

A műgyep is műszakitextília

Artificial turf is also a technical textile

Kutasi Csaba textilmérnök, igazságügyi szakmérnök

Károli Református Egyetem, BTK, Szabaddolcsészet Tanszék

vassanyi.miklos@kre.hu

Initially submitted May 10. 2023; accepted for publication September 3. 2023

Abstract

The artificial grass surface is manufactured by flat profile monofilaments with different cross-sections and partially by tufting of voluminous film-like artificial fibres, woven on a thin substrate with a meshlike structure. This layer for walking and all other uses resembles natural grass produced by cutting the loops formed primarily from fibres on the up-side surface, which is strengthened by a heat-treated fixing paste applied to the bottom of this complex structure. According to its purpose, artificial grass may be used in yards, terraces, and playgrounds, and its specially developed versions are applied to cover various open and indoor sports fields.

Kulcsszavak: műfű, monofilament, fonaltűzés, mintavétel, geotextília, hibrid gyepszőnyeg, súrlódási együttható, sportsérülés

Keywords: artificial grass, monofilament, tufting, sampling, geotextile, hybrid turf, coefficient of friction, sports injury

A mesterségesfű flórfelületét főként laposjellegű, különböző keresztmetszetű profil monofilamentekből és részben terjedelmesített fóliajellegű műrostokból fonaltűzés (tufting) eljárással alakítják ki, a közel hálószerkezetű vékony szövött hordozón. A hátoldalról betűzött szálakból átmenetileg kialakított hurkokat felvágva jön létre a természetes fűhez hasonló járó/használati réteg, amelyet az összetett szerkezet aljára felhordott és hőkezelt rögzítőpép szilárdít. Rendeltetése szerint udvarokban, teraszokon, játszótereken alkalmazzák, ill. speciális fejlesztésű változataikat különböző nyitott- és fedett sportpályák burkolására használják.

A Texas állambeli Houston korszerű fedett stadionjában - az 1965 évi megnyitáskor - természetes fűvel borított pálya várta a résztvevőket, azonban sajnos a szezon második felében már elhalt a pázsit, ezért az elszáradt fűvet kényszermegoldásként zöldre festették. Közben David Chaney, az Észak-Karolinai Állami Egyetem Textilipari Főiskolának dékánja által vezetett kutatócsoport az 1960-as évek elején kezdett munkája eredményeként fejlesztette ki az első figyelemre méltó műgyepet. A nagyiparilag gyártott termék a Monsanto cég által előállított „ChemGrass” volt, amely AstroTurf néven vált ismertté (ez a 20. század végén műfűtermékek általános védjegye lett). Az ilyen borítások használata az 1970-es évek elején terjedt el az Egyesült Államokban és Kanadában, mind beltéri, mind kültéri baseball- és futballpályákra telepítve. A további széleskörű elterjedést egyrészt a minimális karbantartási igény fokozta, miután nem igényel öntözést ill. nyírást, másrészt a fedett sportpályákon - az elegendő napfény hiányában is - probléma nélkül használható. Kedvező

még, hogy a műfü kibírja a sportolással kapcsolatos erős igénybevételt is. Később a lakossági pázsitoknál is elterjedt a műfü használata.

Az 1960-as évek első generációs műfűrendszereit a rövid szálak kitöltése nélküli változata jellemezte. A korszerűbb, második generációs mesterséges gyeprendszerei hosszabb szálakkal és homokbetétekkel készültek. A harmadik generációs, sportpályákon használt műfűrendszereket, korábban homok, ill. jelenleg főként újrahasznosított gumi granulátummal látják el.

