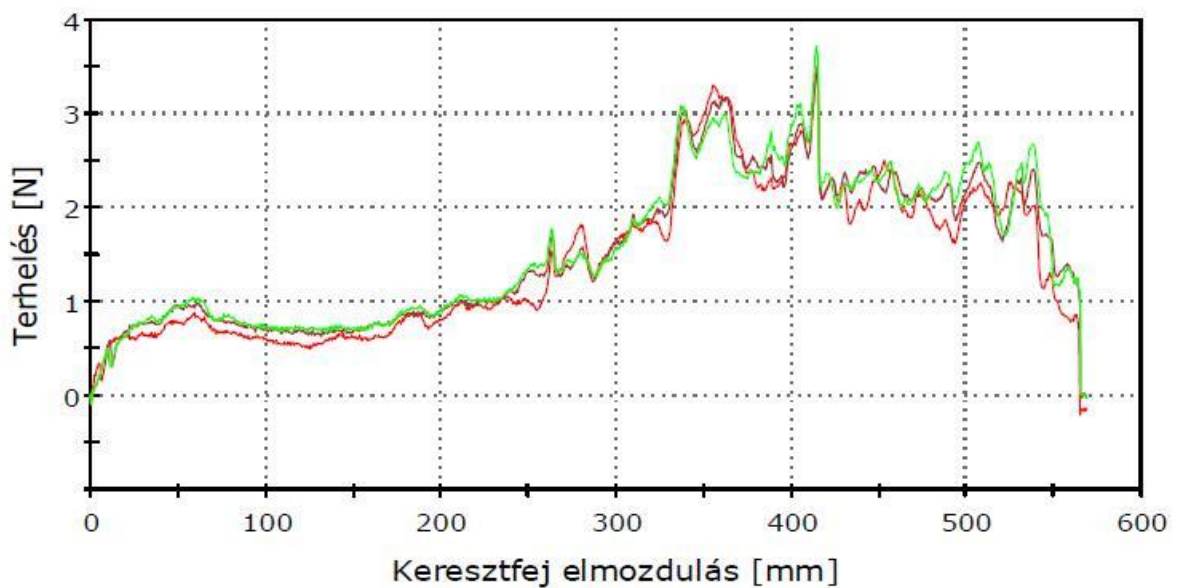
Végül a katéterek mozgását vizsgáltuk a megfelelő illetve a hibás hüvelyben.



**13. diagram:** Katéter mozgása a megfelelő hüvelyben (3-ban és 4-ben)

A 3-as illetve 4-es megfelelő hüvelyben szinte ugyanolyan profilú és terhelésű görbéket kaptunk a katéter mozgása során. 350 mm-nyi elmozdulásnál ér el a katéter megnövekedett

átmérőjű vége a hüvely csökkent belső átmérőjű kivezető szakaszához. Innentől megnövekedett terhelés szükséges az eszközök egymásban való mozgatásához.



**14. diagram:** Katéter mozgása a hibás hüvelyben

A katéter hibáshüvelyben való mozgása során hasonló profilú görbét kapunk, mint a megfelelő hüvelyben való mozgás során. Ebben az esetben is 350 mm-nél jelentkezik a megnövekedett terhelés a már elmondottak alapján. A különbség a mozgatáshoz szükséges terhelésben van: a katéter hibás hüvelyben való mozgatásához körülbelül másfélszer annyi erő szükséges, mint a megfelelő hüvelyben való mozgatáshoz.

## 8. Kiértékelés

Munkánk során bebizonyosodott, hogy a hibás értágítórendszer obturátora és hüvelye is minőségben valóban alul marad a megfelelő értágítórendszerhez képest. A hibás értágítórendszer obturátorának és hüvelyének is voltak problémák a geometriai paramétereivel. Az obturátor hegye után az átlagoshoz képest megnövekedett átmérőjű szakasz jelentkezik, míg a hüvely esetében a kivezető végen csökkent belső átmérő, a bemeneti végen pedig változó belső átmérő figyelhető meg a csökkent belső átmérő mellett. Mindkét eset a gyártási technológia színvonalára vezethető vissza, a nem megfelelő extrúzió során fellépő folyási anomáliák (ömlédektörés, reológiai duzzadás) következményei.

