

Innovatív textilalapú anyagok és eszközök a gyógyítás szolgálatában

Innovative textile based materials and tools in the medical service

Kutasi Csaba textilipari igazságügyi szakértő

Semmelweis Egyetem Népegészségtani Intézet

kutasics@gmail.com

Initially submitted March 29, 2020; accepted for publication Apr.28, 2020

Abstract

The subject of this study is to showcase, that similar to today's epidemic crisis – when many athletes are having loss experiences as a consequence of the postponement of the Tokyo 2020 Olympic and Paralympic Games, and are trying different coping strategies to stay focused and motivated – what kind of difficulties Hungarian athlete ladies had to deal with, when travelling / should have been travelling to international regattas. Such as arriving late to the regatta venue, due to technical problems, how to do without their equipment due to failed transportation arrangements, stress from extreme rigorous customs inspections, or indeed series of epidemiological measures, sports injury caused experience of loss.

Kulcsszavak

Mesterséges szalagok, érprotézisek, sztentek, sebészeti hálók, csomómentes sebzés, mikro- és nanoszálalás vázszerkezetek, regeneratív orvoslás

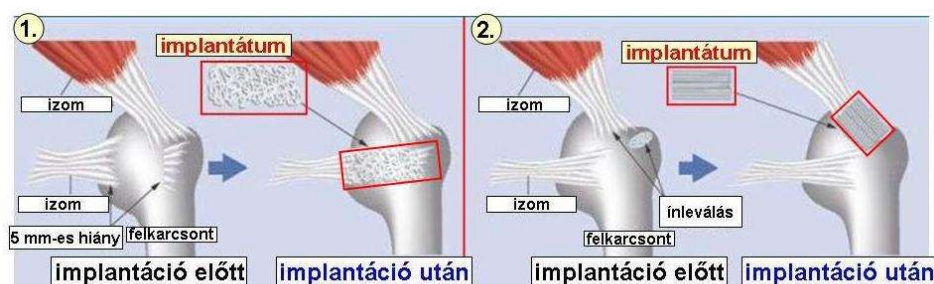
Keywords

artificial ligaments, vascular prostheses, stents, surgical nets, node-free wound closure, micro- and nanofiber frames, regenerative medicine

Bevezetés

Mesterséges szalagok, véredény-protézisek, sztentek, szervműködést javító implantátumok

Az innovatív textilalapú orvostechnikai eszközök az élőszervezettől független mesterséges, sterilizálható, biokompatibilis, forma- és pórusméretet, ill. eloszlást, valamint méretüket megtartó speciális termékek. Fontos, hogy a műtéti beavatkozás során könnyen kezelhetők legyenek, a funkcionális igénybevételeknek mindennemű deformáció nélkül hosszú ideig ellenálljanak.



Szalag-pótlások textilanyaggal

1. ábra Szalag-pótlás

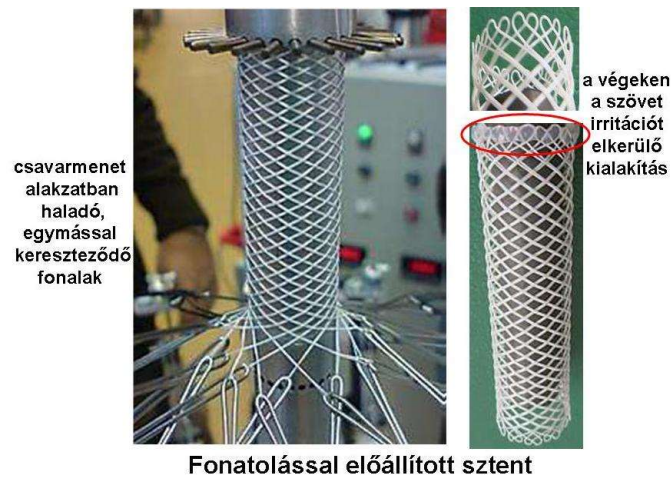
<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