Műfü alapanyagok

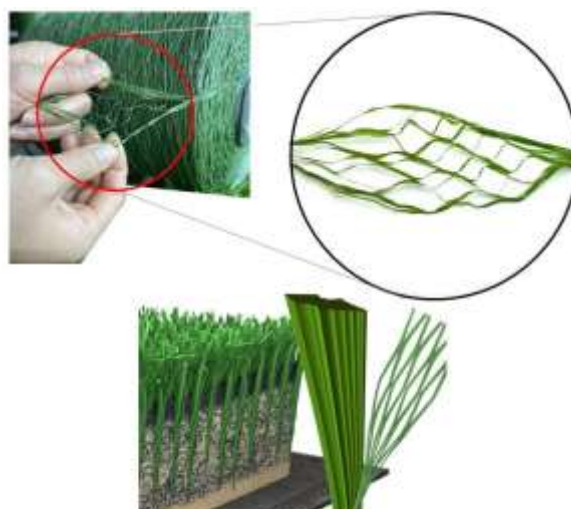
A műfü flórrétegét eleinte *poliamid 6,6-ból* (nylon), majd *polipropilénből*, ma már főleg *polietilénből* gyártják. A megfelelő polimerből fibrillált fonal ill. monofilament készülhet.

A fibrillált változat szalagként képződik, a szerkezet lehetővé teszi, hogy részben rostokra váljon szét (a latin fibrilla kifejezés rostocskát jelent). Így egy hálószerű képződmény alkotja a fűszálimitációt. A fibrillált szálak 4-7 éven belül elhasználódtak a folyamatos szétválás miatt. Az elterjedtebb monofilament tkp. önálló *profilszál*, amely sportpálya rendeltetésnél kb. 1.200 tex finomságú (lineáris sűrűségű). Az egyes formákkal rugalmasabb és erősebb szálak állíthatók elő, mint a laposabb típusok. A göndörített (terjedelmesített) – főként sárgásdrapp – (kb. 800 tex) rostok nemcsak a pázsit valósághű megjelenését segítik elő, hanem rugalmasságot is fokozzák.



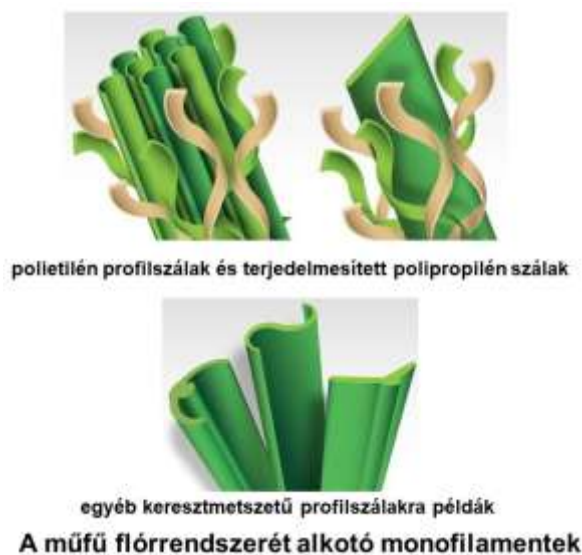
Monofilament előállítása flórszál céljára

1. ábra Flórszár gyártásának előkészítése

**Fibrillált műfűszál**

2. ábra fibrillált műfűszál

A színezéshez a megfelelő színezőanyagot az *extrudálási* folyamat elején adják a folyékony polimerhez. Ez az a pont, ahol különböző színű fonalak hozhatók létre. Fontos, hogy a *mesterkeverékből* előállított szálak zártkörűen kerüljenek felhasználásra, mert a különböző készítményeknél a tökéletes színezetegyezőség bizonytalan. Lehetőség van a zöld különböző árnyalatainak egy fonaltűzési kötegben való kombinálására, így természetesebb fű megjelenés alakítható ki. Főként a műfüves sportpályákon lényeges a labda kontrasztját fokozó hatás elérése.

**polietilén profilszálak és terjedelmesített polipropilén szálak****egyéb keresztmetszetű profilszálakra példák****A műfű flórrendszerét alkotó monofilamentek**

