

Innovatív textil alapú eszközök a szakorvosok és a betegápolás számára

Kutasi Csaba

Kulcsszavak/Keywords: Orvosbiológia, Implantátumok, Sebészet, Gyógyászati segédeszközök

A korszerű műszaki textiliák egy részét az élő szervezetekbe beültethető textil alapú orvosi eszközök alkotják. A különböző implantátumok, a károsodott emberi testszövetek mesterséges pótlását biztosító képződmények, a sérült idegek gyógyításához alkalmazott technikák mind textil alapúak. A korszerű sebészeti varróanyagok csomózásmentes varratokat biztosítanak. Már nanoszálba épített gyógyszerek is előfordulnak. Az innovatív textil alapú eszközök használata a betegek gyógyulását hatékonyan segítik. Így többek között a kardiológiai mellkasi öv, a neuro-rehabilitációs kesztyű, a fizioterápiás öv, a háromdimenziós nyomásmérésre alkalmas zokni, a lázjelző karszalag és a narancsbőr elleni küzdelmet jelentő textilanyag kerül előtérbe.

1. Az élő szervezetekbe beültethető textil alapú orvosi eszközök, gyógyszergyártási anyagok

1.1. Mesterséges in- és ízületi szalagok, véredény-protézisek, sztentek, sebészeti hálók, záró elemek

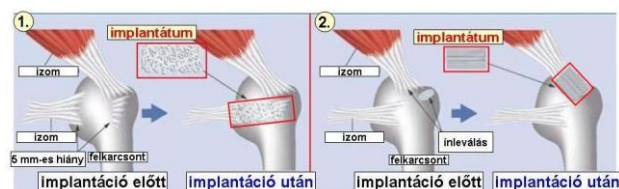
A különböző, mesterséges úton előállított speciális műszaki textiliák az emberi vagy állati szervezetbe beültetve segítik az egészség helyreállítását. Ide tartoznak többek között a régóta használatos mesterséges in- és ízületi szalagok, a véredény-protézisek, a cső jellegű (nyelőcső, légcső, húgycső stb.) sztentek, a sebészeti hálók, valamint azok az implantátumok, amelyeket valamely szerv működésének javítása céljából ültetnek be (1., 2., 3. ábra).

Ezek mind az élő szervezettől független mesterséges eszközök, sterilizálható, biokompatibilis, forma- és pórusméretet, ill. -eloszlást, valamint méretüket megtartó speciális textiliák. Fontos, hogy a műteti beavatkozás során könnyen kezelhetők legyenek, a funkcionális igénybevételeknek mindennemű deformáció nélkül hosszú ideig ellenálljanak. Rendeltetésüktől függően tartós, vagy éppen idővel lebomló (felszívódó) anyagokról van szó. Maradandó implantátumokat képeznek pl. a



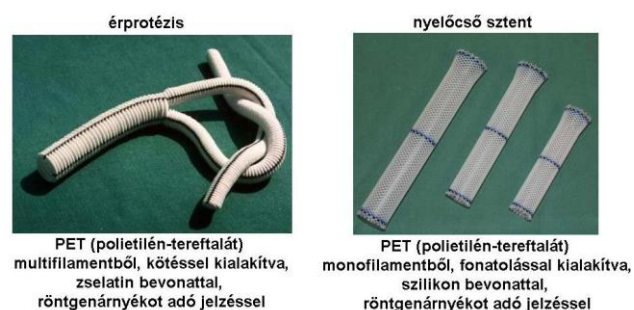
Innovatív textilanyagok az élő szervezetekbe beültethető eszközök és a gyógyszergyártás területén