Kutasi Csaba textilmérnök



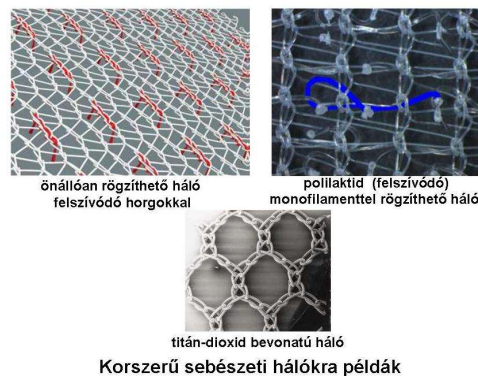
2. ábra Implantátum: csőjellelű textilanyagból

A rendeltetéstől függően tartós, vagy éppen idővel lebomló (felszívódó) anyagokról van szó. Maradandó implantátumokat képeznek pl. a poliészterből (PET=polietilén-tereftalát), a poliészter/szén-szál (PET/CF) kombinációból, a politetra-fluor-etilénből (PTFE), polivinilidén-fluoridból (PVDF) felépülő speciális textilszerkezetek. Idővel lebomló anyagokat jelentenek többek között a polivinil-alkohol (PVA), politejsav (PLA=polilaktid) alapú textilkészítmények. A megfelelő textil alapanyagokból (szálak, mono- és multifilamentek, fonalak) általában kötéssel, vagy fonatolással készülnek a síkjellelű, vagy csőszerű implantátumok. A kötéstechológiákkal előállított termékeket a szerkezeti igénytől függően vetülék- vagy láncrendszerű szemképzéssel alakítják ki (pl. az érpótlásokat mindkét módszerrel, sebészeti hálókat láncrendszerű kötőgépen gyártják). A fonatolásnál az átlós irányban vezetett fonalak egymással alul-felülkereszteződnek. Az egyetlen fonalrendszerből felépülő szerkezetben a kereszteződési pontokban fellépő súrlódás biztosítja a stabilitást. Nyitott kelmét képző fonatolással szalag formájú terméket állítanak elő, a fonalak az egyik szélről a másikig átlósan haladnak, majd visszafordulnak a széleken. Zárt szerkezetű fonatolással cső alakú textilszerkezet képződik, miután a csavarmenet alakzatban folyamatosan haladó fonalak egymással kereszteződnek.



3. ábra Fonatólással készült sztent

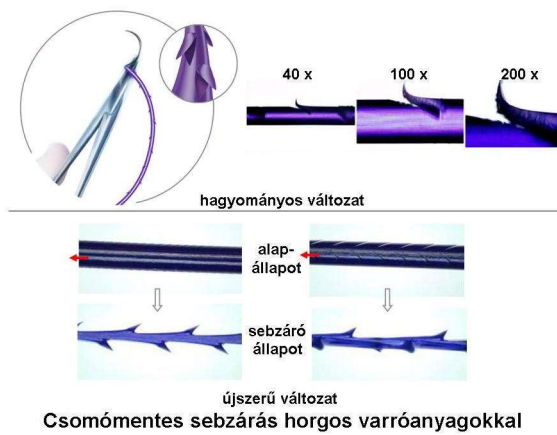
A sérvök műtéti kezelését több évtizede hálók beépítésével végzik. Így biztosítható a sérvkapu feszüléstől mentes fedése, a sérvtartalom előesésének mechanikai megakadályozása. A beültetett háló a saját szöveti elemekből kialakuló hegyszövet növekedését is elősegíti, mintegy visszaállítva a hasfalat. Általánosságban sokáig polipropilén alapú hálót alkalmaztak, ma már számos egyéb változat is rendelkezésre áll. A fertőzések csökkentésére alkalmaznak ezüst-karbonát és klór-hexidin tartalmú, antibakteriális hálókat. A biokompatibilitást titán-dioxid bevonat fokozza. A beültetés helyéről bekövetkező elmozdulás az erek, ill. belső szervek sérüléséhez vezethet, ami hasüregi heges összenövést okozhat. Utóbbiak elkerülésére felszívódó, pl. polilaktid horgokkal kialakított hálókészítményeket, vagy ilyen anyagú monofilament varróanyagot használnak.