Bár a hibás katéterrendszer kisebb átlagos felületi érdességgel rendelkezik, ami gyengébb tapadást, jobb csúszást sejtet, a szakítógépes vizsgálatok mégsem ezt mutatták. Az eszközök egymásban való mozgása esetén a terhelés mértékét legfőképpen a geometriai paraméterek határozzák meg. Ez a vizsgálatok során kiderült. A hibás obturátor mozgatásához nagyobb erőre volt szükség, mint a megfelelő obturátorához. Emellett a hibás obturátor és hüvely mozgatása megkezdéséhez nagy terhelés szükséges, ami a valóságban mintegy rántásként jelentkezik. Ez a rántás nem kívánatos abban az esetben, ha az értágító már a betegben van, az értágítóval ellátott érszakasz sérülését okozhatja.

A vezetődrót egyenletes átmérővel rendelkezik, kivéve a végét, itt az átmérő növekszik. Ez a hüvelyekben történő mozgatása során terhelésnövekedéssel jár. A hibás hüvelyben való mozgatásához általánosan másfélszer akkor erő szükséges, mint a megfelelő hüvelyben való mozgatásához.

## 9. Összefoglalás

Munkánk célja egy hibás, kereskedelmi forgalomban kapható értágítórendszer hibájának felderítése volt. A probléma az obturátor valamint a már bevált, jó minőségű katéter hüvelyben való mozgása során adódott. A mozgás során eddig – a régen használt, bevált, jó minőségű értágítórendszer esetében – nem tapasztalt akadásokkal, elégtelenségekkel találkoztak az eszközt használó szakemberek. Munkánk menetét ennek tudatában építettük fel.

Munkánk során vizsgáltuk:

- az alkalmazott eszközök geometriai paramétereit, a külső és belső átmérőket
- a felületek homogenitását, hogy nem-e fordul elő rajtuk hiba, sérülés
- a felületek érdességét
- az eszközök egymásban való mozgását, szimulálva a gyakorlatban előforduló problémát.

Az eredmények kiértékelése után kijelenthetjük, hogy a hibás katéterrendszer nem megfelelő geometriai paraméterekkel rendelkezik, ez okozza a gyakorlatban előforduló problémát.

## 10. Hivatkozások

- [1] [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_hosszu/h\\_wdsd001c.html?657](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_hosszu/h_wdsd001c.html?657)  
(2012. 10. 27.)
- [2] Heart Disease and Stroke Statistics-2011 Update : A Report From the American Heart Association, Circulation 123 (2011) e18-e209
- [3] <http://www.mayoclinic.com/health/coronary-artery-disease/DS00064/DSECTION=treatments-and-drugs> (2012. 10. 27.)
- [4] Cordis Johnson&Johnson Sheath Introducer System Instructions for Use
- [5] JH Hong: An easy technique for the removal of a hemodialysis catheter stuck in central veins, Journal of Vascular Access 11 (2010) 59-60
- [6] J Pillarisetti , M Biria, A Balda, N Reddy, L Berenbom, D Lakkireddy: Integrity of vascular access: The story of a broken sheath! Journal of vascular Nurses 27 (2009) 75-77
- [7] Davutoglu VS, Kervancioglu H, Dinckal S: High incidence of occult femoral vein thrombosis related to multiple venous sheaths during electrophysiological studies. Heart 90 (2004) 1061-2
- [8] Fitt G, Kenneth T, Oliver H. Delayed fatal cardiac perforation by an indwelling long introducer sheath following transjugular intrahepatic portocaval stents (TIPS). Cardiovasc Intervent Radiol 16 (1993) 109-10
- [9] Braude BM, McLean JS: Percutaneous sheath introducer shaft-hub disconnection during pulmonary artery catheterization 34 (1987) 220-2