3. ábra monofilamentek a műfűben

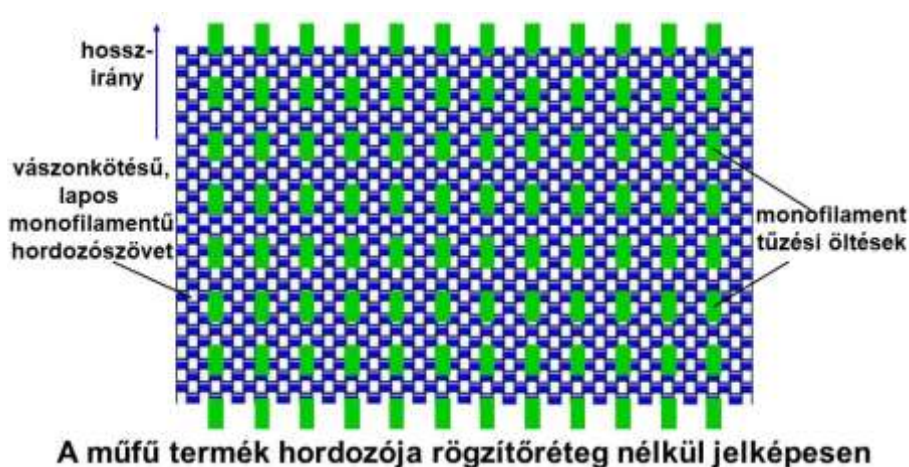
Gyártás menete

A fonaltűzés (tufting eljárás) során a *szalagszerű monofilamentekből* általában vászonkötéssel kialakított ritka szerkezetű szövet hordozóanyag halad a vízszintes síkban. Az állványokra feltűzött keresztcsévékből tengelyirányban lefejtett profil kialakítású

monofilamentek csövön keresztül jutnak el a tűsorhoz. A tűk távolsága a műgyep rendeltetésétől függ, pl. hosszabb szálú futballpályához $3/4$ vagy $5/8$ hüvelykes elhelyezés jellemző. A tűk lefelé mozogva áthatolnak a hordozószerkezeten, az áthúzott profilszálat átmenetileg egy hurokfogó rögzíti, majd a tű felfelé visszahúzódik a befűzött monofilamenttel a kiinduló helyzetbe. A hurokfogó késrésze a megfelelő magasságú hurkot felmetszi, a hordozó a kívánt távolsággal halad tovább, majd a részműveletek ismétlődnek.

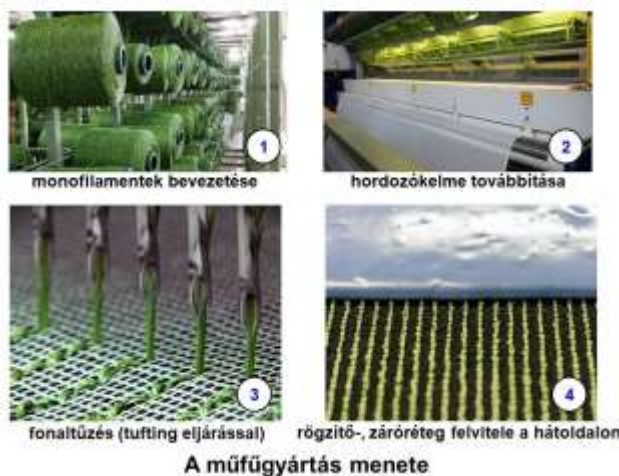
A termék hátoldalára *latex* vagy *poliuretán* réteget visznek fel kenéssel, ami a hőkezelő szakaszban megszilárdul, tartósan rögzíti a flórréteg szálait.

Végül a hátoldalon át behatoló *lyukasztószerszámokkal* alakítják ki a csapadékvíz elvezetésére szolgáló köralakú nyílásokat a tűzési közőkben.



4. ábra műfü hordozójának mintázata

Az elkészült műfü méterárut - teljeskörű külsőképi ellenőrzés és mintavételes anyagvizsgálat után - optimális feszültséggel és megfelelő tekercselési nyomással papírcsőre felsodorják, a *kialakított száliránynak* megfelelő flórhelyzet dőléssel. Nagyon lényeges az adott gyártási tételek zártkörű kezelése, ennek érdekében minden tekercset azonosító jelölésekkel látnak el (egy adott terület műfűvel történő borításához csak azonos gyártásból származó tekercsek használhatók fel, pl. az esetleges színeltérés és egyéb külsőképi különbségeket okozó tényezők kizárására).