1. ábra



Szalag-pótlások textilanyaggal

2. ábra

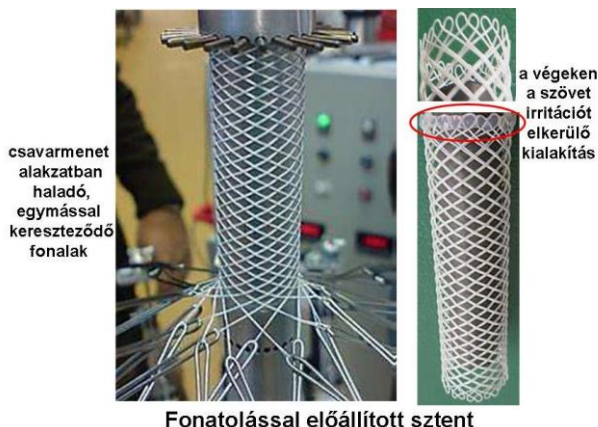


Textilanyagú, csőjellegű implantátumok

3. ábra

poliészterből (PET = polietilén-tereftalát), a poliészter/szén-szál (PET/CF) kombinációból, a poli(tetra-fluor-etilén)-ből (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 kötással vagy fonatolással készülnek a sík vagy cső alakú implantátumok. A kötéstehnológiákkal előállított termékeket a szerkezeti igénytől függően vetülék- vagy láncrendszerű kelmeképzéssel alakítják ki (pl. az érprotéziseket mindkét módszerrel, sebészeti hálókát láncrendszerű kötőgépen gyártják). Fonatolásnál az átlós irányban vezetett fonalak egymással alul-felül kereszteződnek. 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 a széleken visszafordulnak. Zárt szerkezetű fonatolással cső alakú textilszerkezet képződik, miután a csavarment alakzatban folyamatosan haladó fonalak egymással kereszteződnek (4. ábra).

A sárga műteti kezelést több évtizedes 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. Sokáig polipropilén alapú hálót alkalmaztak, ma már számos egyéb változat is rendelkezésre áll. A fertőzések csökkentésére alkalmaznak ezüst-karbonát és klór-hexidin tartalmú, anti-



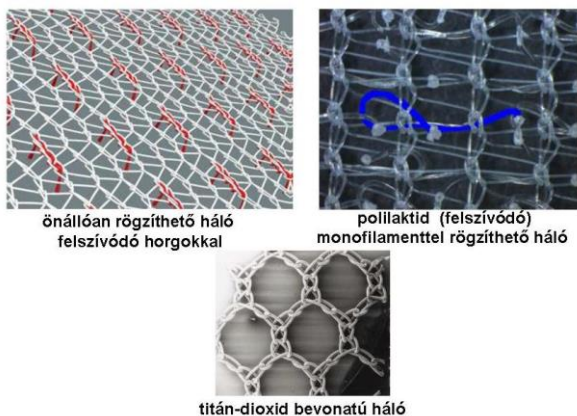
4. ábra

bakteriális 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 (5. ábra).

Széleskörűen kifejlesztettek olyan textil alapú eszközöket is, amelyek a test műtéti felnyitása nélkül, pl. katéterezéssel behelyezhetők. Ilyenek pl. az érrendszerben alkalmazható sztentek, szívkamra- ill. pitvar-sövényhiányt záró elemek stb. (6., 7. ábra).

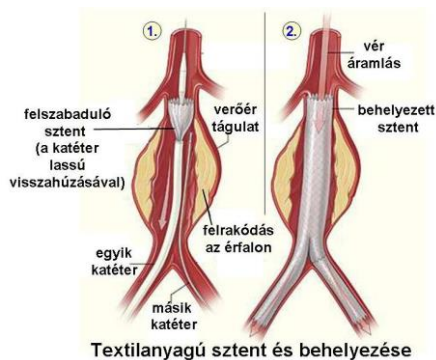
1.2. Emberi testszövetek mesterséges pótlása

A károsodott emberi testszövetek biológiai módszerű mesterséges pótlása is egyre jobban terjed, köszönhetően a korszerű mérnöki és élettudományi, akár multidiszciplináris együttműködésnek. A regeneratív orvos-

