



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

TESTFOLYADÉKOT SZÁLLÍTÓ RENDSZER EGYENIRÁNYÍTÓ SZELEPÉNEK KIFEJLESZTÉSE

Turkevi-Nagy Nándor

1. Bevezetés

Egyes emberi májbetegségek krónikus következményeként a hasi szövetek között összegyűlik egy tápanyagban gazdag folyadék - az úgynevezett ascites - amely a működési elégtelenség miatt nem tud a véráramba jutni. A további problémák (felpuffadás, stb.) elkerülésére két lehetőség kínálkozik. Egyik esetben a felgyűlt hasi folyadékot leszívják, ám ekkor a tápanyag a szervezetből elvész s azt más módon kell pótolni - leginkább infúziós táplálás segítségével, ami viszont mozgáskorlátozottsággal és egyéb hátrányokkal jár. Másik megoldás az ascites véráramba juttatása művi úton, segédberendezések felhasználásával. Ez mindenféleképpen előnyösebb, főként akkor, ha a segédberendezés olyan im-plantátum, amely szervezeten belülről ültethető s így nem jelent semmilyen akadályoztatást a beteg számára.

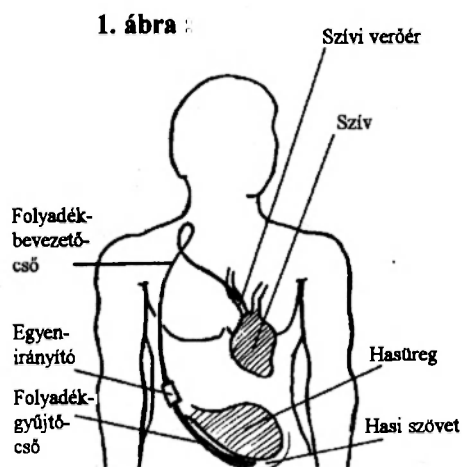
2. Konstruktív probléma

A második megoldás az orvostudomány szerint is optimálisabb, ezért szükség volt egy alkalmas implantátum-rendszer előállítására. A jelenleg "beépítésre" kerülő berendezés elhelyezkedése és elemei az 1. ábrán láthatók. Az implantátumnak két kritikus helye van. Egyik a szív verőérébe befutó csővég kialakítása. Másik a folyadék egyenirányítását szolgáló szelep. Mindkettő esetében a biztonságos, magas élettartamú működést szolgáló konstrukció kialakítása a feladat, amelynél figyelemmel kell lenni az áramló közeg speciális tulajdonságaira és a környezet (vagyis az emberi test) sajátosságaira. Kutatócsoportunk - melynek tagjai a szerző mellett a következők : Dr. Nagy József prof., egy. tan. (BME, Vegyészm. Kar, Szervetlen Kémia Tsz.) ; Satori Gyula okl. vill. mérn. (Medakku Műszeripari Rt.) ; Valenta László okl. gép. mérn., doktorandusz hallg. (BME, FOT) - az egyenirányító szelep fejlesztését, szükség esetén megújítását tűzte ki célul, mivel a Magyarországon forgalomban lévő egyenirányítók vagy importból beszerzett drága darabok, vagy a Medakku által gyártott kevésbé megbízható Le-Veen típusú konstrukcióra épülő termékek.

Elsőként a szeleppel szemben támasztott követelmények listáját állítottuk össze. Az ascites sajátos tulajdonságairól és a kialakítási elvekről a SOTE egyik sebészorvosától kaptunk információkat. A folyadék egy olyan elektro-negatív töltésű, tojásfehérje-szerű elegy, amelyben szerves polimerszálak, ún. fibrinszálak úszkálnak, melyek ráadásul igen nagy intenzitással kiválni s más szálacsakkal polimerizálódni igyekeznek. Ez eltömítődést okozhat - ami persze nem megengedhető -, ezért a geometriai kialakításnál kerülni kell az éles sarkokat, kanyarokat, a turbulenciát és lassulást okozó részeket, valamint az áramlás útjába helyezett bordák alkalmazását. Fontos továbbá az, hogy a folyadékkal érintkező felületek nagyon kis felületi érdességűek és hidrofób tulajdonságúak legyenek - szintén a kiválás ellen. Elengedhetetlen a szövetbarát szerkezeti anyagok alkalmazása is. Törekedni kell a méretek csökkentésére és az egyenirányító záróirányú biztonságosságára.

