

Statisztikai Szemle

Közzététel: 2024. június 27.

A tanulmány címe:

A technológiai innováció hatása a sportteljesítményre az úszás példáján keresztül

Szerzők:

LÁNYI BEATRIX

a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaság-tudományi Karának egyetemi docense

E-mail: lanyi.beatrix@tk.pte.hu

FŰRÉSZ DIÁNA IVETT

a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaság-tudományi Karának adjunktusa

E-mail: furesz.diana@tk.pte.hu

DOI: <https://doi.org/10.20311/stat2024.06.hu0629>

Az alábbi feltételek érvényesek minden, a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) *Statisztikai Szemle* c. folyóiratában (a továbbiakban: Folyóirat) megjelenő tanulmányra. Felhasználó a tanulmány vagy annak részei felhasználásával egyidejűleg tudomásul veszi a jelen dokumentumban foglalt felhasználási feltételeket, és azokat magára nézve kötelezőnek fogadja el. Tudomásul veszi, hogy a jelen feltételek megszegéséből eredő valamennyi kárért felelősséggel tartozik.

1. A jogszabályi tartalom kivételével a tanulmányok a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény (Sztj.) szerint szerzői műnek minősülnek. A szerzői jog jogosultja a KSH.
2. A KSH földrajzi és időbeli korlátozás nélküli, nem kizárólagos, nem átadható, térítésmentes felhasználási jogot biztosít a Felhasználó részére a tanulmány vonatkozásában.
3. A felhasználási jog keretében a Felhasználó jogosult a tanulmány:
 - a) oktatási és kutatási célú felhasználására (nyilvánosságra hozatalára és továbbítására a 4. pontban foglalt kivétellel) a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - b) tartalmáról összefoglaló készítésére az írott és az elektronikus médiában a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - c) részletének idézésére – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző(k) megnevezésével.
4. A Felhasználó nem jogosult a tanulmány továbbértékesítésére, haszonszerzési célú felhasználására. Ez a korlátozás nem érinti a tanulmány felhasználásával előállított, de az Sztj. szerint önálló szerzői műnek minősülő mű ilyen célú felhasználását.
5. A tanulmány átdolgozása, újra publikálása tilos.
6. A 3. a)–c) pontban foglaltak alapján a Folyóiratot és a szerző(ke)t az alábbiak szerint kell feltüntetni:
„*Forrás: Statisztikai Szemle* c. folyóirat 102. évfolyam 6. számában megjelent, **Lányi Beatrix–Fűrész Diána Ivett** által írt, **A technológiai innováció hatása a sportteljesítményre az úszás példáján keresztül** című tanulmány (link csatolása)”
7. A Folyóiratban megjelenő tanulmányok kutatói véleményeket tükröznek, amelyek nem feltétlenül esnek egybe a KSH vagy a szerzők által képviselt intézmények hivatalos álláspontjával.

Lányi Beatrix – Fűrész Diána Ivett

A technológiai innováció hatása a sportteljesítményre az úszás példáján keresztül

The effect of technological innovation on sports performance based on the example of swimming

Lányi Beatrix, a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaság-tudományi Karának egyetemi docense
E-mail: lanyi.beatrix@ktk.pte.hu
Fűrész Diána Ivett, a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaság-tudományi Karának adjunktusa
E-mail: furesz.diana@ktk.pte.hu

A technológia a sport területén napjainkra a teljesítmény, illetve a versenyképesség növelésének egyik legfontosabb tényezőjévé vált, hiszen a technológiai innovációk jelentős mértékben hozzájárulnak a sportágak fejlődéséhez és a sportolók teljesítményének javításához. Ahhoz, hogy a sportolók folyamatosan túlszárnyalhassák az emberi teljesítmény határait, különösen innovatív eszközökre és módszerekre van szükség. Kutatásunk célja a technológiai innováció sportteljesítményre gyakorolt hatásának mérése, aminek érdekében egy, az úszásban az egyik legjelentősebb áttörést okozó innováció, a cápadressz világcúcsokra gyakorolt hatását vizsgáltuk. Empirikus kutatásunk során 14 versenyszám esetében elsőként Catmull–Rom-spline-interpolációt alkalmaztunk, majd a „kvázi” ekvidisztáns idősorokon strukturálistörés-teszteket végeztünk. Eredményeink egyértelműen kimutatták, hogy a cápadressz alkalmazása 7 versenyszámban ténylegesen olyan világcúcsidőket hozott, amelyek áttörést jelentettek, vagyis az innováció bevezetése szignifikánsan javította a sportolók egyéni teljesítményét.

