

Textil implantátumok ín- és izületszalagok céljára

Kutasi Csaba

Közel másfél évszázad telt el Franz König sikeres ín-varró műtété óta, és ma már szerte a világon napjaink bevált szalag-sebészeti beavatkozása a textil implantátumok beépítése. Hétköznapi ortopéd-sebészeti – esetenként traumatológiai – beavatkozások közé tartozik többek között a mesterséges ín- és izületi szalagok beültetése a különböző helyreállító operációk során.

Ehhez a textilipari nyersanyagok területén ki kellett fejleszteni olyan mesterséges szálakat, amelyek az élő szervezetbe kerülve maradéktalanul kielégítik a biomechanikai követelményeket, egyértelműen garantálható a problémamentes befogadásuk és előre kiszámítható ill. ellenőrizhető az emberi testtel létesített kapcsolatuk. A kelmeképzés technikai fejlesztései is jelentősen hozzájárultak ahhoz, hogy az orvosok és a textilmérnökök hathatós együttműködéseként egyre jobban elterjedjenek ezek a termékek. A mesterséges implantátumok az emberi szervezet olyan részeinek helyettesítésre alkalmasak, amelyeknél ennek hiányában már nem lenne mód a tökéletes reparációra.

Textíliák a gyógyászatban

A textíliák rendkívül széleskörű alkalmazása az egészségügyben és a gyógyászatban ma már eléggé közismert. Passzív hasznosításként többek között a dialízis membrán, sebészeti varrófonal, aktív textíliaként a műér, műbél, ín- és szalagsebészeti implantátum, stb. kerül előtérbe. Egyes fejlett nyugat-európai országokban az előállított összes textiltermékek egyharmada már most is műszaki rendeltetésű, a prognózisok szerint hamarosan évi 24 millió tonnára nő a textilanyagok műszaki célú előállításának a világon. A különböző műszaki textil szerkezetekben a rendszer fő elemei a speciális szálanyagok. Ezek lehetnek a kémiai besorolásuk szerint szerves eredetűek közül első (alap-polimerek), második (pl. az ún. bikomponens szálak), vagy a napjainkban népszerűbb harmadik generációs (nagytejlesítményű) szálak. A legújabb fejlesztésű, ún. negyedik generációs szálak inkább az intelligens textíliák alapanyagai, amelyek a környezeti változásokra jellegzetes tulajdonság-módosulással reagálnak, ill. eredeti állapotukra visszaemlékeznek. A különleges szálanyagokból úgy készülhet speciális textiltermék, ha akár több tudományág összefogásával adott célfunkció kielégítésére fejlesztenek ki konkrét szerkezeteket, rendszereket. Ennek példája az egyes textilipari eljárások kapcsolatba kerülése az orvostudománnyal. Jó példát mutatnak erre a textilmérnökök és a sebészek kooperációjából kifejlesztett implantátumok, mint sajátos műszaki textíliák, amelyeket ma már nagyüzemileg gyártanak. Az ezzel kapcsolatos fejlesztéseket az ösztönözte, hogy az emberi szervezet egyes részeinek helyettesítésére nincs mindig átültetési lehetőség, azaz a mesterséges szövetek előállítási igénye egyre inkább szükségessé vált.

Anatómiai vonatkozások

Az ín- és izületi szalagok, mint beültethető protézisek az egészségügyi rendeltetésű aktív műszaki textíliák jelentős csoportját alkotják. Az alapötletet egy eredményes ínvarrat végrehajtása adta az 1870-es években, (az antiszeptikus időszakban).

Csontrendszerünket különleges felépítésű anyag jellemzi, szilárdsága a tölgyfával, hajlékonysága a nád-szállal egyezik. Néhány szemléletes adat: 1 gramm csont erősebb ugyanilyen tömegű acélnál, négyszer szilárdabb a betonnál, 16,3 cm³-nyi csont 8,6 tonna terhelést bír ki. A csontváz részben védi a szerveket, másrészt ellátja a test megtámasztását és biztosítja a ráépülő izomzattal harmonikus mozgásunkat. Ugyanakkor létfontosságú anyagokat (vérsejtek, ásványi anyagok) is továbbít a szervezetbe. Az ún. tengelycsontok képezik a vázszerkezetet (pl. koponya, gerinc, bordázat), a függelékcsontok csoportjába tartoznak a végtagok, ill. a végtagokat a tengelycsontokhoz kapcsoló (váll- ill. medence-öv) részek csontjai.

