

Kutasi Csaba

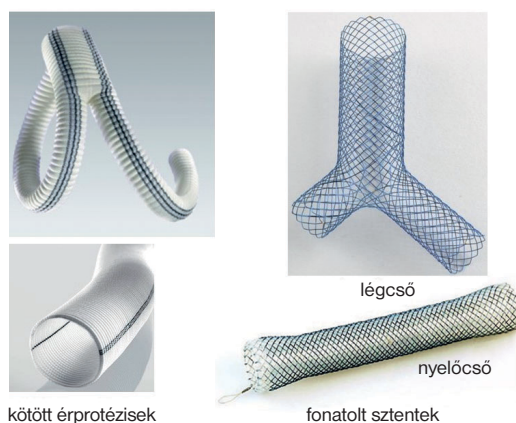
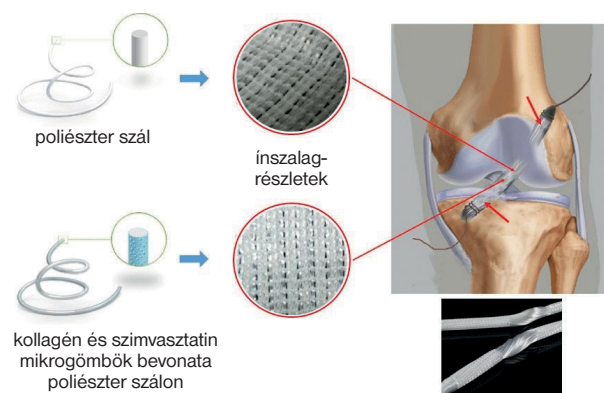
# Élő szervezetekbe beültethető textilalapú orvosbiológiai eszközök, gyógyszer-előállítást támogató szálanyagok

A különböző, mesterséges úton előállított speciális műszaki textíliák az emberi (akár állati) szervezetbe beültetve segítik az egészség helyreállítását. Idetartoznak többek között a régebb óta használatos mesterséges ín- és ízületi szalagok, a véredényprotézisek, a csőjellel (nyelőcső, légcső, húgycső stb.) sztentek, a sebészeti hálók, valamint azok az implantátumok, amelyeket valamely szerv működésének javítása céljából ültetnek be. A regeneratív orvoslás textilvázú mesterséges szövettényészéssel is folyik. Az idegszövet javítására is fejlesztettek részben textilanyagú megoldásokat.

Az élő szervezettől független mesterséges eszközök egy csoportját alkotják a speciális műszaki textíliák. A rendeltetés-től függően tartós vagy éppen idővel lebomló (felszívódó) anyagokról van szó. Maradandó implantátumokat képeznek pl. a poliészterből (polietilén-tereftalát, PET), a poliészter/szén-szál (PET/CF) kombinációból, a politetrafluoretilénből (PTFE), polivinilidén-fluoridból (PVDF) felépülő speciális textilszerkezetek. Vannak olyan szálanyag-alkalmazások is, amelyek esetében a textilfelület képzése előtt a szálfelületre különböző anyagokat visznek fel. Például az egyes keresztzalag-pótlások kollagén és szimvasztatin (lipidcsökkentő) hatóanyaggal ellátott poliészterből is készülnek (1. ábra).

Idővel lebomló anyagokat jelentenek többek között a polivinil-alkohol- (PVA), politejsav- (PLA, polilaktid) alapú textilnyersanyagok (2. ábra).

## 1. ábra. Elülső keresztzalag-helyreállítás mesterséges inszalaggal



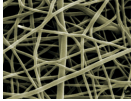
2. ábra. Textilanyagú, csőjellel implantátumok

A megfelelő textilalanyagokból (szálak, mono- és multifilamentek, fonalak) általában kötéssel vagy fonatolással készülnek a síkjellegű vagy csőszerű implantátumok. A kötéstechológiákkal előállított termékeket a szerkezeti igénytől függően vetülek- vagy láncrendszerű szemképzéssel alakítják ki (pl. az érplátókat mindkét módszerrel, a sebészeti hálókat láncrendszerű kötőgépen gyártják). A fonatolásnál az átlós irányban vezetett fonalak egymással alul-felül kereszteződnek. Az egyetlen fonalrendszerből felépülő szerkezetben a kereszteződési pontokban fellépő súrlódás biztosítja a stabilitást. Nyitott textilfelületet 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 csavarment alakzatban folyamatosan haladó fonalak egymással kereszteződnek.