## 11. Függelék

1.sz. táblázat A hibás obturátor átmérőjének változása

| Pozíció | Átmérő (mm) |                        |       | Pozíció | Átmérő (mm) |                        |       |
|---------|-------------|------------------------|-------|---------|-------------|------------------------|-------|
|         | Alaphelyzet | 90fokkal<br>elforgatva | Átlag |         | Alaphelyzet | 90fokkal<br>elforgatva | Átlag |
| 0       | 1,000       | 1,022                  | 1,033 | 85      | 2,053       | 2,057                  | 2,059 |
| 2       | 1,320       | 1,285                  | 1,268 | 88      | 2,044       | 2,057                  | 2,064 |
| 4       | 1,427       | 1,393                  | 1,376 | 92      | 2,040       | 2,053                  | 2,060 |
| 6       | 1,553       | 1,590                  | 1,609 | 95      | 2,035       | 2,044                  | 2,049 |
| 8       | 1,673       | 1,639                  | 1,622 | 98      | 2,040       | 2,044                  | 2,046 |
| 12      | 1,872       | 2,070                  | 2,169 | 102     | 2,048       | 2,040                  | 2,036 |
| 15      | 1,928       | 2,113                  | 2,206 | 105     | 2,040       | 2,031                  | 2,027 |
| 18      | 2,023       | 2,143                  | 2,203 | 108     | 2,040       | 2,031                  | 2,027 |
| 22      | 2,083       | 2,083                  | 2,083 | 112     | 2,057       | 2,040                  | 2,032 |
| 25      | 2,130       | 2,122                  | 2,118 | 115     | 2,057       | 2,040                  | 2,032 |
| 28      | 2,156       | 2,156                  | 2,156 | 118     | 2,048       | 2,035                  | 2,029 |
| 32      | 2,169       | 2,074                  | 2,027 | 122     | 2,035       | 2,035                  | 2,035 |
| 35      | 2,135       | 2,048                  | 2,005 | 125     | 2,044       | 2,027                  | 2,019 |
| 38      | 2,100       | 2,048                  | 2,022 | 128     | 2,040       | 2,023                  | 2,015 |
| 42      | 2,074       | 2,070                  | 2,068 | 132     | 2,044       | 2,035                  | 2,031 |
| 45      | 2,061       | 2,053                  | 2,049 | 135     | 2,044       | 2,035                  | 2,031 |
| 48      | 2,057       | 2,048                  | 2,044 | 138     | 2,053       | 2,027                  | 2,014 |
| 52      | 2,070       | 2,053                  | 2,045 | 142     | 2,044       | 2,040                  | 2,038 |
| 55      | 2,066       | 2,057                  | 2,053 | 145     | 2,035       | 2,044                  | 2,049 |
| 58      | 2,053       | 2,061                  | 2,065 | 148     | 2,027       | 2,040                  | 2,047 |
| 62      | 2,066       | 2,057                  | 2,053 | 152     | 2,031       | 2,027                  | 2,025 |
| 65      | 2,066       | 2,053                  | 2,047 | 155     | 2,027       | 2,023                  | 2,021 |
| 68      | 2,061       | 2,048                  | 2,042 | 158     | 2,014       | 2,027                  | 2,034 |
| 72      | 2,053       | 2,040                  | 2,034 | 160     | 2,023       | 2,040                  | 2,049 |
| 75      | 2,053       | 2,040                  | 2,034 | 162     | 2,023       | 2,035                  | 2,041 |
| 78      | 2,044       | 2,040                  | 2,038 | 163     | 2,010       | 2,023                  | 2,030 |
| 82      | 2,053       | 2,053                  | 2,053 |         |             |                        |       |