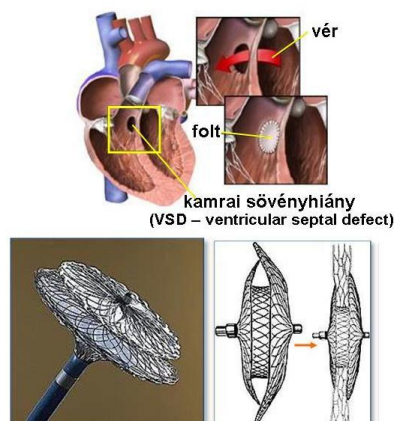


Korszerű sebészeti hálókra példák

5. ábra

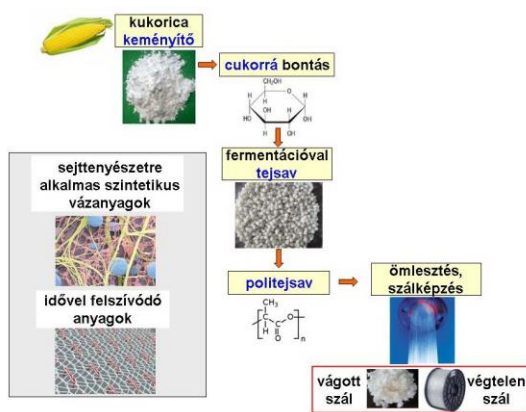


6. ábra



Katéteres eljárással behelyezhető textilalapú szívkamrai sövényhiány záró elem

7. ábra

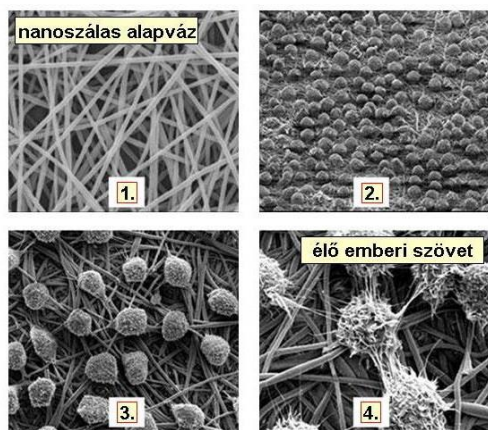


A politejsav (PLA) szál előállítása

8. ábra

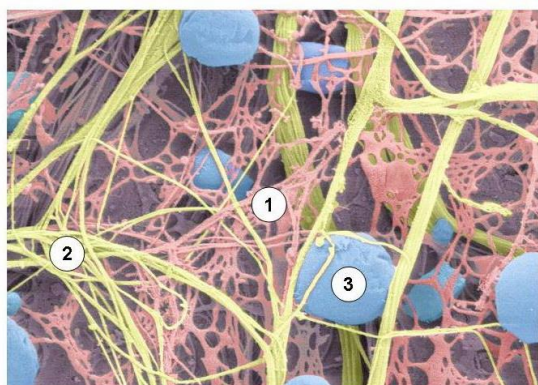
lás szinonimájaként emlegetik a mesterséges szövettan-nyesztést, bár hangsúlyosan az őssejtek vagy progenitor sejtek felhasználásával készített pótlásokat sorolják ide. Többek között a bőr, az ízületek, az izmok, az inszlagok, a porcok, az erek területén jelentősek az ilyen testszövet regenerációs megoldások. 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” rendszer 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. 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).

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



Össejt kultúrák nanoszálal nemszött kelmén

9. ábra



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

Beültethető sejtenyésztet mesterséges hordozón

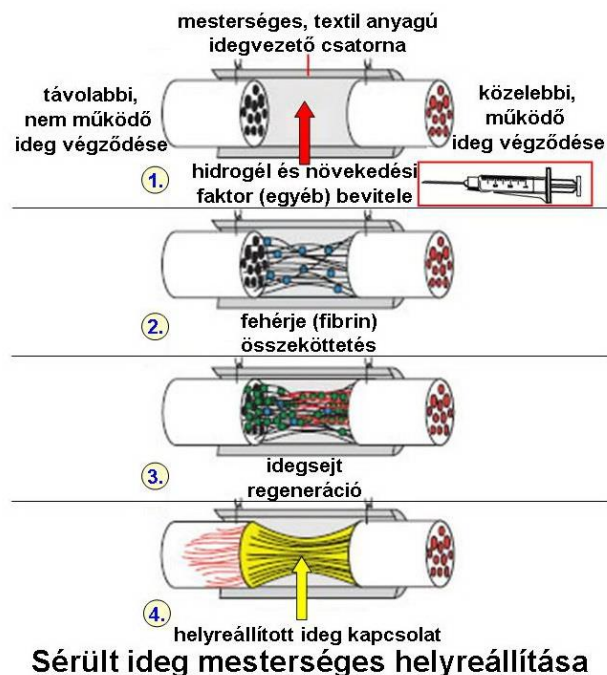
10. ábra

extracelluláris mátrixok segítik a sejtek megtapadását, növekedését. Egyes fehérjék (pl. kollagén, fibrin) és polisacharidok (pl. kitozán – ez alkotja az egyes rákfélék kitinvázat –, glükóz-amino-glikánok) anyagok is alkalmasak erre (9., 10. ábra).

A vázanyagként szolgáló textilszerkezetek lehetnek nemszött kelmék, szövessel vagy kötéssel előállított anyagok. A fonatolt és hímzett textíliák is alkalmasak, az igénytől függően. Utóbbiaknál egy alapkelmén alakítják ki az igény szerinti bármilyen alakzatot produkáló öltéseket. Legelterjedtebbek a mikro- és főleg a nanoszálal rendszerek. (Lásd keretes írásunkat.)