5. ábra A műfűgyártás menete

Műfűtermék külsőképi ellenőrzése

A gyártás- és gyártásközi ellenőrzést a fonaltűzőgépen működő *őrszerkezetek* is hatékonyan támogatják (pl. monofilament folytonossági hiánya, tűsérülés, öltéshiba stb. esetén leállítják a berendezést). A felmerülő hiányosságot a gépkezelő elhárítja, így indulhat tovább a termelés. A javításra szoruló helyeknél kézi erővel megtörténik a szükséges korrigálás, ezt követően kerülhet sor a hátoldali kenőanyagfelvitelre ill. a szilárdítást biztosító hőkezelésre.

A végellenőrzés során teljeskörű szín- és fonákoldali kontroll következik, megtörténik a roncsolásos anyagvizsgálatokhoz szükséges vágatok kivétele.

Műfűtermék anyagvizsgálata

A roncsolásos anyagvizsgálatokat a konkrét gyártási tételt jellemző, *reprezentatív mintavétellel* lehet megbízhatóan végrehajtani, azaz a véletlenszerűen kivett részmintáknak az alapsokaság megfelelő részeit kell képviselni. Ennek érdekében a tétel vizsgálandó tulajdonságait előírt megbízhatósági szinten biztosító, a hibahatáron belül képviselt számú tétel minta áll az anyagvizsgálati tesztelesekhez.

Többek között ellenőrzik a flórréteg- és a teljes termék vastagságát, a területi sűrűséget, az öltéssűrűséget, a hátoldali fedő- és rögzítőrétet jellemzőit. Speciális eszközháttérrel több képesség vizsgálható, pl. a *kopásállóság*, *súrlódási ellenállás*, ill. a *vízelvező képesség* stb. Az *ütéscsillapítóképeség* mérése a műfűvel borított sportpályák esetében lényeges a durvább sérülések (pl. agyrázkódás) elkerülése érdekében. Ennek során az ütközés során tapasztalható maximális gyorsulás (lassulás) és a gravitációs gyorsulás normál sebességéhez viszonyított arányát határozzák meg, az ún. *G-Max* értékét (minél alacsonyabb a *G-Max* érték, annál több energiát nyel el a felület).



kopásállóság vizsgálat



vízelvező képesség mérése



mikrosúrlódás vizsgálat



ütéscsillapító teljesítmény mérés

Műfű anyagvizsgálatokra példák

6. ábra minőség-ellenőrzés

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

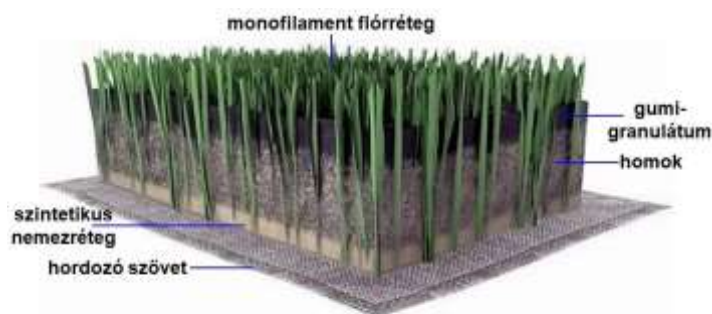
Kutasi Csaba

Műfű telepítése

A természetes talajra történő telepítésnél fontos, hogy az előkészített aljzat sík, megfelelően kiegyenlített, stabil, tömörített legyen és megfelelő vízelvezetéssel rendelkezzen. Ennek érdekében javasolt a felső földréteg eltávolítása minimum 10 cm-es mélységig. A gyomok kinövésének megakadályozására célszerű a gyomirtáson átesett felület lefedése alkalmas *geotextíliával*. Az így előkészített részt célszerű finom homokkal kell ellátni és tömöríteni. Az egyező száliránnyal leterített műfűpályák széleit lefelé álló „U” alakú leszűrő tüskékkel lehet rögzíteni, amelyek nem lesznek láthatók.

A betonaljzat (pl. terasz) műgyeppel történő borítása lényegesen egyszerűbb, a rögzítéshez kétoldalú ragasztószalagot használnak, vagy folyékony ragasztót hordanak fel. Az illesztéseknél célszerű pl. homokzsákokkal terhelni a felületet a tökéletes adhéziós kapcsolat elérésére.