4. ábra példák, sebészeti hálók

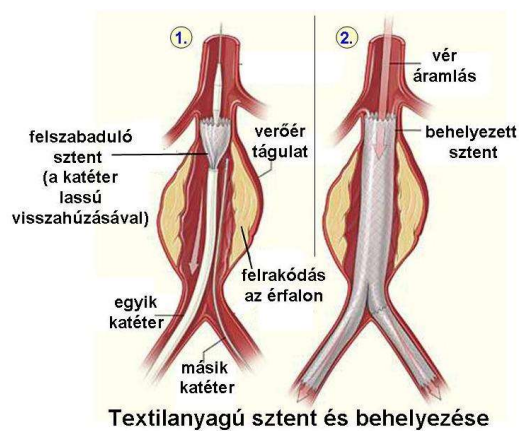
A sebészeti varróanyagokkal fejlesztések is fokozódtak. A hagyományos sebzarást köztudottan csomós öltésekkel végzik. A csomómentes sebzés („szögesdrótos” varrat) lényege, hogy a varróanyag - meglevő, vagy húzásra szabaddá váló - horgai rögzítik a metszés helyén a szöveteket. Ezzel a módszerrel kevesebb idő kell a sebzéshez, több rögzítési pont érhető el, az összehúzó feszültség ugyanakkora, mint a csomós öltésekkel kialakított varratnál. A csomómentes rögzítés a minimál-invazív sebészetben („kulcslyuk-sebészet”, a műtéti terület teljes feltárása nélkül, kis bemetszéssel, szúrással, speciális eszközök segítségével) meghatározó szerepű. A csomómentes varróanyagok lehetnek felszívódók (rövid-, közép- és

hosszú távú), vagy esetleg maradandóak. A horgoszerű tüskék formája, szöge és távolsága szerint többféle változat ismert, a különböző igényekhez igazodva.

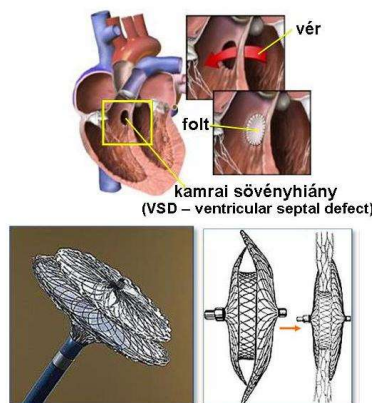


5. ábra horgos varróanyagok

Széleskörűen kifejlesztettek olyan textílalapú eszközöket is, amelyek a test műtéti felnyitása nélkül, pl. katéterezéssel felhelyezhetők. Ilyenek pl. az érrendszerben alkalmazható sztentek, szívkamra- ill. pitvar sövényhiányt záró elemek stb.



6. ábra Textílalapú sztent behelyezése

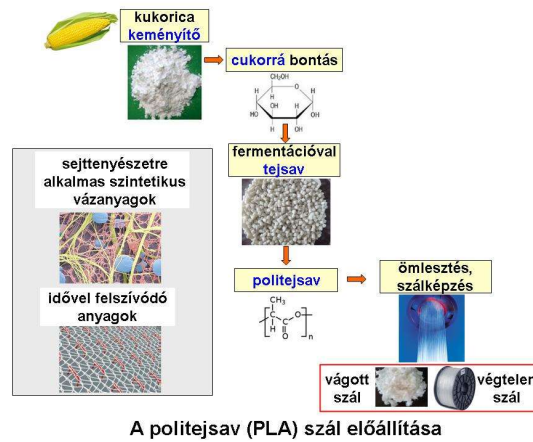


Katéteres eljárással behelyezhető textilalapú
szívkamrai sövényhiány záró elem

7. ábra sövényhiány záró textilalapú elem

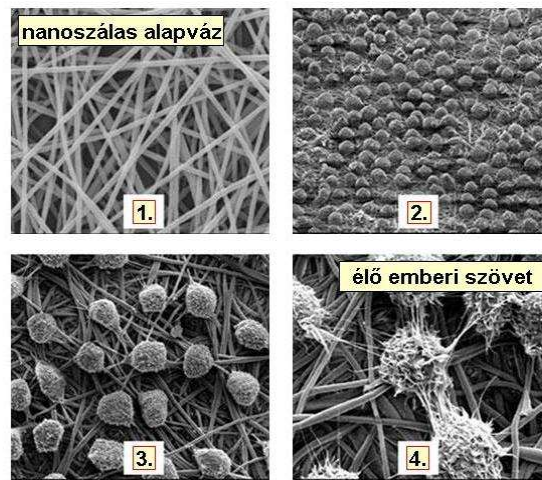
Testszövet biológiai módszerű mesterséges pótlása, nanoszálba épített hatóanyag, idegszövet javítás