Kulcsszavak: technológiai innováció, spline-interpoláció, strukturálistörés-teszt

Technology has become one of the most important factors in increasing performance and competitiveness in the field of sports because technological innovations contribute significantly to the development of sports and to improving the performance of athletes. To continuously overcome human performance limits, athletes need innovative tools and methods. This research aims to measure the impact of technological innovation on sports performance; thus, we examined the effect of one of the most significant breakthrough innovations in swimming, the fast skin dress, on world records. During the empirical analysis, as a first step, Catmull–Rom-spline interpolation was used in the case of 14 competitions; then, structural break tests were applied on the „quasi” equidistant time series. The results clearly showed that applying the fast skin in 7 competitions brought world record times that represented a breakthrough, that means introducing the innovation significantly improved sports performance.

Keywords: technological innovation, spline-interpolation, structural break test

Napjainkban az innováció fogalmával az élet minden területén találkozhatunk. Hatása sokrétű, befolyásolja a gazdasági növekedést, a szervezeti teljesítményt, a regionális fejlődést, valamint az üzleti élet és a társadalom számos területét. Ennek köszönhetően kulcsfontosságú szerepet játszik a teljesítmény növelésében, a versenyelőny kialakításában.

Tekintettel arra, hogy a hivatásos sportnál nehéz kompetitívabb területet találni, az innováció élsportba történő betörése is kulcsfontosságú a versenyelőny elérése érdekében. Az innováció amellet, hogy formálja a sportágakat, magát a versenyzést is átalakítja. A folyamatos kutatás és fejlesztés révén a sportvilág ma már nyitott arra, hogy olyan forradalmi újításokat vezessen be, amelyek nemcsak a sportolók teljesítményének növekedését, de a sportágak népszerűbbé válását is okozzák. Gondoljunk például az 1954-es labdarúgó-világbajnokságra, amikor a németek – Adi Dasslernek köszönhetően, és sajnos a magyar csapat kárára – először használták a mai labdarúgócipők elődjeként emlegetett csavaros stoplisokat. Az innováció jótékony hatásai mellett azonban számos, az élsportot negatívan befolyásoló találmány is említést érdemel, amelyek esetében a bevezetett technológiai innovációt később betiltották. A döntéshozók szerint ugyanis egyes újítások olyan jogosulatlan előnyhöz juttatják a sportolókat, amelyek következtében a rekordok megdöntése nem fizikai, hanem sokkal inkább technológiai – vagyis akár anyagi – kérdéssé vált. Az elmúlt időszakban a két, nagy vihart kavaró, ezért később betiltott technológiai innováció a maratonfutáshoz, illetve az úszáshoz kötődik. A 2019-es bécsi maratonon Eliud Kipchoge egyedülként használta a Nike Alphafly-t, elsőként áttörve ezáltal a 2 órás időt. A Nemzetközi Atlétikai Szövetség (World Athletics) egy évvel később a cipőtípus betiltása mellett döntött. Hasonlóan járt el a Nemzetközi Úszószövetség (World Aquatics) is 2010-ben, amikor látva a több mint 100 új világcúcsot, úgy határozott, hogy a 2008-ban bevezetett cápadressz további viselését nem engedi.