3. Konstrukció módosítás

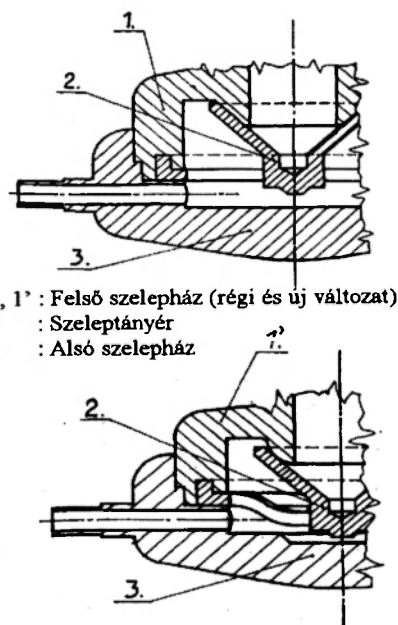
Mindezek fényében kezdetként a kutatásban érdekelt cég termékét vizsgáltuk meg. Megállapítottuk, hogy a hibás zárásért a merev anyagra alapozott konstrukció rugalmas szilikongumira való átültetése felelős. Módosító javaslataink - amelyeket a 2. ábra szemléltet - a következők voltak : kis mértékben előfeszített szeleptányér beépítés, zárófelületpár cseréje belső-kúp - külső-gömb felület párosítására, valamint a tányérkarima felfekvését adó síkot kialakító prészserszám-felület kijavítása.



Végző következtetésünk fentiek után is az volt, hogy ez a típus nem alkalmazkodik kedvezően a követelményekhez, mivel alapvetően erősen töri az áramlás irányát, s a záróidom tartóbordái jó lehe-tőséget nyújtanak a fehérjekiválásnak. Ebből következően tehát szükséges egy új típus kifejlesztése, melyhez neki is láttunk.

4. Fejlesztés

A fejlesztési munka kezdetét a hasonló területeken alkalmazott egyenirányítási megoldások átnézése és a felsorolt kívánalmak szerinti kritikával való ellátásuk jelentette. Ebben a fázisban újszerű működési elvet kerestünk, s tapasztalatokat is gyűjtöttünk. Segítségünkre végül egy, a természet által megalkotott rendszer volt. Ez pedig az emberi szervezetben a vér egyenirányítására kialakult billentyűs-“szelep”, amely megtalálható a vénában (vénabillentyűk), de akár a szívben is (a szív aorta-billentyűi). Innen merítve ötletet, több megvalósítási lehetőség is felmerült, amelyek közül a csapat kiválasztott egyet - s ezt a 3. ábra mutatja. A szelepkonstrukciót mi is szilikongumi anyagra alapoztuk, törekvésünk pedig az volt, hogy az anyag rugalmas tulajdonságait, kifáradással szembeni ellenállóságát kihasználjuk - és ne elmozduló alkatrészekkel dolgozzunk. A kijelölt változat ehhez a szemlélethez nagyszerűen alkalmazkodik, így bár jelentős mértékű geometriai egyszerűsítéssel, de prototípusként el is készülhetett, miután a szükséges prés-szerszámot legyártattuk .

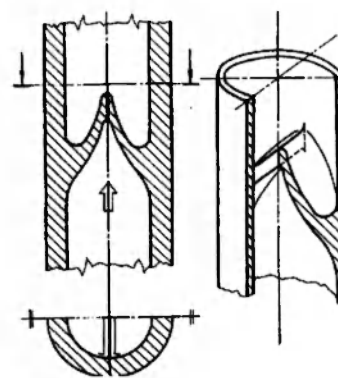


2. ábra
(Le-Veen típusú egyenirányító szelep)