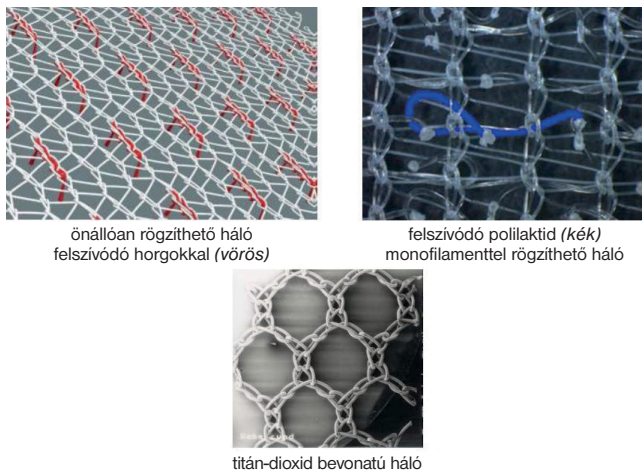
A mesterséges véredénypótlásokat zselatin-, illetve heparin- (véralvadásgátló) bevonattal, röntgenárnyékot adó jelzőcsíkkal látják el.

A fonatolással előállított sztenteket (hálószerű szerkezetű csőszerű, pl. szilikonbevonatú eszközöket) nyelőcső, légcső, húgycső pótlására alkalmazzák. Egyes érrendszeri elváltozásoknál (pl. vesélyes aortatágulatok) a katéterezéssel behelyezett sztent védi az életet, mert az elvékonyodott érfal szétnyílása azonnal halált okoz (kivérzéses sokk).

A sérvek műtéti kezelésekor több évtizede hálókat építenek be. Így elérhető a sérvkapu feszüléstől mentes fedése, a sérvtartalom előesésének mechanikai megakadályozása. A beültetett há-

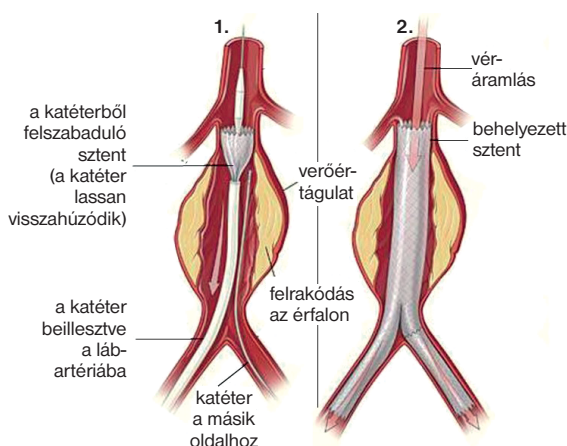


ló a saját szöveti elemekből kialakuló hegyszövet növekedését is elősegíti, mintegy visszaállítva a hasfalat. Általánosságban sokáig polipropilén-alapú hálót alkalmaztak, ma már számos egyéb változat is rendelkezésre áll. A fertőzések csökkentésére ezüst-karbonát- és klór-hexidin-tartalmú antibakteriális hálókat használnak. A biokompatibilitást titán-dioxid-bevonat fokozza. A beültetés helyén keletkező elmozdulás az erek, a belső szervek sérüléséhez vezethet, ami hasüregi heges összenövést okozhat. Utóbbiak elkerülésére felszívódó, például polilaktid horgokkal kialakított hálókészítményeket vagy ilyen anyagú monofilament-varróanyagot használnak (3. ábra).