A csontok találkozási pontjainál találhatók az ízületek, amelyek kollagén rostokból felépülő szalagok és sűrűlődszövetek kenőanyagok közreműködésével valósítják meg a mozgást. Az ízületek tehát összetartják a csontvázat, ugyanakkor az egyes csontok között erő- és mozgásátvitelt valósítanak meg. Ennek érdekében a csontvégeket ízületi porc fedi a súrlódás csökkentésére és kipárnázást jelent a rázkódások kompenzálására. A csontvégek közötti keskeny rész teszi lehetővé a szabad mozgást. A mozgékony ízületek alkotják a forgáspontot, a kapcsolódó csontok az erőkart, a környezetben tapadó izmok pedig az elmozduláshoz szükséges erő kifejtésben működnek közre. Az ún. ízületi tokot (mint a mozgó izület rész köpenyét) a csonthártya hüvelyszerű nyúlánya adja, biztosítva a belső mozgást, ugyanakkor szilárdítással gátolva a káros elmozdulást (ficamot). A tok belsejét burkoló hártya termeli az ízület „olajozását” ellátó sűrű folyadékot (amely egyúttal sejteivel eltávolítja az ártalmas mikroorganizmusokat és a felgyülemelő törmeléket is). A nyálkatőmlők (a térdizületben pl. 12 ilyen zárt zsákocskát találhatók) kevésbé viszkózus folyékony váladéka a csont- és izomrendszer, ill. a csont feletti ín és bőr egymás felszínén történő elcsúszását segíti elő. Az ízületek fő ellensége a gyulladás, amely a reumatikus okokon kívül a sérülések okozta krónikus ízületi gyulladások következménye lehet. A kóros elváltozás azzal magyarázható, hogy a porcokon kialakuló lerakódásra (a „pannusra”, amely fehérvérsejtekből és sejt-törmeléből áll) reagáló falósejtek termeltek enzimeket az egészséges izületszöveteket megtámadva helyi kötőszövetet, majd merev csontszövetet hoznak létre a porc helyén. Ennek a káros, ún. SOD-enzimnek a működését gátolja, pl. a rezeget textilanyagból készült fásli.

A térd a legbonyolultabb, ugyanakkor legsérülékenyebb része az emberi csontváznak. A gyenge térdizület stabilizálását az ízületi szalag átültetésével vagy speciá-

lis textilanyaggal történő pótlásával végzi a sebész. Megemlítendő, hogy az artroszkópia egy olyan térdizület vizsgálati és beavatkozási módszer, amelynek során szálóptikás (speciális üvegszálból képzett) eszköz bevezetésével tájékozódik az orvos, sőt alkalma nyílik a sérült részek kimetszéses eltávolítására is. A gyenge térdizület stabilizálását az ízületi szalag átültetésével vagy - speciális műszaki textillel történő - pótlásával végzi a sebész.

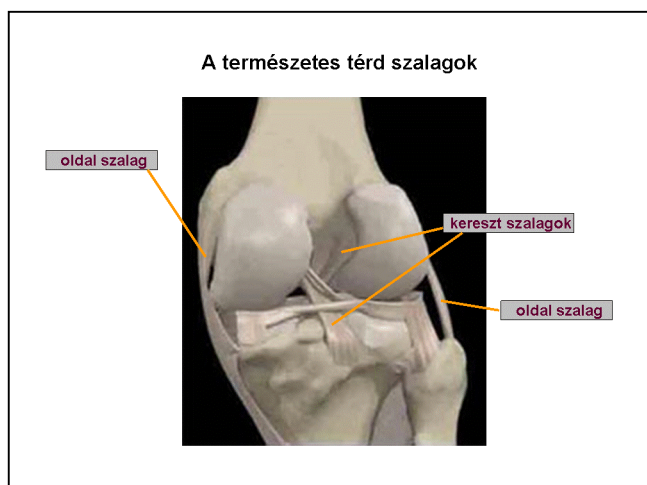
Az ízületi szalagok és izmok minden mozdulatnál összehúzódnak, elernyednek, elcsavarodnak és elfordulnak. Az ín- és ízületi szalagok pótlása esetében mozgástanilag olyan textil alapanyagokra és szerkezetekre van szükség, amelyek a több millió dinamikus és ismételt húzó, hajlító ill. csavaró igénybevételeknek maradékalakváltoztatás nélkül ellenállnak, emellett kielégítik a bio-kompatibilitás, a sterilizálás, a műtéti technika által igényelt könnyű kezelhetőség és a sebészeti varrhatóság és varrattartósság kritériumait. Mindezeknek a követelményeknek csak igen összetett anyag-kiválasztási és textilszerkezeti fejlesztésekkel lehet megfelelni, amihez nélkülözhetetlen a textil-mérnökök és a sebészorvosok széleskörű együttműködése.