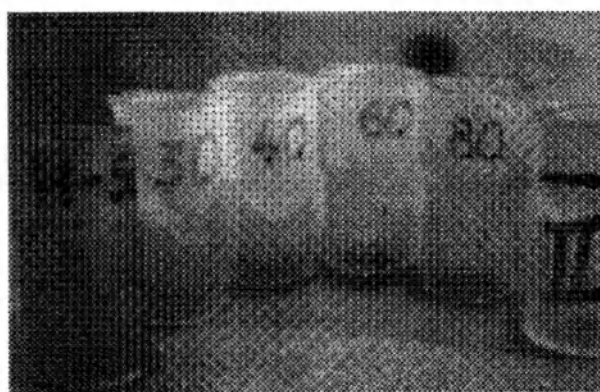
5. Prototípusgyártás

Bemutatom a szelepek kisüzemi gyártási eljárását is, amelyet a kezdeti darabok előállításánál mi is alkalmaztunk. Elsőként a nyers szilikongumi-pasztát (mely a klórszilán-kaucsukok közül az egykomponensű, melegen vulkanizálódó gyanták (=MVK) csoportjába tartozik) hengerszéken át kell gyúrni. Miután a prészserszám aktív felületeit megtisztítjuk, a kimért mennyiségű nyersanyag betölthető - lehetőleg légzárványmentesen. Ezt követően az alakadás és szilárdítás a présgép felfűtött nyomólapjai között, 140°C-on történik, jelen méretek esetén kb.15 percen át. A teljes kiterhálósodás a kemencében, 160°C-on az utóvulkanizálás során jön létre, kb. 1 óra alatt.

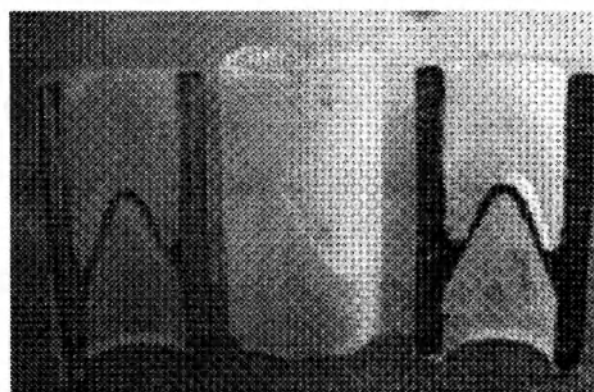
A prósszerszám lehetőségeihez mérten sokféle szelepvariánst készítettünk, hogy ezek közül a legoptimálisabb paraméterekkel rendelkezőt kiválaszthassuk. Ennek megfelelően gyártottunk többféle keménységű szilikongumiból (4. ábra) valamint eltérő utóvulkanizációs idővel - bár ez utóbbinak a tapasztalatok szerint nincs jelentős befolyása - darabokat. Változtattunk a bennfoglaló cső átmérőjén is. (A szelepgeometria módosításához már új prósszerszám kellene, ám gazdasági korlátokhoz is alkalmazkodni kell.) Végül legkedvezőbbnek az összehasonlító mérésekhez a 40 Shore-A keménységű, vastagfalú variáció tűnt (5. és 6. ábra). Mérésekre pedig szükség volt, hiszen az új konstrukció jellemző paramétereit (zárási biztonságosság, nyitáshoz szükséges nyomás-különbség, valamint a közepes nyomáskülönbségnél átengedett térfogat-áram) ismerni kell, hogy összevethető legyen a korábbi megoldásokkal. Súlyozottan indokolt ez amiatt is, mert a billentyűk közötti rés manuálisan, szike segítségével készül, ami - bár pontosan illeszkedő zárófelületpárt eredményez, - nem éppen rekonstruálható eredményt hoz.