1.3. Sérült idegek gyógyítása

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

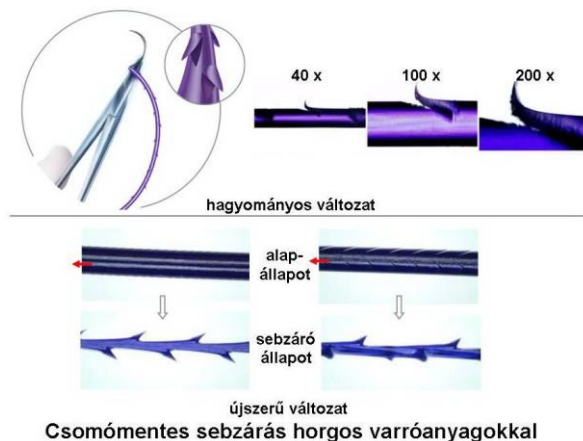


11. ábra

regenerálódása után nem kell külön eltávolítani (11. ábra).

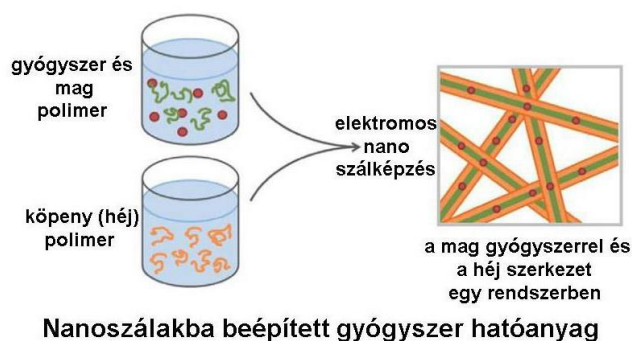
1.4. Korszerű sebészeti varróanyagok

A sebészeti varróanyagokkal kapcsolatban is folynak fejlesztések. A hagyományos sebzárást döntően csomós öltésekkel végzik. A csomómentes sebzárás („szögcsatós” varrat) lényege, hogy a varróanyag meglevő, vagy húzásra szabaddá váló horgai rögzítik a metszés helyén a szöveteket. Ezzel a módszerrel kevesebb idő kell a sebzáráshoz, több rögzítési pont érhető el, az összehúzó feszültség ugyanakkora, mint a csomós öltésekkel kialakított varratnál. A csomómentes rögzítés a minimál-invazív sebészetben („kulcslyuk-sebészet” – ez a műtéti terület teljes feltárása nélkül, kis bemetszéssel, szűrással, speciális eszközök segítségével történik) meghatározó szerepű. A csomómentes varróanyagok lehetnek felszívódók (rövid-, közép- és hosszútávú), vagy esetleg maradandóak. A horogszerű tűskék formája, széle és távolsága szerint többféle változat ismert, a különböző igényekhez igazodva (12. ábra).



Csomómentes sebzárás horgos varróanyagokkal

12. ábra



Nanoszálakba beépített gyógyszer hatóanyag

13. ábra

1.4. Nanoszálba épített gyógyszerek

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 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 politejsav-ko-glikolsav (PLGA) kopolimer nanoszálak lebomlásával programozott hatóanyag felszabadulás is megoldható (13. ábra).

2. Innovatív textil alapú eszközök a betegek szolgálatában

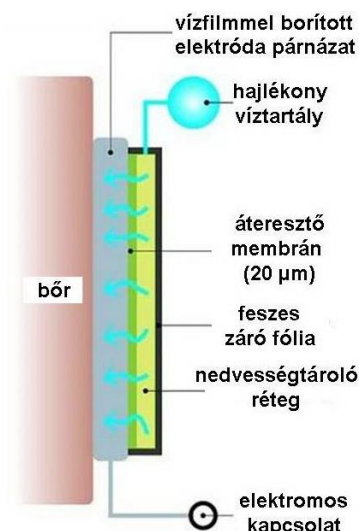
2.1. Kardiológiai mellkasi öv

Kifejlesztették egy olyan – a mozgó beteg hosszabb idejű, folyamatos megfigyelésére alkalmas – mellkasi öv prototípusát, amely a szív működését és a keringést folyamatosan monitorozza, az EKG-diagram felvételéhez és a további kardiológiai adatgyűjtéshez jeleket szolgáltat. Újdonság, hogy a rugalmas elektródák állandóan nedves állapotáról – ami az optimális vezetőképesség feltétele – külön vízellátó rendszer gondoskodik. A rendszerbe beépített és utántölthető hajlékony víztartály 30 ml vizet tárol, amellyel közel 5 napos működőképességet biztosít. Az elektróda emberi testtel érintkező felületén olyan textilanyagú párna található, amelyet plazmakezeléssel implantált felületű poliészterszálakból ill. -fonalakból hímzéses technológiával alakítottak ki. A párnák készítéséhez felhasznált szálakat két rendkívül vékony réteggel vonták be. A belső réteg ezüst, az elekt-