A célirányos fejlesztésekkel sikerült optimalizálni az egyes sportpályákra szánt műgyep használati tulajdonságait, speciális képességeit. A *harmadik generációs*, sportpályákon használt műfűrendszereket, esetleg homok, az utóbbi időkben inkább újrahasznosított *gumi granulátummal* látják el. A 0,5-4 mm szemcseméretű gumi darabkák növelik a rugalmasságot, csökkentik az eséseknél bekövetkező mozgásszervi és egyéb sérülések kockázatát. A gumihulladék hasznosítása fontos feladat, azonban erre a célra ügyelni kell arra, hogy egészségre káros vegyületek jelenléte elkerülhető legyen. Ide tartoznak többek között a policiklusos aromás szénhidrogének (PAH), ftalátok és illékony szerves vegyületek (VOC), nehézfémek [ólom (Pb), kadmium (Cd), arzén (As) és higany (Hg)].



Harmadik generációs műfűrendszer sportpályára

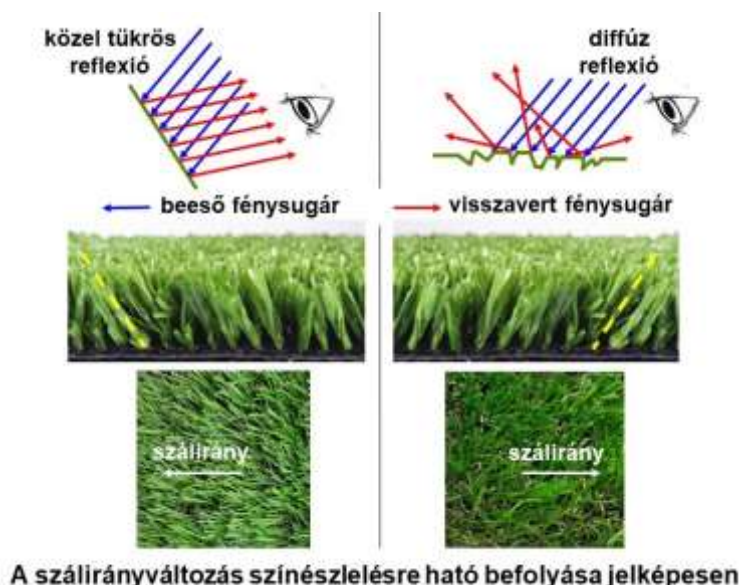
7. ábra harmadik generációs műfűrendszer sportpályára -keresztmetszet

Egyedi műfű borításokkal a nem folyamatos gyepet is lehet imitálni, akár keretszerű ill. panelrészekből felépülő borításokkal.

A szálirány fontossága

A műfű lerakási és használati útmutatójában külön felhívják a figyelmet a szálirány helyes betartására, pl.:

- A szálal műfűvek rendelkeznek egy úgynevezett „száliránnyal” a tekercs hosszirányában.
- A szálirány változása a műfű optikai színváltozását okozza, amit feltétlenül kerülni kell.
- A műfű pályák széleinél lényeges a tökéletes illesztés mellett a műfű sávok azonos szálirányának biztosítása.



8. ábra száírányváltózás

Amennyiben döntően a ferdén álló száíak aránylag sima lapfelületeit éri el a fénysugárzás, úgy a nagyobb fénnyisszaverődés érvényesül a színészlelésben. Fordított száírányánál főként a száíak sokaságából felépülő flórfelületet - a monofilament-száíak vágott végződéseit és metszetét - sugározza be a fény, ezért a „zeg-zugos” szerkezetből kisebb a fénnykibocsátás.