3. ábra. Korszerű sebészeti hálók

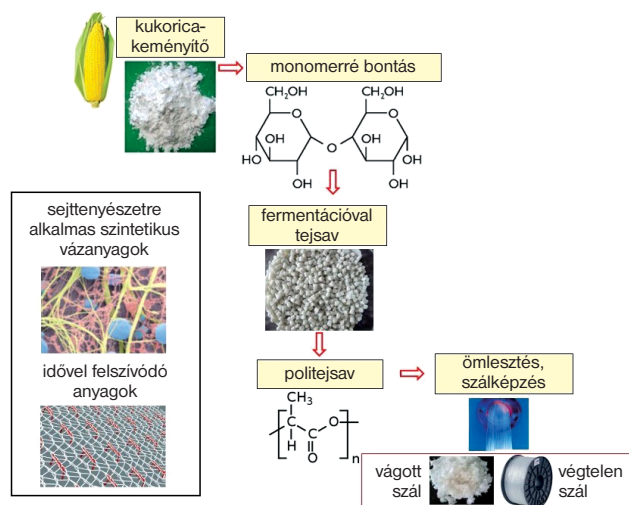
A széleskörűen kifejlesztett textilalapú eszközök nagy része invazív sebészeti technikával – a test műtéti felnyitása nélkül, például katéterezéssel – felhelyezhető. Nemcsak az érrendszerben alkalmazhatók sztentek (4. ábra), hanem szívkamra-, illetve pitvarsövény-hiányt záró elemek is használatosak. Utóbbi például a comb verőérén keresztül vezetik a szívbe, a folytonossági hiányt okozó „lyukon” a háló szerkezetű szerkezet elülső felét átnyomják, majd hátsó félrészét visszahúzza a sövényfalnál rögzítik az elemet, hogy megvalósuljon a zárás.



4. ábra. Y sztent behelyezése a hasi verőérbe

A károsodott emberi testszövetek biológiai módszerű mesterséges pótlása is egyre jobban terjed, köszönhetően a korszerű mérnöki és élettudományi és további multidiszciplináris együttműködésnek. A regeneratív orvoslás szinonimájaként emlegetik a mesterséges szövettenyésztést, bár hangsúlyosan az őssejtek vagy progenitor sejtek felhasználásával készített pótlásokat so-

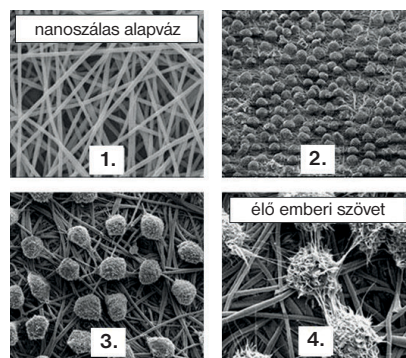
rolják ide. Többek között a bőr, az ízületek, az izmok, az ínslagok, a porcok, az erek területén jelentősek az ilyen testszövet-regenerációs megoldások. A leendő testszövetek alapváza olyan – akár háromdimenziós – textilszerkezet, amelynek alapanyaga valamely sejt abszorpcióra képes polimer. Az élő implantátumra 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 abba a részébe ültetik, ahol károsodás, illetve 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 sejt-támogató rendszer beépítése biokémiai funkciókat fejtsen ki, például a hasnyálmirigyben vagy a májban. A sejtenyésztésre alkalmas szintetikus vázanyagok közül általánosan használt a politejsav. Későbbi lebomlásából az emberi szervezetben is jelen levő – tehát nem zavaró – tejsav képződik (5. ábra).