3. ábra



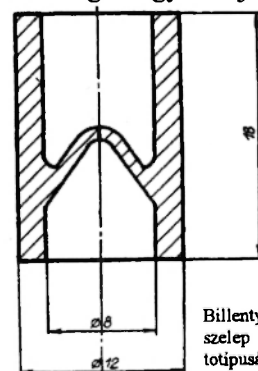
4. ábra



5. ábra

6. Mérések

Elsődlegesen a zárás tökéletességéről győződünk meg. Az új típus ebből a szempontból kiváló, ugyanis még 10 vízszlopméter nyomásterhelés hatására sem ereszt át záróirányban, de visszaszivárgás sem tapasztalható a jó minőségben kialakított rés esetén. A nyitónyomáskülönbség megállapításához eleinte levegőközeggel, finomnyomásmérő berendezésekkel fogtunk hozzá. Megfigyeltük, hogy a levegős és folyadékos (vizes) mérések igen eltérő eredményeket mutatnak, s ezt a közegek egyes sajátos tulajdonságainak tudtuk be (többek között pl. a jelen méretek mellett folyadékoknál nagy szerepet játszó felületi feszültségnek). Következésképpen a továbbiakban a valós viszonyokat jobban közelítő vizes mérést alkalmaztunk. Ennek lényege a következő : adott vízszintkülönbségek (amelyek a tartályszint és az abból kivezető, összeépített implantátumrendszer (7. ábra) kifolyópontja között mérhető) hatására a kifolyó térfogatáramokat regisztráltuk. A mérést az importból beszerezhető, de a jelenleg legkedvezőbb felépítésű Denver-szeleppel is elvégeztük, az eredményeket összehasonlítottuk. Megállapíthattuk, hogy az új típusú szelep még nem rendelkezik olyan jó paraméterekkel, mint a mintául választott Denver-szelep. Ám a már korábban említetteknek megfelelően a vizsgált kialakítás csak egy durva geometriai megközelítése az ötletnek, ami azt is jelenti, hogy célzott konstrukciós finomításokkal sokat lehet javítani ezen a megoldáson.



6. ábra

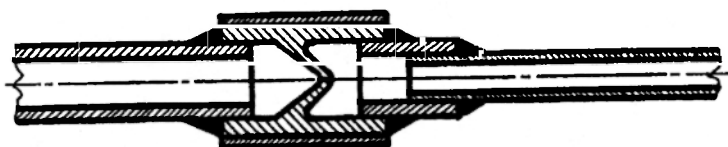
Billentyűs szelep prototípusának keresztmetszete.

7. Modellezés

Az újabb és újabb változatokhoz - mint azt már említettem - költséges lenne a szerszámokat legyártani; főként, hogy a nem megfelelő variációk szerszámai pár próbadarab elkészítése után selejtté válnának. Ennek elkerülésére a rendszer modellezése nyújt lehetőséget. Mi a feladat bonyolultsága miatt az egyre több tudományterületen alkalmazott végeselem-módszert használhattuk volna fel. Ám a gépészeti szempontból viszonylag új szilikonpolimerek mechanikai tulajdonságait leíró anyagjellemzők nem állnak rendelkezésre. Emiatt a "felépített" testmodellen és a közelítő terhelési és megfogási állapottal, valamint egy fiktív anyagtörvénnyel végzett számítás csak jellegében - nem pedig értékeiben - helyes végeredményt hozhatott. Ezek után a csapat meghatározhatta az előrehaladáshoz szükséges jövőbeni lépéseket.

8. További lépések

A munkálatok tanulsága alapján több szükséges módosítási irány is felmerült. Egyik legjelentősebb kérdés az, hogy a billentyűzet az újabb lépéseknél továbbra is utólagos felvágással váljék nyithatóvá, vagy eleve réssel történjék a gyártás. Ez utóbbi esetben a megfelelő zárás biztosításához valamilyen előfeszítési megoldás is szükséges lenne, amely persze egyszerűen megvalósítható, sőt jó beszabályozhatóságot eredményez.



Méréshez összeépített billentyűs egyenirányító (A szeleptestet kívülről fém csővel van merevítve, hogy külső erőhatások ne okozhassanak deformációt és ne befolyásolhassák az eredményeket)

az is, hogy a szelepegometria milyen módon fejlesztendő tovább. Ebben a kérdésben figyelembe kell venni a már összefoglalt speciális követelményrendszert, és a gyártási eljárásunk korlátait is. A kidolgozás során gondolni kell a szelep tokozásának szükségességére is, mivel a beteg mozgása során fellépő erőhatások

akár meg is akadályozhatják azt funkciójának ellátásában. Tokozásra már születtek tervek. A tok kialakításánál fontos szempont a műtét közbeni szerelhetőség, mivel ott kell a kimenő csövet a páciens méretéhez szabni. A szilikongumi anyagvizsgálatai is megkezdődtek, amely eredményeivel a modellezés már fontos szerephez juthat.

Megfelelő minőségű végtermék kialakítása esetén pedig elmondhatjuk, hogy a tudomány megint az emberiség javát szolgálhatta.

Turkevi-Nagy Nándor / diplomázó egyetemi hallgató, demonstrátor, BME Gépészmérnöki kar,
V. évf. 504 tk. / BME-FOT Budapest, 1111 Egri József u. 1. E.ép. 3.em. 1.sz

Tel:(..36-1) 463-26-02 / Fax: (..36-1) 463-37-87