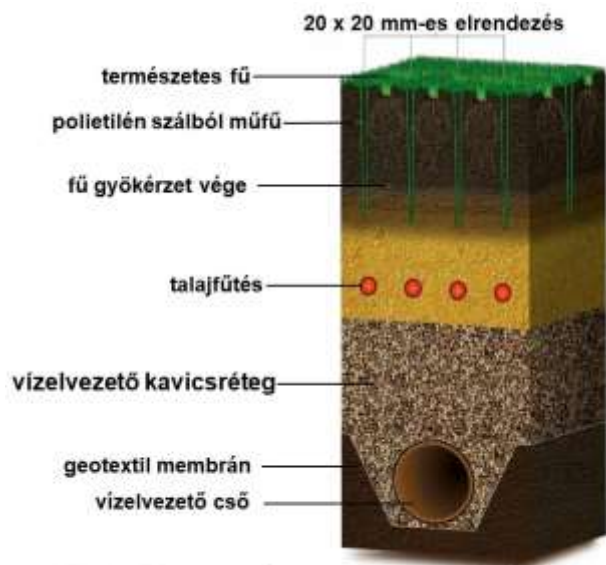
Emiatt lényeges, hogy a műfűpályákon hosszban és egymás mellett mindig *azonos száírányban* történjen a fektetés. A lerakási és használati útmutatóban arra is felhívják a figyelmet, miszerint az elő- ill. hátsókert eseti fektetésnél külön jelzik, hogy a száíak egységesen merre mutassanak.

Hibrid gypeszőnyeg

A mesterséges száíakkal megerősített természetes fű ellenállóbb, mint a hagyományos gypeszőnyeg. A hibrid gypeszőnyeg természetes *fű termesztésével*, és 20 x 20 mm-es hálópontokban a talajba „U” alakban mélyen betűzőtt polietilén anyagú, *elasztikus profilszáíakból* épül fel. A vegyes száírendszer a természetes fűréteg nagyobb stabilitását biztosítja, ugyanakkor a természetes fű gyökérnövekedését is elősegíti. A rugalmas szintetikusszáíak tartósak, ugyanakkor horzsolás jellegű séröléseket nem okoznak. A kéttónusú száíak fokozzák a természetes látvány élményét is.

A speciális fűréteg kialakításához egyedi aljzatréteg és kiegészítők szükségesek. Legalul *nemszőtt geotextil* réteget helyeznek el a vízelvezető cső alatt. E-felett vízáteresztő kavicsréteg foglal helyet, majd a más anyagú ágyzatban helyezik el a fűtőcsőveket. Ettől felfelé a különböző talajrétegek vannak, ezekben mélyen fordulnak elő a polietilén anyagú, rugalmas profilszáíak, majd legfelül a természetes fű él megfelelő gyökérzettel.

A műfűszáíak betűzését nagy termelékenységgel speciális célgép végzi, amely egy futballpálya esetében 9 tonna szintetikus száíasanyagot épít be. A *Puskás Arénában* ilyen korszerű hibrid fűrendszert alakítottak ki.



A hibrid gyepszőnyeg metszeti felépítése

9. ábra hibrid gyepszőnyeg keresztmetszete

A műgyep hatása a sportolókra

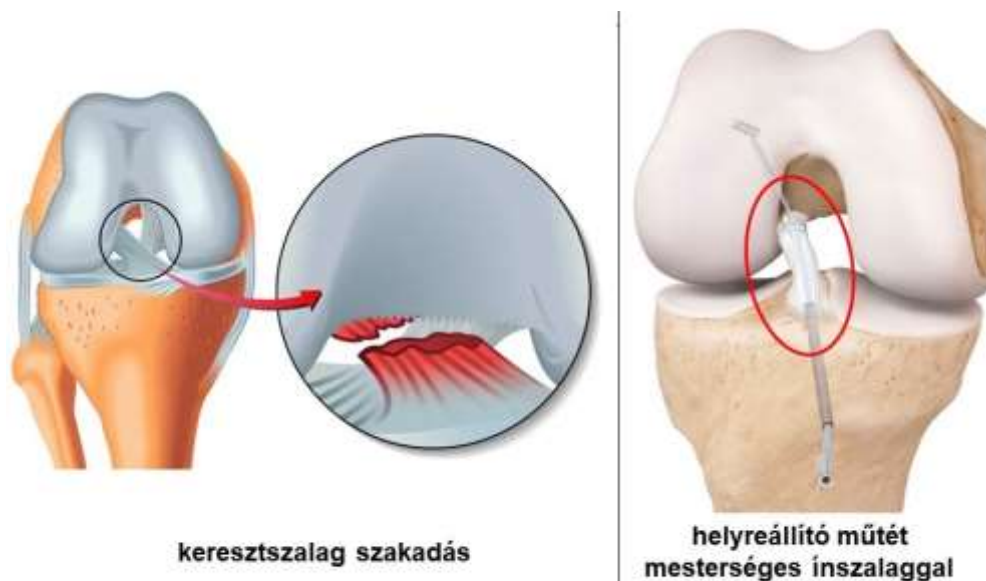
A különböző sportpálya felületek mozgásszervi terhelésre, sérülésekre gyakorolt hatását pl. az amerikai futballban vizsgálva arra jutottak, hogy a műfüves borítások gyakrabban okoznak nem súlyos sérüléseket, mint a természetes gyepfelületek. Ugyanakkor a súlyos sérülések gyakrabban fordulnak elő természetes fűvön, mint műfűvön.

