FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

KOSZORÚÉRSZTENTEK MODELLEZÉSE ÉS SZIMULÁCIÓJA

KOVÁCS Miksa, KÁROLY Dóra, TERDIK Attila, BOGNÁR Eszter

Abstract

Stents play a large part in the treatment of cardiovascular diseases. Physicians experience shows that stents (like every implant in the human body) after a period of time may undergo undesirable processes that cause restenosis. If engineers are able to design implants from better material or with a different geometry it may reduce the likelihood of restenosis. During our work we made several original and simplified 3D-models of stents. We performed static examinations on the models with finite element simulations. We investigated the position and geometry of the joints between the stent's rings together with effect the strut sizes has on the static property of stents. From the results we can infer the in vivo behaviour of the stents and give suggestions to designing a better stent pattern.

Key words:

Stent, modelling, stent pattern, finite element simulation

Összefoglalás

A kardiovaszkuláris betegségek kezelésében nagy szerepet kaptak a sztentek. Az orvosok azt tapasztalják, hogy - mint minden, szervezetbe ültetett implantátum, - idővel egy sztent is nem kívánatos folyamatokat indukál, amely az ér újraszűkülését eredményezi. Ez jobb alapanyaggal vagy geometriával csökkenthető lenne, amelyek megtervezése már mérnöki feladat. Munkánk során elkészítettük több sztent eredeti és egyszerűsített térbeli modelljét. A modelleken statikai vizsgálatokat végeztünk végelelemes szimulációk segítségével. Vizsgáltuk a sztentek gyűrűit összekötő hidak elhelyezkedésének és geometriájának, valamint a bordák méreteinek hatásait a sztent statikai tulajdonságaira. Az eredményekből következtethetünk a sztentek in vivo viselkedésére és javaslatokat adhatunk egy jobb sztentmintázat kialakítására.

Kulcsszavak:

Sztent, modellezés, sztentmintázat, véges elemes szimuláció

1. Bevezetés

Ha szívünkben elhal egy nagyobb darab, a fennmaradó rész képtelen átvenni a kiesett hányad munkáját, így teljesítőképessége gyengül, és nem tudja megfelelő mennyiségű oxigénnel ellátni a szervezetet. A szívvelhalást okozó infarktus azonban megelőzhető, ahogyan a létrejöttéhez vezető egyéb szív- és érrendszeri betegségek, így a szívkoszorúér-betegség is. Mivel az életmód és az egészségügy változása lassú folyamat, így a leghatékonyabb megoldás az orvosi eszközök fejlesztése, amelyekkel számos tragikus kimenetelű megbetegedés elkerülhető. Tekintve, hogy az említett megbetegedések esetében nagy segítséget jelent a sztentbeültetés, az ezzel kapcsolatos kutató-fejlesztő tevékenység rendkívül fontos [1,2].

Az in vivo és in vitro kísérletek nehezen kivitelezhetők, ezért a végesselemes vizsgálatok segíthetnek a sztentek viselkedésének értékelésében. Kutatásunk első felében az ezekhez szükséges modellek készítését tűztük ki célul. A szimulációk alapján összehasonlíthatók a sztentmintázatok, javaslat adható a legjobb sztentgeometria kiválasztására, ezen kívül segíthetnek a már létező sztentek tulajdonságainak javításában, vagy akár új sztentmintázatok kialakításában [3].

2. Modellek

Összesen 7 eredeti és 6 egyszerűsített modellt terveztünk meg a SolidWorks program lemezalkatrészek készítésére alkalmas funkciójával. Az eredeti sztentek alapján készült modelleket a síkba leképezett sztentmintázat alapján készítettük el (1. ábra). A méretezésnél a mikroszkóppal készült képek alapján lemért és kiértékelt méreteket vettük alapul. A befogó méretek meghatározása után elkészítettük a sztentek egyszerűsített hálóját és modelljét. Az 1. ábrán egy 3×12 mm-es PtCr anyagú (C) jelű sztent eredeti modellje látható.

1. ábra. Balra: az eredeti sztent, Középen: a 2D-ba leképezett sztentmintázat, Jobbra: az elkészített sztentmodell

3. Szimulációk

Az elkészített sztent modelleken végesselemes szimulációkat végeztünk a SolidWorks szimulációs modulja segítségével. Bemenő adatként két különböző anyagot adtunk meg. Az egyik a programba integrált 316 korrózióálló acél, a másik pedig egy általunk választott L605 kobalt-króm ötvözet.