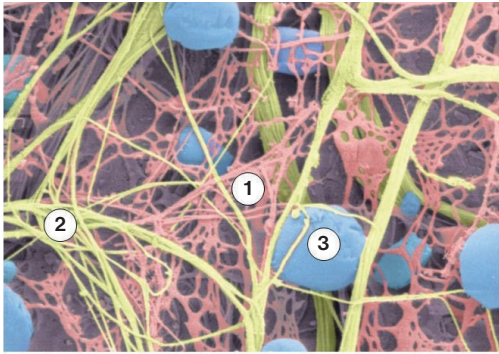
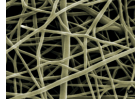
5. ábra. A politejsav (PLA) szál előállítása

Hasonlóan elterjedt a poliglikolsavból (PGA) és a polikaprolaktonból (PCL) kiinduló vázképzés, amelynek lebomlási sebessége eltér a politejsavétól. Természetes eredetű anyagokból szintén előállíthatók a vázak, az ilyen extracelluláris mátrixok segítik a sejtek megtapadását, növekedését. Egyes fehérjék (pl. kollagén, fibrin) és poliszacharidok (pl. kitozán – ez alkotja az egyes rákfélék kitérését, glükóz-aminoglikán) anyagok is alkalmasak (6-8. ábra).

A vázanyagként szolgáló textilszerkezetek lehetnek nemszótt kelmék, szövessel vagy kötéssel előállított anyagok. A fonatolt és hímzett textíliák is alkalmasak, az igénytől függően. Utóbbiak-

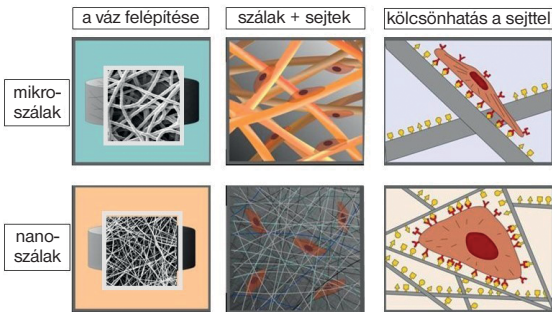


6. ábra. Össejtenyésztés nanoszálás kelmén



1 = mesterséges extracelluláris mátrix (ECM) nanoszálakból  
2 = idegkötegek  
3 = idegdúc

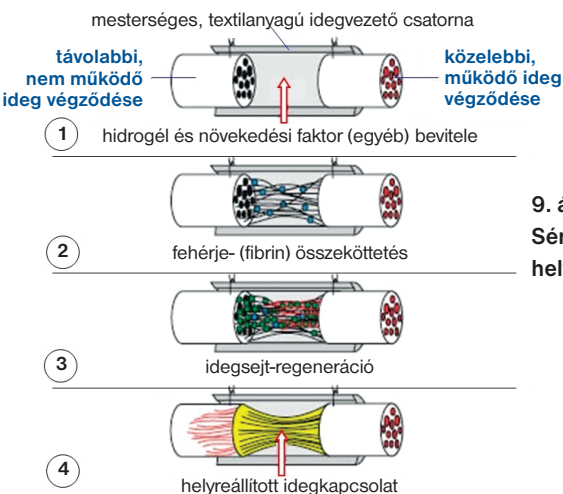
7. ábra. Beültethető sejtenyésztet nanoszálás hordozón



8. ábra. Sejtenyésztésre alkalmas szárendszer

nál egy alapkélmén alakítják ki az igény szerint bármilyen alakzatot képező öltéseket. Legelterjedtebbek a nano- és mikroszálas rendszerek. A nanoszálak parányi átmérőjű (< 500 nm) szálak, a nemszőtt jellegű szárendszer nagy fajlagos felület, kis pórusméret és nagy porozitás jellemzi. A mikroszálas olyan mesterséges szálasanyagok, amelyek finomsága 1 dtex-nél kisebb, vagyis 10 000 m szál 1 g-nál kisebb tömegű.