2.sz. táblázat Az 1. megfelelő obturátor átmérőjének változása

| Pozíció | Átmérő (mm) |                     |       | Pozíció | Átmérő (mm) |                     |       |
|---------|-------------|---------------------|-------|---------|-------------|---------------------|-------|
|         | Alaphelyzet | 90fokkal elforgatva | Átlag |         | Alaphelyzet | 90fokkal elforgatva | Átlag |
| 0       | 1,272       | 1,341               | 1,307 | 85      | 2,092       | 2,109               | 2,101 |
| 2       | 1,565       | 1,596               | 1,581 | 88      | 2,092       | 2,109               | 2,101 |
| 4       | 1,734       | 1,738               | 1,736 | 92      | 2,083       | 2,096               | 2,090 |
| 6       | 1,876       | 1,919               | 1,898 | 95      | 2,079       | 2,096               | 2,088 |
| 8       | 2,040       | 2,070               | 2,055 | 98      | 2,079       | 2,096               | 2,088 |
| 12      | 2,060       | 2,105               | 2,083 | 102     | 2,083       | 2,109               | 2,096 |
| 15      | 2,074       | 2,109               | 2,092 | 105     | 2,070       | 2,109               | 2,090 |
| 18      | 2,074       | 2,109               | 2,092 | 108     | 2,083       | 2,105               | 2,094 |
| 22      | 2,087       | 2,105               | 2,096 | 112     | 2,079       | 2,096               | 2,088 |
| 25      | 2,087       | 2,109               | 2,098 | 115     | 2,074       | 2,092               | 2,083 |
| 28      | 2,083       | 2,113               | 2,098 | 118     | 2,079       | 2,092               | 2,086 |
| 32      | 2,079       | 2,105               | 2,092 | 122     | 2,087       | 2,109               | 2,098 |
| 35      | 2,079       | 2,105               | 2,092 | 125     | 2,083       | 2,105               | 2,094 |
| 38      | 2,083       | 2,109               | 2,096 | 128     | 2,074       | 2,105               | 2,090 |
| 42      | 2,070       | 2,105               | 2,088 | 132     | 2,079       | 2,105               | 2,092 |
| 45      | 2,074       | 2,109               | 2,092 | 135     | 2,074       | 2,105               | 2,090 |
| 48      | 2,074       | 2,105               | 2,090 | 138     | 2,079       | 2,105               | 2,092 |
| 52      | 2,079       | 2,109               | 2,094 | 142     | 2,092       | 2,092               | 2,092 |
| 55      | 2,083       | 2,109               | 2,096 | 145     | 2,083       | 2,083               | 2,083 |
| 58      | 2,079       | 2,113               | 2,096 | 148     | 2,087       | 2,079               | 2,083 |
| 62      | 2,079       | 2,096               | 2,088 | 152     | 2,092       | 2,105               | 2,099 |
| 65      | 2,079       | 2,100               | 2,090 | 155     | 2,087       | 2,105               | 2,096 |
| 68      | 2,074       | 2,105               | 2,090 | 158     | 2,083       | 2,096               | 2,090 |
| 72      | 2,079       | 2,109               | 2,094 | 160     | 2,044       | 2,061               | 2,053 |
| 75      | 2,079       | 2,105               | 2,092 | 162     | 2,044       | 2,096               | 2,070 |
| 78      | 2,074       | 2,109               | 2,092 | 163     | 2,023       | 2,083               | 2,053 |
| 82      | 2,092       | 2,109               | 2,101 |         |             |                     |       |

3.sz. táblázat Az 2. megfelelő obturátor átmérőjének változása

| Pozíció | Átmérő (mm) |                     |       | Pozíció | Átmérő (mm) |                     |       |
|---------|-------------|---------------------|-------|---------|-------------|---------------------|-------|
|         | Alaphelyzet | 90fokkal elforgatva | Átlag |         | Alaphelyzet | 90fokkal elforgatva | Átlag |
| 0       | 1,285       | 1,315               | 1,300 | 85      | 2,109       | 2,100               | 2,105 |
| 2       | 1,591       | 1,600               | 1,596 | 88      | 2,105       | 2,096               | 2,101 |
| 4       | 1,760       | 1,764               | 1,762 | 92      | 2,105       | 2,096               | 2,101 |
| 6       | 1,928       | 1,923               | 1,926 | 95      | 2,087       | 2,096               | 2,092 |
| 8       | 2,074       | 2,083               | 2,079 | 98      | 2,105       | 2,092               | 2,099 |
| 12      | 2,096       | 2,087               | 2,092 | 102     | 2,109       | 2,105               | 2,107 |
| 15      | 2,113       | 2,096               | 2,105 | 105     | 2,113       | 2,100               | 2,107 |
| 18      | 2,092       | 2,092               | 2,092 | 108     | 2,109       | 2,100               | 2,105 |
| 22      | 2,105       | 2,100               | 2,103 | 112     | 2,100       | 2,105               | 2,103 |
| 25      | 2,105       | 2,100               | 2,103 | 115     | 2,105       | 2,105               | 2,105 |
| 28      | 2,105       | 2,096               | 2,101 | 118     | 2,100       | 2,100               | 2,100 |
| 32      | 2,096       | 2,096               | 2,096 | 122     | 2,100       | 2,109               | 2,105 |
| 35      | 2,100       | 2,109               | 2,105 | 125     | 2,109       | 2,105               | 2,107 |
| 38      | 2,096       | 2,109               | 2,103 | 128     | 2,105       | 2,105               | 2,105 |
| 42      | 2,096       | 2,100               | 2,098 | 132     | 2,092       | 2,109               | 2,101 |
| 45      | 2,100       | 2,096               | 2,098 | 135     | 2,096       | 2,109               | 2,103 |
| 48      | 2,096       | 2,109               | 2,103 | 138     | 2,096       | 2,109               | 2,103 |
| 52      | 2,117       | 2,100               | 2,109 | 142     | 2,105       | 2,117               | 2,111 |
| 55      | 2,109       | 2,105               | 2,107 | 145     | 2,096       | 2,109               | 2,103 |
| 58      | 2,109       | 2,100               | 2,105 | 148     | 2,105       | 2,109               | 2,107 |
| 62      | 2,087       | 2,109               | 2,098 | 152     | 2,096       | 2,113               | 2,105 |
| 65      | 2,092       | 2,113               | 2,103 | 155     | 2,096       | 2,113               | 2,105 |
| 68      | 2,087       | 2,113               | 2,100 | 158     | 2,087       | 2,109               | 2,098 |
| 72      | 2,100       | 2,100               | 2,100 | 160     | 2,057       | 2,092               | 2,075 |
| 75      | 2,096       | 2,100               | 2,098 | 162     | 2,070       | 2,096               | 2,083 |
| 78      | 2,100       | 2,100               | 2,100 | 163     | 2,070       | 2,092               | 2,081 |
| 82      | 2,105       | 2,096               | 2,101 |         |             |                     |       |