A mellkasi öv felépítése

14. ábra



A mellkasi öv hosszú ideig nedves elektródája

15. ábra

romos jelek átvétele és antibakteriális körülmények biztosítása érdekében. A külső bevonat néhány nanométer vastagságú titánköpeny. Utóbbi a jelstabilitás elérésére és a bőr irritáció megakadályozására szolgál, az ezüst részecskék kiszabadulását akadályozva. Az egyéb textil-idomok illesztését speciális lézeres hegesztéssel végzik, ezzel gátolva a víz és vízgőz nemkívánatos áthatolást. Az így kialakított mellkasi öv – az elektromos csatlakozás megszüntetése után – pl. mosással tisztítható.

A fejlesztők további kísérleteket terveznek, hogy a speciális textilbevonatú és nedves felületű elektródák újabb felhasználási területeit feltárják. Felmerült a fájdalom enyhítő izomstimuláció és az interferencia hullámterápia pl. vastagbél problémák kezelésére (14., 15. ábra).

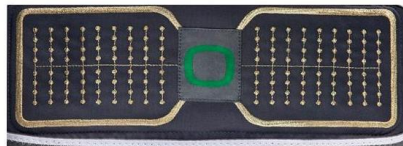
2.2. Neuro-rehabilitációs kesztyű

A sztrókot és agysérülést szenvedett betegek számára kifejlesztettek egy speciális kesztyűt (16. ábra). A vezetőképes fonalak segítségével kialakított textilelektrodák lehetővé teszik adott izmok és/vagy izomcsoportok szelektív stimulálását. A hagyományos szálanyagok közismerten általában kiváló szigetelők, így a szálak felületére felvitt fémbevonat, vagy a belsejükbe beágyazott elektromosan vezető elemek (pl. szén, nikkel, réz, arany, ezüst vagy titán) alkalmazásával érnek el vezetőképes textilanyagokat. Főleg a stroke betegség és agyzűződés miatt mozgászavarral küzdő személyek kezelésére ajánlott. Az érzékeny stimuláció az ujjvégeken, ill. a kézen fejt ki hatását, a szenzomotoros probléma



A neuro-rehabilitációs kesztyű

16. ábra



a vezetőképés fonalakkal és elektródákkal kialakított textíleszköz belülről



A fizioterápiás derék öv

17. ábra

gyógyítására. Az elveszett agyi kapacitások működőképességének visszaállítására, a beteg a kényelmes neuro-rehabilitációs kezelést otthon, maga is végrehajthatja.

2.3. Fizioterápiás öv

A fejlesztés indítéka, hogy a világon sok millió ember szenved krónikus, főleg mozgásszervi fájdalomtól. Gyakori a porckorongsérv és gerinccsatorna-szűkület okozta szenvedés. Üreges kelmék felhasználásával végzett fejlesztés eredménye az otthoni alkalmazásra is kialakított fizioterápiás (elektroterápiás) eszköz. A „textil-microsystem” technológián alapuló, a textíliába telepített elektronikát magába foglaló, széles övszerű derékpánt bizonyára népszerű lesz a betegek körében (17. ábra). A neurobiológiai tudást az egészségügyi szakemberek adták pl. az optimális elektromos impulzusok eléréséhez, amely enyhíti a fájdalmat az érintett idegek megcélzásával. A „hátsó biztonsági övnek” is nevezett eszközben, a vezetőképés fonalakból felépülő textília közvetítésével jut el az elektródákhoz az optimálisan elosztott áramsűrűség. A továbbfejlesztésnél az olyan elektroterápiára alkalmas sávok kerülnek az előtérbe, amelyek célirányos kialakításukkal a nyak-, a váll- és a térdrészekre is helyezhetők.