A bioanyagok követelményei, váz-izomrendszeri felhasználásuk

A bioanyagokkal szemben több alapkritériumot támasztanak, így többek között

- tartósan álljanak ellen a fellépő mechanikai hatásoknak,
- ne fejtsenek ki káros – főleg mérgező – hatást a befogadó szervezetre,
- a szervezettel ellenőrizhető és kiszámítható módon lépjenek kapcsolatba.

Korábban olyan anyagok beültetésére is sor került, amelyek kisebb mértékben reakcióba léptek a környező szövetekkel, így pl. a beültetés után kémiai kapcsolatot létesítve rögzítették a struktúrát, vagy fokozatosan lebomló és felszívódó bioanyagok alkalmazása is előfordult. Közismertek a különböző szív- és érrendszeri pótlások, valamint a csonthelyettesítők. Utóbbiaknál lényeges az optimális merevség és elvárt nagy teherbírás, továbbá fontos a csontszövet újraképződésének biztosítása. Felmerülhet emellett az átmeneti szerep is, azaz hogy a beültetett rész segítse a csontregenerálódást, majd felszívódás után adjon helyt az új szövetnek.



Az ín- és szalagsebészetben használatos bioanyagok olyan pótlásokat tesznek lehetővé, amelyek tartósan helyettesítik az élő szervezet erős és rugalmas rostjait. A mesterséges ín- és szalagpótló textíliákkal szemben az alábbi fő követelményeket támasztják:

- bio-kompatibilitás, azaz megfelelően szövetbarát polimerek legyenek;
- hatékony sterilizálhatóság,
- elvárt mértékű, és az élettartam alatt változatlan, tartós szilárdság és rugalmasság,
- optimális hajlékonyság a hosszú élettartam során,
- könnyű kezelhetőség a műtéti technikák alkalmazásával,
- varrattartósság és varratállóság (a tű nem ronthatja a textilt, a szélrészek nem rojtozódhatnak, a varrat nem lazulhat ill. pattanhat fel a huzamos használat során);
- az implantátumok végeit hőkezeléssel fixálják a szalagpótlás stabilitása érdekében ezek nem távolíthatók el a beültetés során. A kiválasztott anyagnak ennek a követelménynek is meg kell felelnie.

A fentiek kontrollálására biomechanikai, biológiai és klinikai tesztek végeznek.

A textíliából készült implantátumokat főként a különböző sérülések gyógyítására használják. Így pl.

- a térdizületnél bekövetkező zúzódások, rándulások, továbbá az oldal- ill. keresztszalagok (utóbbiak az elcsavarodást gátolják) traumás behatásai indokolják a szükséges műtéteket,
- a csukló- ill. kézfej-sérülések (pl. az ujjak hajlító-inai) szintén operációval gyógyíthatók.

A szalagok (főleg ín esetében), mint erekben szegény, lassú anyagcseréjű szövetek regenerációs-készsége minimális, ezért pótlásuk saját testszövetekkel (az alsó lábszárból ill. az alkarból származó alkalmas és nélkülözhető részek kimetszésével), optimális varrócérna használatával oldható meg.

A szalag- és ín-helyreállító textíliák előállításánál már az alapanyag megválasztása sem egyszerű feladat. Először a nem sebészeti célra kifejlesztett anyagokkal (pl. különböző aromás poliamidokkal, így Kevlarral) kísérleteztek, majd kipróbáltak poliészter-, poli-tetrafluoretilén-, polipropilén- és szénszálakat is. Az implantátumok optimális felületképzése ill. kialakítása sem adódott könnyen, hiszen ezeknek rendkívül összetett mechanikai igénybevételeket is tartósan ki kell bírniuk. Olyan



tartósságra kell törekedni, hogy akár 25 éves élettartam is elérhető legyen. (A vizsgálatoknál ennek 11 millió igénybevételi ciklus felel meg.) Fontos a műteti eljárásoknál alkalmazott varratok tartóssága is. A mesterséges szalagoknak megfelelő porozitásaúaknak kell lenniük: az élő szövetekbe történő megfelelő beépülést a 400 µm-es nyílásméret biztosítja. Mindezek szem előtt tartásával kötött, fonatolt ill. szövött termékekkel egyaránt foglalkoztak a fejlesztők. A különböző tesztek során abból indultak ki a szakemberek, hogy az emberi szervezetben megfelelően funkcionáló szalagok milyen igénybevételeknek vannak kitéve adott helyzetekben. A térd elülső kereszt-szalagja esetében például a feszültség-nyúlás vizsgálatok a következő statikus eredményeket mutatták:

- sétálás folyamán 200 N húzóerő és kb. 5 % nyúlás jellemző,
- futásnál 700 N húzóerő és mintegy 15 % nyúlás lép fel,
- a maximális terhelhetőség kb. 1700 N, az ehhez tartozó szakadási nyúlás kb. 50 %,
- sérülést kb. 2000 N nagyságrendű (ill. ennél nagyobb) húzóerő okoz.

A mesterséges szálakból készített szalag-implantátumok terhelés-nyúlás diagramjaira a meredebb görbe jellemző, azaz szilárdságuk nagyobb, nyúlásuk viszont kisebb mértékű. Így az előszervezeti szalagok magas deformációs képességgel és kisebb terhelésselveléssel rendelkeznek. A textíliából készített pótlások nagyobb szilárdságúak, ugyanakkor alakváltoztató képességük a jól megválasztott alapanyag és struktúra esetében is gyengébb. Ennek kontrollálására azonban nem egyszerű igénybevételeket modelleztek, hanem az életszerű körülményekhez jobban igazodó dinamikus meghatározásokat valósították meg.

A dinamikus hajlítási teszténél – a tényleges behatásokat figyelembe véve – olyan körülményeket biztosítanak, amelyekkel jól imitálhatók a tényleges hatások. Ennek lényege, hogy a próbatestet úgy rögzítik egy szakítógépszerű eszköz befogó pófáiba (300 N terheléssel), hogy közben négy darab, 10 mm átmérőjű acélrúdon megtörve halad. Az alaphelyzetben 60°-os szöget bezáró egyik rúd vizsgálati ciklusonként 7 Hz frekvenciával emelkedik ill. süllyed. A megfelelő műszalag-típus vizsgálata során 11 millió ciklusos igénybevételével mindössze 0,6 % tartós nyúlás következett be.

Az ismételt húzó, csavaró és hajlító teszténél a műszalag-próbadarabot egyik végén 30°-os szöget bezáró, 1 mm-es hajlított sugarú fémlapot megtörő helyzetben rögzítik. A próbatestet másik végét 110 N erővel húzzák, ill. 5°/10 cm torziós igénybevételnek teszik ki 2 Hz frekvenciával. Az alkalmas mesterséges szalagoknál 10 millió ciklusos igénybevételnél olyan maradó nyúlást regisztráltak, amellyel jelentéktelen 1,5 mm-nyi tartós hossznövekedés következett be, ugyanakkor nem ritkák a 0 %-os maradó nyúlást produkáló típusok sem.

A szalag-implantátumok alapanyagai, kialakításai

A fentiek alapján egyértelmű, hogy kizárólag egyes (főként egyes első és ún. harmadik generációs) szintetikus szálak alkalmasak erre a célra. A biomechanikai ill. biológiai alkalmasság esetén alapvető fontosságú a

szálgyártás végső fázisában alkalmazott aviválószerek (antisztatizáló, lágyító, egyéb szárfelület bevonó segédanyag) maradéktalan eltávolítása.

Az aromás- és egyes alifás *poliamidok* előnyös implantátum nyersanyagok bizonyultak. Kiemelendő a nagy szilárdságuk, ami nedvesen is csak kis mértékben csökken, a jó rugalmasságuk, nagy csomószilárdságuk, tartós hajlító-szilárdságuk, kiváló kopásállóságuk, optimális biológiai ellenálló-képességük. Hátrányuk azonban, hogy a szöveti összeférhetőségük a szilikonos bevonással sem javult kielégítően.

A poli-tetra-fluoretilén (pl. Teflon) tömör szerkezetű polimerizációs szintetikus szál kis sűrűdési tényezőjű (csúszós tapintású), nagy sűrűségű szálanyag. Kiváló hő- és vegyszerállóságú, viszont szilárdsága és nyúlása aránylag csekély.