A különböző futballpálya felületek elemzése során a kifáradás vizsgálata nem mutatott ki szignifikáns különbséget a futás sebességének romlásában, sem a természetes gyepen, sem a műfűvön.

A tenispályáknál kimutatták, hogy a sérülések gyakorisága pl. a salakos pályákon lényegesen alacsonyabb, mint pl. a korszerű műgyepen.

Feltételezések szerint a sérülések gyakoriságának eltérései közvetlenül összefüggenek a felületek *súrlódási tulajdonságainak* különbségeivel. A súrlódási erőket meghatározó pl. lábbeli talpfelület a sérülés gyakoriságával van összefüggésben, így minél nagyobb a súrlódási ellenállás, annál fokozottabb a sérülések kockázata. Feltételezett, hogy az alacsony súrlódási ellenállású felületek kevesebb sérülést okoznak, így a felületek súrlódási tulajdonsága az egyik fő tényező, amely a sportban jelentkező akut és/vagy krónikus fájdalmat, sérüléseket okozza.

A *súrlódási együttható* azt fejezi ki, hogy mennyire tapadós a felület, azaz mekkora erő kell ahhoz, hogy a láb megcsússzon. A nagy súrlódási együtthatójú, régebbi fejlesztésű műfüveknél ez nagy erő kifejtéssel járt, a játékosok szerint a lábuk „beszorult a gyepbe”. A leggyakrabban **sportsérülés a keresztszalagszakadás [ACL (Anterior Cruciate Ligament) sérülés]**, amikor a végtag „letapad”, kifordul és a térd bebillen.



Az ún. ACL sérülés és műtéti kezelése speciális műszaki textíliával

10. ábra térdizület sérülés műtéti kezelése speciális textíliával

A szakadt ínszalag műtéti helyreállítása során sor kerülhet mesterséges *textilimplantátumok* beépítésére is. Ezek előállításakor a textíliafelület képzése előtt a szálanyagra különböző anyagokat visznek fel, pl. kollagént (sejtek közötti teret kitöltő fehérje, a porcszövet felépítésben részt vesz) és szimvasztatint (lipidcsökkentő, a koleszterinszintézis egyik korai sebességmeghatározó lépését katalizálja) hatóanyaggal ellátott poliészterből is készülnek.



Példa a mesterséges ínszalagokra

11. ábra mesterséges ínszalag

A műfüves pályákkal és a sportsérülésekkel kapcsolatos eddigi megállapítások döntően empirikusak, egyelőre csak részben fordulnak elő vizsgálatokkal alátámasztott következtetések. A műgyeptermekek anyagvizsgálatánál említett ütés csillapító képesség mérése mellett további objektív meghatározások gyakorlatba ültetése várható, amely a szóban

forgó műszaki textíliát fejlesztők és a sportegészségügyi szakemberek együttműködéséből valósulhat meg.

Irodalom

LEVY IM, SKOVRON ML, AGEL J. Living with artificial grass: A knowledge update: Part 1: Basic science. *The American Journal of Sports Medicine*. 1990;18(4):406-412. doi:[10.1177/036354659001800413](https://doi.org/10.1177/036354659001800413)

CHENG H, HU Y, REINHARD M: *Environ. Sci. Technol.* 2014, 48, 4, 2114–2129.
<https://doi.org/10.1021/es4044193>