2.4. Háromdimenziós nyomásmérés járás közben

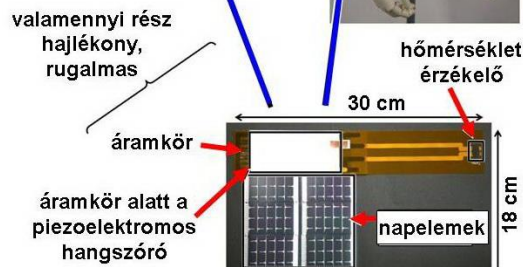
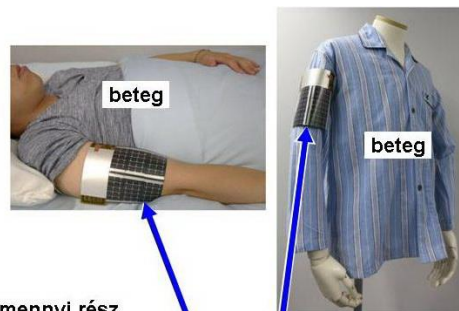
Zokniba, harisnyába integrált, háromdimenziós nyomásmérésre alkalmas textíliát fejlesztettek ki a cukorbetegség számára (18. ábra). Az új típusú, vékony szilikon-elasztomer (kémiai és fizikailag stabil, hidrofób tulajdonságú rugalmas polimer) érzékelők textíliába



nyomatkép a túlterhelések jelzésével

Zokni háromdimenziós nyomásméréssel

18. ábra



Láz érzékelő és jelző karszalag

19. ábra

történő telepítése azért jelent nagy előrelépést, mert az eddigi rendszereknél a cipőkben elhelyezett speciális talpbetétekkel tudtak csak használat közbeni nyomásadatokhoz jutni. Emiatt a talpon kívüli lábrészeknél kialakult nyomási igénybevételek követésére nem volt mód. Az elektronikai egység által továbbított jelek segítségével, a háromdimenziós mérési eredmények vezeték nélküli kapcsolattal megjeleníthetők az okos telefon vagy tablet kijelzőjén. A cukorbetegség nyomom tudják követni, hogy járás közben milyen mértékű és eloszlású nyomás terheli a lábukat, figyelmeztető jelleggel követhető, ha túl nagy nyomás lép fel, akár egy helyen is. A fejlesztők tervezik, hogy könnyen rögzíthető és eltávolítható szalagra kerüljön a „viselhető elektronika”. A szenzorok ellenállnak a víz, a mosószer hatásának, ill. akár a fertőtlenítőszernek is, így a szokásos módon megoldható a háztartási tisztítás. A zokni ill. harisnya pamutból és szintetikus szálal tartalmazó fonalakból készül, biztosítva a ruházatfiziológiai komfortot (nedvesség transzportálás, légáteresztés, kedvező lábközi mikroklima). Akár a textílrétegek közé is telepíthető a multifunkcionális rendszer, amely viselési kellemetlenséget nem okoz.

2.5. Lázjelzés „riasztó” karszalaggal

A hagyományos testhőmérséklet-érzékelők merev szerkezeti elemekkel nem képesek a hordozható kivitelre, ezért kifejlesztettek egy ún. „láz riasztó karszalagot” (19. ábra). A rugalmas és viselhető, vezeték nélküli eszköz hangjelzést ad, ha magas testhőmérséklet alakul ki. A készüléket rugalmas amorf szilícium napelem látja el energiával, amely hőmérséklet-érzékelővel, piezoelektromos hangszóróval alkot egy komplett egységet. A funkcionális karszalag 30 cm hosszú és 18 cm széles, amely nem csak közvetlenül a bőrön viselhető, hanem vékonyabb ruházattal borított felkaron is. A rendszer hajlékony hődetektora érzékeli az előre beállított érték tartományban a tényértékeket (pl. 36,5–38,5 °C), hangjelzést ad a lázas állapotról. A piezoelektromos hangszóróban a kristályok alakja megváltozik, ha megfelelő részei elektromos feszültség alá kerülnek, így nagyfrekvenciás hangok kiadására képesek. A csecsemők, idősek és betegek ellátásához szükséges a vezeték nélküli,

a viselő személy komfortérzetét nem befolyásoló, karbantartást nem igénylő megoldás a szívritmus kontrolljára is alkalmas. A készülék előállításához elég olcsó ahhoz, hogy higiénia okokból akár eldobható használatra is alkalmas legyen.

2.6. Narancsbőr elleni küzdelem textíliákkal

A bőr ápolására nemcsak a kozmetikai ipar termékei alkalmasak, több éve speciális textilanyagokkal is lehetőség nyílik annak megővására, ideális állapotának szinten tartására és nem utolsósorban az elváltozások okozta problémák korrigálására.