4.sz. táblázat Az 3. megfelelő obturátor átmérőjének változása

| Pozíció | Átmérő (mm) |                     |       | Pozíció | Átmérő (mm) |                     |       |
|---------|-------------|---------------------|-------|---------|-------------|---------------------|-------|
|         | Alaphelyzet | 90fokkal elforgatva | Átlag |         | Alaphelyzet | 90fokkal elforgatva | Átlag |
| 0       | 1,333       | 1,350               | 1,342 | 85      | 2,096       | 2,092               | 2,094 |
| 2       | 1,583       | 1,553               | 1,568 | 88      | 2,092       | 2,087               | 2,090 |
| 4       | 1,751       | 1,738               | 1,745 | 92      | 2,092       | 2,087               | 2,090 |
| 6       | 1,915       | 1,906               | 1,911 | 95      | 2,096       | 2,092               | 2,094 |
| 8       | 2,074       | 2,048               | 2,061 | 98      | 2,092       | 2,087               | 2,090 |
| 12      | 2,105       | 2,096               | 2,101 | 102     | 2,100       | 2,087               | 2,094 |
| 15      | 2,096       | 2,092               | 2,094 | 105     | 2,092       | 2,092               | 2,092 |
| 18      | 2,092       | 2,092               | 2,092 | 108     | 2,092       | 2,096               | 2,094 |
| 22      | 2,096       | 2,096               | 2,096 | 112     | 2,087       | 2,096               | 2,092 |
| 25      | 2,096       | 2,105               | 2,101 | 115     | 2,100       | 2,092               | 2,096 |
| 28      | 2,092       | 2,087               | 2,090 | 118     | 2,092       | 2,087               | 2,090 |
| 32      | 2,105       | 2,087               | 2,096 | 122     | 2,096       | 2,092               | 2,094 |
| 35      | 2,100       | 2,100               | 2,100 | 125     | 2,100       | 2,092               | 2,096 |
| 38      | 2,105       | 2,096               | 2,101 | 128     | 2,092       | 2,083               | 2,088 |
| 42      | 2,105       | 2,105               | 2,105 | 132     | 2,092       | 2,100               | 2,096 |
| 45      | 2,092       | 2,100               | 2,096 | 135     | 2,092       | 2,087               | 2,090 |
| 48      | 2,083       | 2,096               | 2,090 | 138     | 2,096       | 2,087               | 2,092 |
| 52      | 2,092       | 2,096               | 2,094 | 142     | 2,100       | 2,092               | 2,096 |
| 55      | 2,100       | 2,096               | 2,098 | 145     | 2,096       | 2,092               | 2,094 |
| 58      | 2,096       | 2,092               | 2,094 | 148     | 2,087       | 2,096               | 2,092 |
| 62      | 2,092       | 2,092               | 2,092 | 152     | 2,117       | 2,100               | 2,109 |
| 65      | 2,092       | 2,087               | 2,090 | 155     | 2,109       | 2,096               | 2,103 |
| 68      | 2,092       | 2,087               | 2,090 | 158     | 2,113       | 2,096               | 2,105 |
| 72      | 2,096       | 2,087               | 2,092 | 160     | 2,092       | 2,066               | 2,079 |
| 75      | 2,092       | 2,100               | 2,096 | 162     | 2,048       | 2,139               | 2,094 |
| 78      | 2,087       | 2,092               | 2,090 | 163     | 2,027       | 2,087               | 2,057 |
| 82      | 2,083       | 2,087               | 2,085 |         |             |                     |       |