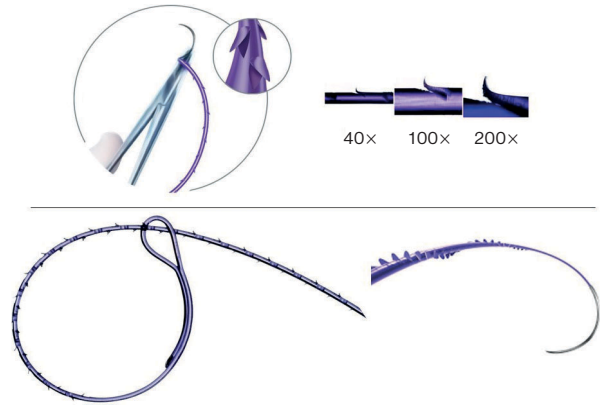
Előrehaladott fejlesztések folynak a sérült idegek gyógyítására, amely idegszövet javítással, regenerációval folyik. A károsodott idegvégződéseket – mintegy bevonatként – átmenetileg összekötik egy speciális, textilanyagú idegvezető csatornával. Ebben a csőimplantátumba hidrogél és ún. növekedési faktort, esetleg összejett injektálnak. Utóbbi biológiailag aktív molekulákból (pl. citokin) áll, különféle mértékben és irányban képes szabályozni a sejtek adhézióját, növekedését, differenciációs mozgását. A folyamat eredményeként kialakul a jelátvitelt biztosító szerkezet, helyreáll az idegi kapcsolat. Az idegvezető csatorna felszívódó



9. ábra. Sérült ideg helyreállítása

anyagból készül, az ideg regenerálódása után nem kell külön eltávolítani (9. ábra).

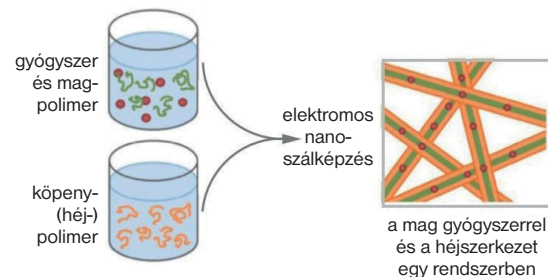
A sebészeti varróanyagok terén is vannak fejlesztések. A hagyományos sebzarást köztudottan csomós öltésekkel végzik. A csomómentes sebzarás („szögcsődrótos” varrat) lényege, hogy a varróanyag – meglevő, vagy húzásra szabadabbá váló – horgai rögzítik a metszés helyén a szöveteket. Ezzel a módszerrel kevesebb idő kell a sebzaráshoz, több rögzítési pont érhető el, az összehúzó feszültség ugyanakkora, mint a csomós öltésekkel kialakított var-



10. ábra. Csomómentes sebzarás horgos varróanyagokkal

ratnál. A csomómentes rögzítés a minimálinvazív beavatkozásban (ún. kulcslyuksebészet – kis bemetszéssel, szúrással, speciális eszközök segítségével) meghatározó szerepű. A csomómentes varróanyagok lehetnek felszívódók (rövid, közép- és hosszú távú) vagy esetleg maradandóak. A horgoszerű tűk formája, szöge és távolsága szerint többféle változat ismert, a különböző igényekhez igazodva (10. ábra).

A gyógyszeriparban a kis molekulájú hatóanyagok mellett egyre jobban terjednek a nagymolekulás vegyületek is. A polimer- (pl. fehérje) alapú gyógyszerek könnyebben bomlanak, mint egyébként a polimerek. Az érzékenység miatt a hatóanyagot na-



11. ábra. Nanoszálakba beépített gyógyszerhatóanyag

noszába építik be, így az előállítás közben is megőrizhetők a fontos tulajdonságok. A használat során szabályozottan lebomlik a héj, tehát a hordozóból felszabadul a hatóanyag. A politejsav-koglikolsav (PLGA) kopolimer nanoszálak lebomlásával programozott hatóanyag-felszabadulás is megoldható (11. ábra).

IRODALOM

[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] <http://medtech.by/en/razrabotki/ustrojstvo-dlya-vypolneniya-miniinvazivnogozakrytiya-defektov-v-serdce/>  
[4] Kutasi Csaba: Egészség-helyreállítás innovatív textilanyagokkal. Semmelweis Orvostörténeti Múzeum, Könyvtár és Levéltár, Budapest, 2013. november 28.