A szálanyag-rendszerbe beépített speciális gyógyhatású készítményekkel többek között megoldható, hogy a különböző bőrbetegségekkel együtt élő embereknek ne kelljen kenőcsökkel kezelniük a beteg testfelületet. Sajátos szénhidrát-vegyületek a hatóanyagok hordozói (ún. mini-konténerek), ezeket a szálgyártásnál, vagy a kelmére, ill. konfekcionált termékekre viszik fel. A mikro-kapszulákba zárt hatóanyag a használat során – a test melegétől, vagy a viselés közbeni sűrűlődtől fel-

szabadulva – a bőrön keresztül lép kapcsolatba az emberi szervezettel. Célja a bőrkezelésen kívül lehet fájdalomcsillapítás, reumatikus panaszok enyhítése, a hormonháztartás „rendbetétele”, az immunrendszer erősítése stb. Az így készült ruházat a hatóanyag kimerülése után az erre a célra kifejlesztett különleges mosószer kapszuláival aktiválható.

Az önsterilizáló ezüstbevonatú ill. nanorészecskékkel adalékolt szálanyagok antibakteriális képessége azzal magyarázható, hogy a pozitív fémion a kórokozót elpusztítja, amikor annak fehérjéjével kapcsolatba lép. Egyebek mellett az idegrendszeri zavar következtében kialakuló, viszkető foltokban megjelenő bőrelváltozás, a neurodermitisz kezelésében is eredményesen használható az ezüsttartalmú textília. Alkalmaznak ezüstbevonatú, utólag fémezett poliamid textíliákat kötött kelméből készült alsóruházat céljára, ill. szövött anyagokat ágyneműhöz (matrac, huzat stb.), ekcémás és gombás, ill. egyéb kórokozók által kialakult bőrbetegségek leküzdésére.

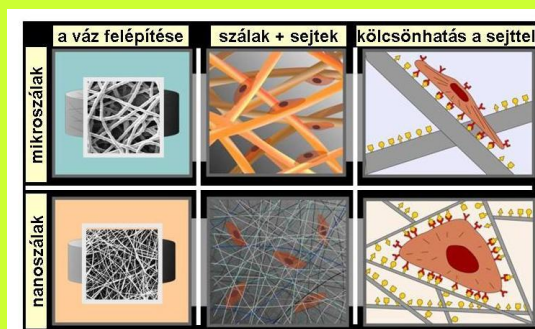
A mikro- és nanoszálak előállítása és orvosbiológiai alkalmazása

A **mikroszálak** olyan mesterséges szálanyagok, amelyek finomsága 1 dtex-nél kisebb, azaz 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 szálképző fej 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 (22. ábra). 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-

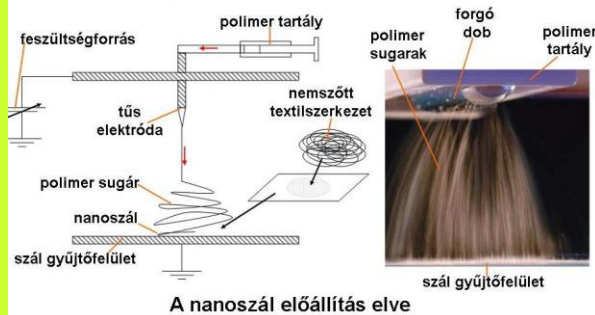
részecskék alkotta folyadékáram felgyorsul, egyre vékonyodik. Egyúttal ostromozó-mozgás is jön létre, tovább finomítva, hosszabbítva a készülő nanoszálakat. Ezek nagyon kicsi átmérőjű (<500 nm) szálak, a nemszött jellegű szálrendszert nagy fajlagos felület, kis pórusméret és nagy porozitás jellemzi.

Ilyen szálrendszerekre telepített sejtenyészeteket és egy alkalmazásokat a 23. ill. 24. ábra mutat.