5.sz. táblázat Az 4. megfelelő obturátor átmérőjének változása

| Pozíció | Átmérő (mm) |                        |       | Pozíció | Átmérő (mm) |                        |       |
|---------|-------------|------------------------|-------|---------|-------------|------------------------|-------|
|         | Alaphelyzet | 90fokkal<br>elforgatva | Átlag |         | Alaphelyzet | 90fokkal<br>elforgatva | Átlag |
| 0       | 1,285       | 1,294                  | 1,290 | 85      | 2,105       | 2,109                  | 2,107 |
| 2       | 1,600       | 1,583                  | 1,592 | 88      | 2,105       | 2,109                  | 2,107 |
| 4       | 1,742       | 1,738                  | 1,740 | 92      | 2,109       | 2,105                  | 2,107 |
| 6       | 1,898       | 1,902                  | 1,900 | 95      | 2,105       | 2,105                  | 2,105 |
| 8       | 2,048       | 2,040                  | 2,044 | 98      | 2,109       | 2,105                  | 2,107 |
| 12      | 2,100       | 2,087                  | 2,094 | 102     | 2,100       | 2,096                  | 2,098 |
| 15      | 2,105       | 2,083                  | 2,094 | 105     | 2,100       | 2,105                  | 2,103 |
| 18      | 2,109       | 2,092                  | 2,101 | 108     | 2,100       | 2,096                  | 2,098 |
| 22      | 2,105       | 2,100                  | 2,103 | 112     | 2,105       | 2,100                  | 2,103 |
| 25      | 2,105       | 2,096                  | 2,101 | 115     | 2,092       | 2,105                  | 2,099 |
| 28      | 2,100       | 2,100                  | 2,100 | 118     | 2,096       | 2,100                  | 2,098 |
| 32      | 2,096       | 2,096                  | 2,096 | 122     | 2,100       | 2,092                  | 2,096 |
| 35      | 2,096       | 2,100                  | 2,098 | 125     | 2,100       | 2,092                  | 2,096 |
| 38      | 2,096       | 2,092                  | 2,094 | 128     | 2,100       | 2,092                  | 2,096 |
| 42      | 2,109       | 2,100                  | 2,105 | 132     | 2,105       | 2,109                  | 2,107 |
| 45      | 2,113       | 2,092                  | 2,103 | 135     | 2,105       | 2,109                  | 2,107 |
| 48      | 2,113       | 2,100                  | 2,107 | 138     | 2,100       | 2,109                  | 2,105 |
| 52      | 2,096       | 2,087                  | 2,092 | 142     | 2,100       | 2,109                  | 2,105 |
| 55      | 2,100       | 2,096                  | 2,098 | 145     | 2,100       | 2,105                  | 2,103 |
| 58      | 2,100       | 2,100                  | 2,100 | 148     | 2,100       | 2,100                  | 2,100 |
| 62      | 2,100       | 2,100                  | 2,100 | 152     | 2,105       | 2,092                  | 2,099 |
| 65      | 2,100       | 2,100                  | 2,100 | 155     | 2,113       | 2,087                  | 2,100 |
| 68      | 2,100       | 2,096                  | 2,098 | 158     | 2,113       | 2,079                  | 2,096 |
| 72      | 2,109       | 2,109                  | 2,109 | 160     | 2,079       | 2,074                  | 2,077 |
| 75      | 2,109       | 2,105                  | 2,107 | 162     | 2,113       | 2,048                  | 2,081 |
| 78      | 2,105       | 2,105                  | 2,105 | 163     | 2,096       | 2,040                  | 2,068 |
| 82      | 2,109       | 2,105                  | 2,107 |         |             |                        |       |