A károsodott emberi testszövetek biológiai módszerű mesterséges pótlása is egyre jobban terjed, köszönhetően a korszerű mérnöki- és élettudományi, akár multidiszciplináris együttműködésnek. A regeneratív orvoslás szinonimájaként emlegetik a mesterséges szövettenyésztést, bár hangsúlyosan az őssejtek vagy progenitor-sejtek felhasználásával készített pótlásokat sorolják ide. Többek között a bőr, az ízületek, az izmok, az ínszalagok, a porcok, az erek területén jelentősek az ilyen testszövet regenerációs megoldások. A leendő testszövetek alapváza olyan - akár háromdimenziós - textilszerkezet, amelynek alapanyaga valamely sejt abszorpcióra képes polimer. Az ilyen élő-implantátumra váró egyén szervezetéből nyert egészséges sejteket megfelelő laboratóriumban tenyésztik, szaporítják, majd a textiltázzal kapcsolatba hozva biztosítják az élő szövet megkötődését, növekedését. Az így képzett „sejt-kompozit” rendszert a beteg szervezetének azon részébe ültetik, ahol károsodás, ill. folytonossági hiány miatt szükség van arra, hogy létrejöjjön a kívánt testszövet. Amint a pótlás tökéletesen beépül, a mesterséges vázszerkezet lebomlik és véglegesen távozik az emberi testből. Már komoly fejlesztések folynak arra is, hogy egy mesterségesen kialakított sejtámogató rendszer beépítése konkrét biokémiai funkciókat fejtsen ki, pl. a hasnyálmirigyben, vagy a májban. A sejttenyésztésre alkalmas szintetikus vázanyagok közül általánosan használt a politejsav (PLA=polilaktid). Idővel történő lebomlásából az emberi szervezetben is jelenlevő – tehát nem zavaró - tejsav képződik.



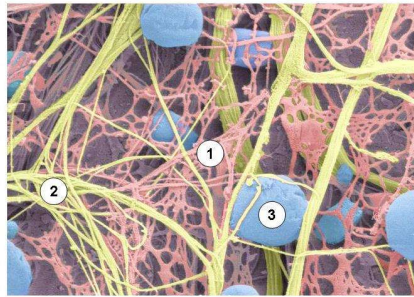
8. ábra Politejsav szál előállítása

Hasonlóan elterjedt poli-glikolsavból (PGA) ill. a poli-kaprolaktonból (PCL) történő vázképzés, amelynek lebomlási sebessége eltér a politejsavétól. Természetes eredetű anyagokból szintén előállíthatók vázak, az ilyen extracelluláris mátrixok segítik a sejtek megtapadását, növekedését. Egyes fehérjék (pl. kollagén, fibrin) és poliszacharidok [pl. kitozán (ez alkotja az egyes rákfélék kitinvázat), glükóz-amino-glikánok] anyagok is alkalmasak.