A hazánkban is gyártott *szén-szálak* döntően szén-atomokból felépülő, harmadik generációs szálanyagok. Húzószilárdságuk rendkívül nagy (2000–5000 MPa), rugalmassági modulusuk magas, szakadási nyúlásuk viszont igen kicsi (mindössze 0,7–2,0 %). Kis sűrűségűek, elektromos vezető-képességük kiváló, hőállóságuk jó, nedvességfelvételük elvileg nincs, nem mágneseződnek, a röntgen-sugarakat át-eresztik, biológiailag ellenállóak. Mindezen előnyök ellenére a szalag-implantátumként történő felhasználásuk során problémát okozott a szén-szál törékenysége (merevség, kis szívósság), ezért ennek ellensúlyozásra átmenetileg polimer-tejsavval vonták be a szálakat. A beültetést követően kb. 2 hét után a felszívódó tejsav helyébe lépnek a kollagént termelő sejtek, ill. a szén-szálak közé az új kötőszövet épül be.

A fejlesztések során végül a *poliészterek* ill. a *polipropilén szálak* egyes típusai váltak be:

A *poliészterek* közül a polietilén-tereftalátok a legelterjedtebbek. Szilárdságuk közel olyan, mint a poliamidoké és a minimális vízfelvétel miatt nedves szilárdságuk sem kisebb, rendkívül rugalmasak (pl. 5–6 %-nyi nyúlást követően a terhelés megszűnte után nincs maradó nyúlás), modulusuk a poliamidok 3–5-szöröse. Alaktartósságuk szinte a legjobb a szintetikus szálak között. Kopásállóságuk kisebb, vegyszerállóságuk viszont jóval nagyobb a poliamidokénál, baktériumoknak ill. egyéb mikroorganizmusoknak kiválóan ellenállnak. Tulajdonságaik, pl. a különböző mechanikai jellemzők előnyösen alakíthatók a szálgyártáshoz alkalmazott monomerek megfelelő módosításával, ill. a szálszerkezet szükség szerinti megváltoztatásával.

A műszaki célokra készült *polipropilén* szálanyag szilárdsága nagy, nyúlása viszont az igények szerint alacsonyra állítható be. Rugalmassága a poliamidéhoz közelít, de kopásállósága a poliamidénál gyengébb. Vízfelvevő képessége gyakorlatilag nincs. Sűrűsége az összes mesterséges és természetes szál között szinte a legkisebb (0,9 g/cm³), vegyszerek hatásának, mikroorganizmusoknak ellenáll. A gyártás során megfelelően megválasztott kémiai ill. fizikai módszerekkel a polipropilén egyes tulajdonságai kedvezően megváltoztathatók.

A szalag-implantátumok kialakításánál, a rendeltetési célnak legmegfelelőbb *kelmeképzési eljárás kiválasztása* során főként a használat közbeni nyúlási viszonyok, ill. beépülést segítő porozitási jellemzők az alapvető meghatározó tényezők. A nyúlás-komponenseket tekintve például már a legcsekélyebb maradó nyúlás is komoly káros elváltozások forrása lehet.

Gyártási eljárásként elsősorban a szembiztos kötött, esetenként fonatolt ill. szövött termékek kerülnek előtérbe. A szalag-implantátumok hossza pl. 380 mm, szélességük 20–80 mm, porozitásuk (a hézagok mérete) 400 µm körül kell legyen. (A porozitást a kelme levegővel töltött térfogatának a teljes térfogathoz viszonyított %-os arányával is ki szokták fejezni.) A szakítóerő 1450–1800 N között jellemző, a szakadási nyúlás legfeljebb 15 % lehet, 11 millió ciklusos dinamikus tesztnél célszerű, ha nem áll fenn néhány mm-nél nagyobb kimutatható mértékű maradó nyúlás. A szalagok egyik vége általában hurokban vagy furatos fémlemezben végződik (az előbbinél a hurok szemébe kerül a rögzítő fonal, az utóbbinál a lyukas fémelem segítségével kapcsolással, csavarral rögzíthető a szalag a csomóhoz). A másik végén rögzítő szálak találhatók az élő izületi- ill. ínszalaghoz való kapcsolódás céljából. Az említett biomechanikai alkalmasság mellett alapvetően meghatározó kritérium a biológiai-megfelelőség (szövetbarát jellegű legyen, a befogadó szerkezetet ne mérgezze, előre kiszámítható- és ellenőrizhető módon lépjen kapcsolatba az élő szervezettel).