Sejtenyésztésre alkalmas szálrendszerek

23. ábra



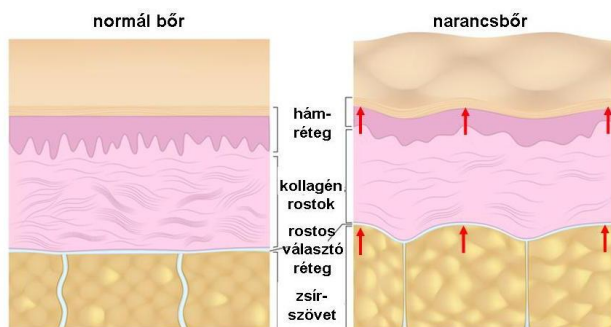
A nanoszál előállítás elve

22. ábra



Példák a testszövet regenerációs megoldásokra

24. ábra

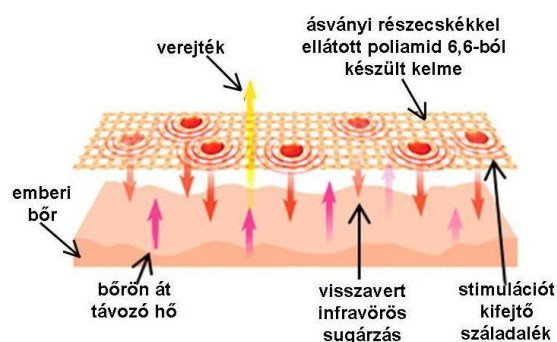


A narancsbőr kialakulása

20. ábra

A textilipari és egészségügyi kutatók együttműködése újabb területen járt eredménnyel, amikor a narancsbőrrel (cellulit) foglalkoztak. Ez nem minősül ugyan kóros állapotnak, azonban esztétikai szempontból bőrgyógyászati elváltozást jelent, ill. kozmetikai jelentősége fokozott. Az elnevezés onnan ered, hogy a bőr alatti kötőszövetben előforduló, sövényekkel határolt helyi zsírfelhalmozódás a narancs héjához hasonlóan egyenetlenné teszi a bőr felszínét (20. ábra). Leggyakrabban a combokon, az ülepen jelenik meg, ritkábban a has bőrén jön elő. A narancsbőr kialakulásának pontos oka a mai napig nem ismert, azonban az elváltozott zsírszövetekben előforduló és a narancsbőrtől mentes zsírszövet között számos anatómiai és biokémiai eltérésre derült fény. Narancsbőr esetén a zsírszövet lebenykéi, nagyobb számban betüremkednek a bőr kötőszöveti – kollagénrostos – rétegébe. A kutatások szerint a narancsbőr-képződés egyik fő oka a helyi vér- és nyirokkeringés zavara, ez a zsírszövetek oxigénhiányos károsodásához vezet, ami a körülöttük található kötőszövet heges átépülésével jár. Felmerül az is, hogy a narancsbőrt alkotó zsírszövetekben jelentős a vízfelhalmozódás (a hajszálerek falán át túl sok folyadék kerül a sejtek közé, a gyenge visszahívódás ödémát okoz), azonban ezt az MRI vizsgálatokkal nem sikerült igazolni.

Kutatások folytak, miként lehet az emberi test infravörös sugárzását visszafordítani, miután ez a vér- és nyirokkeringésre kedvezően hat. Az emberi szervezet megfelelő érzékelés esetén hővezetéssel, hőáramlással, ill. sugárzás útján képes szabályozni a hőleadást. A hő-



Az infravörös sugárzást visszatartó textil

21. ábra

sugárzás az infravörös tartományba esik. Ennek 15 μm -nél nagyobb hullámhosszú tartománya (FIR) lényeges, mert tükrözéses visszatartása a bőr szöveteit enyhe melegítéssel élénkíti, serkentve a vér- és nyirokkeringést. A poliamid 6,6 típusú, polikondenzációs szintetikus mikro-szálasanyag gyártása során a polimerbe olyan parányi ásványi részecskéket kevernek, amelyek akadályozzák az emberi testből kifelé áramló infravörös sugárzást. A speciális – alkalmas poliamid 6,6 mikroszálakból felépülő – textilanyag visszaveri ezeket a sugarakat, javítva a bőr rugalmasságát, csökkentve a narancsbőrös elváltozásokat. Az ebből készült, puha tapintású és könnyen kezelhető alsóruházatok, testformáló fehérneműk, harisnyák viselése – klinikai vizsgálatokkal igazoltan – kedvező stimulációt biztosít a „hő-visszavezetéssel”. A kozmetikai előnyök mellett a sportruházatok területén is hasznosak az ilyen textiliák, mert a mélyszöveti melegítés mérsékli az izmok kifáradását (21. ábra).

Felhasznált 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] Lázár Károly: Tectextil 2015, Magyar Textiltechnika, 2015/3
- [4] Kutasi Csaba: Egészségmegőrzés és helyreállítás innovatív textilanyagokkal. Semmelweis Orvostörténeti Múzeum, Könyvtár és Levéltár, Budapest, 2013. november 28.