Őssejt kultúrák nanoszálak nemszőtt kelmén

9. ábra Őssejt kultúrák nanoszálak nemszöttkelmén

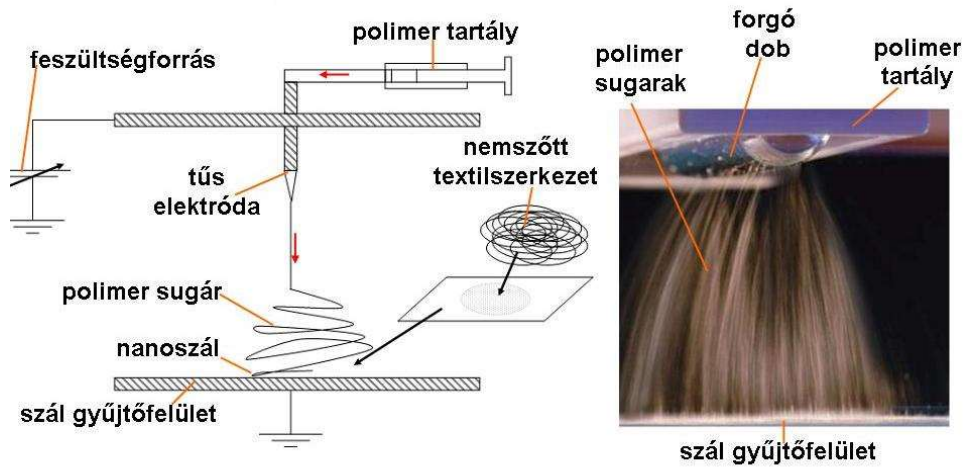


1 = mesterséges extracelluláris mátrix (ECM) nanoszálakból
2 = Idegkötetek
3 = Idegdúc

Beültethető sejtenyészet mesterséges hordozón

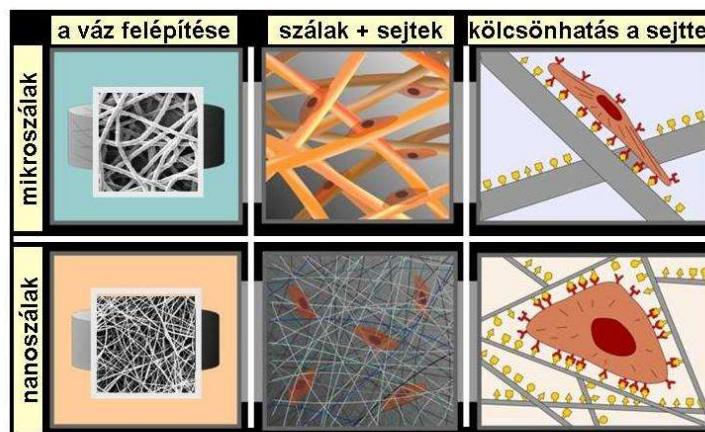
10. ábra beültethető sejtenyészet mesterséges hordozón

A vázanyagként szolgáló textilszerkezetek lehetnek nemszőtt kelmék, szövással vagy kötéssel előállított anyagok. A fonatolt és hímzett textíliák is alkalmasak, az igénytől függően. Utóbbiaknál egy alapkelmén alakítják ki az igény szerint bármilyen alakzatot produkáló öltéseket. Legelterjedtebbek a mikro- és főleg a nanoszálal rendszerek. A mikroszálak olyan mesterséges szálanyagok, amelyek finomsága 1 dtex-nél kisebb (10.000 m szál 1 g-nál kisebb tömegű). Előállításuk ún. bikomponens szál formájában történik, aminek során a leendő finom mikroszálak egy később eltávolítható hordozóanyagba ágyazva lépnek ki a szálképzőfej parányi nyílásain. Az emberi hajszálnál kétszázszor vékonyabb nanoszálakat folyékony halmazállapotú polimerből állítják elő elektromos szálképzéssel, az egyik elektródát jelentő csöves tű végén képzett parányi csepp a kiinduló anyag. Az elektropray ionizációs módszerrel a folyadék rengeteg apró töltött cseppre bomlik, majd egy kapillárison átréselve magas feszültségű térbe kerül. A folyékony polimer a 30 kV-ot meghaladó nagyfeszültségű térben feltöltődik, és amikor az elektromos térerősség eléri a 100 V/cm körüli értéket, akkor legyőzi a felületi feszültséget, és a 0,1–1 mm átmérőjű tű nyílásán megindul a csepp áramlása. Az egyre közelebb kerülő ellentétes elektróda következtében a töltéssel rendelkező polimer-részecskék alkotta folyadékáram felgyorsul, egyre vékonyodik. Egyúttal ostorozó-mozgás is jön létre, tovább finomítva, hosszabbítva a készülő nanoszálakat. Ezek nagyon kicsi átmérőjű (<500 nm) szálak, a nemszőtt jellegű szálrendszert nagy fajlagos felület, kis pórusméret és nagy porozitás jellemzi.