A kötéssel készülő szalag-implantátumoknál a termékeket a fonalak összekapcsolódó szemek formájában építik fel. Az egymásba kulcsolódo fonalhurkok lényegesen lazább szerkezetet eredményeznek, mint a szövetek szorosan egymást keresztező fonalai, ezért a kötött kelme hajlékonyabb, nyúlékonyabb és rugalmasabb, mint a szövött. A szalag-implantátumoknál fontos szembiztoság (szemfutas-mentesség) érdekében főként a láncrendszerű kelmék egyes típusai jöhetnek számításba, amelyek nyúlékonyasága is megfelelő kötésmóddal jobban korlátozható. Ezek figyelembevételével a kötött szalag-implantátumoknál két láncrendszerű alapkötést (pl. zsinór- és féltrikó) kombináltan alkalmaznak, egy további fonalrendszer vetülék irányú befektetésével a keresztirányú nyúlás csökkentésére. Megemlítendő még az ún. multiaxiális kelmeszerkezetek is, amelyeknél hossz- és átlósirányban befektetett fonalakkal a kelmeszerkezet minden irányban egyformán tovább szilárdítható (nyúlása csökkenthető).

A fonatolás során csak egy fonalrendszert alkalmaznak, azonban a hosszirányban elhelyezkedő fonalak egyik felét jobbról balra, másik felét balról jobbra vezetik átlós irányban (a készülő termék egyiktől a másik széléig), miközben ezek alulról ill. felülről kölcsönösen keresztezik egymást. Az így kialakuló szalagszerű kelme a síkjában rendkívül hajlékony, ugyanakkor a fonalkeresztezések jellegétől függően a nyúlási viszonyok meghatározott értékek között tarthatók. A mesterséges térd-szalagok egy része lapos zsinórként fonatolással készül.

A szövött termékek közismerten a hosszanti lánc- ill. a keresztirányú vetülékfonalak kölcsönös kereszteződésével alakulnak ki. A fonalak kereszteződési helyeinél (a kötéspontoknál) fellépő sűrűdörös kapcsolat révén jön létre a szilárd lapszerű textiltermék. A legalább két egymásra merőleges fonalrendszer kereszteződési viszonyai számos módozat szerint kombinálhatók, a különböző kötésmódokkal a szövet több jellemzője tudatosan alakítható. A szövet szakítóereje, nyúlása, koptatással szembeni ellenállása a felhasznált fonalak anyaga és mechanikai tulajdonságai mellett a kötésmódtól és fonalsűrűségétől is jelentősen függ. A legszorosabb vászonkötés biztosítja a legszilárdabb szerkezetet, ugyanakkor a fonalsűrűség bizonyos mérték fölött fizikailag nem növelhető. A fonallebegések (ahol a szövet fonalai egymást lekötés nélkül keresztezik) viszont kedveznek a fonalsűrűség növelésnek, ezzel a szövet tartóssága növekszik, bár a fonallebegéseknél károsodik először az igénybevett szövet, ezért a fonalsűrűséget és a kötésmódot összehangoltan kell beállítani. A szövött kelmék maradó nyúlása a kötött kelmékéhez képest mindig nagyobb, így a műszalag rendeltetésnél ezzel számolni kell. A szövött izületi és ín-implantátumok általában szalagszövással készülnek, így a szélek megfelelő zártsága biztosított.

Íme néhány példa már ma is használatban levő jellegzetes implantátumokra:

- Nagyszilárdságú, 40 µm átmérőjű polipropilén szálakból felépülő multifilamentből kötött megerősített hálószerkezet vetülékbefektetéses láncrendszerű kötött kelméből, amelyet átlós szerkezeti elemekkel szükség szerint deformálnak (a felépítményt az áttört jelleg jellemzi). Az ilyen mesterséges szalagokat főként a térdizület megerősítésére alkalmazzák.

- Polietilén-tereftalát (poliészter) alapanyagból képzett, 18 µm átmérőjű végtelenszálakból képzett multifilament alapanyagból fonatolással állítják elő a lapos zsinór jellegű szalag-implantátumot, amely szintén a térdben kerül felhasználásra.

- Poliészter végtelen szálakból, 18 µm vastagságú, polietilén-tereftalát alapanyagú multifilamentből fonatolással képzett rugalmas szalag a csuklóizület megerősítésére.

A fejlesztések mind a felhasználásra kerülő különleges szálanyagok, mind a speciális textilszerkezetek kialakítása területén tovább folytatódnak. A korábbi tulajdonságaikra visszaemlékező, a környezeti behatásokra jelentős változással reagáló intelligens (negyedik-generációs) szálak e téren is fontos szerepet kapnak, ugyanakkor a korábbi típusok korszerű változatai is új alapanyagokat jelentenek.