A szimulációk során a sztentek első gyűrűjét teljes egészében fixnek tekintettük, és az ehhez képest legtávolabb levő gyűrű egyik bordapárjára adtunk egy 0,05N nagyságú pontszerű erőt, majd a vizsgálatot minden bordapárral elvégeztük mindkét anyag esetében. A modelleken statikai vizsgálatokat végeztünk, melyek során meghatározható a terhelés hatására a sztentben ébredő

feszültség, az elmozdulás és a nyúlás. Jelen munka keretei között ezek közül alapvetően elmozdulás értékekkel foglalkozunk.

4. Eredmények

4.1 Hidak elhelyezkedésének hatása

A sztenteket geometriájuk alapján a vizsgálatunk szempontjából két csoportra oszthatjuk aszerint, hogy a befogás és a terhelés helyét felcserélve azonosan viselkednek-e. Ez a gyűrűk közti hidak elhelyezkedésétől függ. Abban a csoportban, ahol a sztentek terhelésre adott válasza eltérő a helytől függően, a szimulációkat a modellek mindkét végén külön elvégeztük, és ebből számítottunk átlagos elmozdulás értéket a két végre. Ezek alapján elmondható, hogy a sztentek különböző végére adott terhelés esetén az elmozdulások mértéke határozottan elválasztható.

(C) sztent esetében is látszik, mennyire fontos a hidak helyzete a sztenten belül. A 2. ábra mutatja a 4. és a 7. bordapárra adott erő hatására fellépő elmozdulások közti különbséget. A sztent nyomott oldalán levő hidak elhelyezkedésétől függően változik a lehajlás mértéke. Minél nagyobb az elmozdulások relatív szórása, annál valószínűbb, hogy a sztentre ható erő irányától függően változik az elmozdulás. Tehát a gyűrűk közti hidak elhelyezésénél előnyösebb az elcsúsztatott elrendezés alkalmazása, mivel így módon nem áll elő egy bizonyos irányba nagymértékű lehajlás.

2. ábra. (C) sztent lehajlása balra a 4. bordapárra, és jobbra a 7. bordapárra adott erővel

4.2 Hidak geometriájának hatása

A hajlékonyság szempontjából a hidaknak fontos szerepük van. A legnagyobb feszültség minden esetben a sztentek hídjaiban és a hidak és gyűrűk kapcsolatánál ébred. Érdekes külön a hidakat modellezni és ezeket vizsgálni a hidak geometriáját és darabszámát változtatva. Előzetesen úgy véljük, hogy két gyűrű között legalább három „S” alakú híd lenne megfelelő, mivel így a sztent tágulása során nem rövidülne (3. ábra).

3. ábra. „S” alakú híd

4.3 Bordák méreteinek hatásai

Vizsgáltuk, hogy a bordák méreteinek változtatása milyen hatással van a mechanikai tulajdonságokra. Kisebb bordaszélesség és bordavastagság esetén az elmozdulás nagyobb, így a sztent hajlékonyabb. Fémmel fedett felülete viszont kisebb, melynek következtében az ér visszaszűkülésének valószínűsége is kisebb. Fentiekből következtetve azt feltételezhetjük, hogy optimális sztent elérése érdekében nagyobb rugalmassági modulusú alapanyag használata és kisebb bordaméretetek kialakítása célszerű. A bordaszélesség túlzott csökkentése viszont nem ajánlott, mivel ekkor a sztent nem tud ellenállni az érfal nyomásának és összeeshet.

5. Összefoglalás

A kiterített sztentmintázatok alapján elkészítettünk 7 eredeti sztent alapján készült és 6 egyszerűsített térbeli sztentmodellt. Ezeken összesen 254 végeselemes szimulációt végeztünk el. A sztentek mintázata nagyban befolyásolja több funkcionális tulajdonságukat is, ezeket vizsgáltuk. A szimulációs eredmények segítségével több javaslatot adtunk egy optimális sztentgeometria kialakítására.

Jelen munka időbeli korlátjai miatt mindenképpen indokolt a kutatás további folytatása, melyhez ezek az eredmények megfelelő kiindulási alapot nyújtanak. A továbblépés lehetséges iránya egy innovatív szemléletű sztent kialakításának megalapozása lehet.

Irodalom

- [1] Farkas Cs: *Szív és érrendszeri betegségek – Életmentő megelőzés*, Élet és tudomány, 2008 november
- [2] Bognár E: *Koszorúérszterek passzív és aktív bevonatai és bevonatolási technológiái*, BME GPK PhD értekezés, 2009
- [3] Migliaiavacca_F. és mások: *Mechanical behavior of coronary stents investigated through the finite element method*, Journal of Biomechanics, Jun;35(6):803-11, 2002

Kovács Miksa, Károly Dóra, Terdik Attila, hallgatók

Dr. Bognár Eszter, egyetemi adjunktus

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Bertalan L. u. 7. MT épület

Telefon / fax: +361-463-1234 / +361-463-1366

E-mail: matsci@eik.bme.hu