A nanoszál előállítás elve

11. ábra nanoszál előállítása



Sejtenyésztésre alkalmas szálrendszerek

12. ábra Sejtenyésztésre alkalmas szálrendszerek



légcső pótlás



véredény pótlás

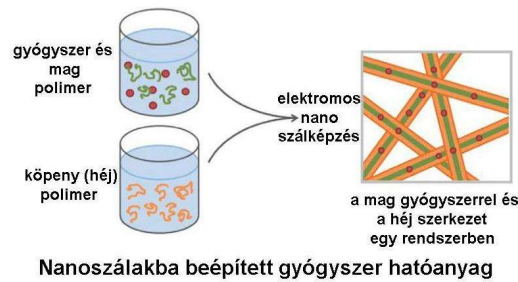
Példák a testszövet regenerációs megoldásokra

13. ábra testszövet regeneráció megoldások

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

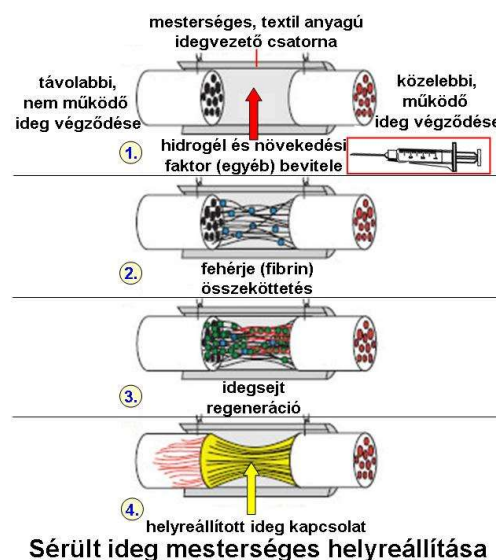
Kutasi Csaba textilmérnök

A gyógyszeriparban a kis molekulájú hatóanyagok mellett egyre jobban terjednek a nagymolekulás vegyületek is. A polimeralapú – pl. fehérje – gyógyszerek könnyebben bomlanak, mint egyébként a polimerek. Az érzékenység miatt a hatóanyagot nanoszálba építik be, így az előállítás közben is megőrizhetők a fontos tulajdonságok. A használat során szabályozottan lebomlik a héj, így a hordozóból felszabadul a hatóanyag. Pl. a poli-tejsav-ko-glikolsav (PLGA) kopolimer nanoszálak lebomlásával programozott hatóanyag felszabadulás is megoldható.



14. ábra Nanoszálakba beépített gyógyszer hatóanyag

Előrehaladott fejlesztések folynak a sérült idegek gyógyítására, amely idegszövet javítással, regenerációval folyik. A károsodott idegvégződések – mintegy bevonatként - átmenetileg összekötik egy speciális, textilanyagú idegvezető csatornával. Ebbe a csőimplantátumba hidrogélt és ún. növekedési faktort, esetleg őssejtet injektálnak. Utóbbi biológiailag aktív molekulákból (pl. citokin, mint speciális fehérje) áll, különféle mértékben és irányban képes szabályozni a sejtek adhézióját (kötődését), növekedését, a differenciációt (szétválást), mozgását. A folyamat eredményeként kialakul a jelátvitelt biztosító szerkezet, helyre áll az idegi kapcsolat. Az idegvezető csatorna felszívódó anyagból készül, az ideg regenerálódása után nem kell külön eltávolítani.



15. ábra Sérült ideg mesterséges helyreállítása

Felhasznált irodalom:

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

Kutasi Csaba textilmérnök

- [1] Michael Doser, Erhard Müller: Textile-based Medical Devices. ETP Konferencia, Brüsszel, 2015. március 25-26.
- [2] Karen de Clerck, Paul Kiekens: Electrospun nanofibers - New potentials and challenges for textile materials. ETP Konferencia, Brüsszel, 2015. március 25-26.
- [3] Lázár Károly: Techtextil 2015, Magyar Textiltechnika, 2015/3
- [4] Kutasi Csaba: Innovatív textil alapú eszközök a szakorvosok és a betegápolás számára, Magyar Textiltechnika, 2016/1