Tanulmányunkban arra vállalkozunk, hogy megmérjük, milyen hatással volt az utóbbi technológiai innováció, vagyis a cápadressz bevezetése az úszó-sportteljesítményekre. Véleményünk szerint a cápadressz bevezetésének hatása az úszóteljesítmények esetében leginkább a világrekordok alakulásában (fejlődésében) manifesztálódott, ezért tanulmányunkban „csupán” ezen eseményekre fókuszálunk. A sportinnováció elméleti hátterének bemutatását követően a technológiai innovációk relevanciáját elemeztük, különös tekintettel a hivatásos sport területére. Ezt

követően, a módszertani részben kerül sor az elemzésbe vont 14 versenyszám empirikus vizsgálatára. Tekintettel arra, hogy az úszó világrekordok születése nem azonos időközönként történik, *Rappai (2014)* ajánlásának megfelelően első lépésként a Catmull–Rom spline-eljárást alkalmaztuk 14 kiválasztott versenyszám esetében. Annak eldöntésére, okozott-e szignifikáns teljesítménynövekedést az innováció, a „kvázi” ekvidisztáns idősorokon strukturálistörés-tesztet végeztünk. Tanulmányunk az eredmények ismertetésével, valamint az összeggel zárul.

1. Az innováció jelentősége a sportban, kiemelt tekintettel a technológiai innovációra

Az innováció az emberiség számára mindig is az előrehaladás hajtóereje volt, és számos területen hozza magával a fejlődést és a változást. Az innováció a gazdaság növekedésének alapvető része és mozgatórugója. Összességében az innováció az emberiség céltudatosságát tükrözi, hiszen egy találmányt a kreatív képességgel lehet magyarázni, így az a technológiai, társadalmi és kulturális változások forrását jelenti (*Fagerberg et al., 2018*). *O' Sullivan és Dooley (2008)* már értékorientált szemléletmódot képvisel, hiszen szerintük az innováció esetében nemcsak egy termék vagy szolgáltatás megváltoztatásáról van szó, hanem elsődleges célja, hogy értéket adjon az ügyfeleknek, partnereknek, miközben az közvetlen hatással van a szervezeti növekedésre. Mindez azt támasztja alá, hogy az új ötletek, termékek és technológiák bevezetése révén – amelyek esetében a *stakeholderek* érintettek, és egyben érdekeltek is az innováció piaci elterjesztésében – nem csupán a meglévő piacok bővíthetők, de új piacok létrehozásához is vezethet, sőt új ágazatok is létrejöhetnek.

A sportágazatról egyértelműen elmondható, hogy a kockázatvállalás és a proaktivitás sajátos jellegzetessége, éppen ezért az innovációs képesség már inherensen része (*Ratten, 2010*). Az innováció és a sport szorosan összefonódik, és az évtizedek során az újításoknak köszönhetően a sportágak nemcsak versenyképebbé váltak, hanem új dimenziókat nyitottak meg, beleértve a technológiai fejlesztéseket, az edzés módszerek újításait, valamint az egészség és teljesítmény optimalizálását. *Ratten (2016)* explicit kijelenti, hogy a sportipart az új ötletek és a tudás folyamatos keresése jellemezi. A sport mindig is a verseny színtere volt, ahol az egyének és a csapatok a kiválóságra törekednek. A folyamatos fejlesztési törekvés olyan innovációkhoz vezetett, amelyek nemcsak a teljesítményszintet emelik,

hanem a sportolók biztonságát is előtérbe helyezik, és soha nem látott módon vonják be a globális közönséget. A sportinnováció tehát „bármilyen változás, új ötlet, illetve újdonság megjelenése sportkörnyezetben” (Tjønndal, 2016, 40. o.). Mindez azt sugallja, hogy az innováció koncepciója a sportban sokrétűen értelmezhető, számos új ötletet, módszert és magatartásformát magában foglal, amelyek versenyelőnyt biztosítanak (Ringuet-Riot-James, 2013). Ez a szinergia hozzájárul ahhoz, hogy „az innovatív technológiák átalakítják a sportot, a versenyszabályokat, és gyorsabb döntéseket, látványosabb sporteseményeket tesznek lehetővé. Több sportág versenyrendszere megváltozott az új műszaki lehetőségek következtében, és újabb sportágak is létrejöttek, mint az „e-sport” (Faragó-Kézai, 2023, 511. o.). Az új ötletek, a változás és a megújulás révén az innováció formálja a sport koncepcióját és új szemlélettel gazdagítja a korábbi gyakorlatot, így a hatékonyságnövelésen kívül jelentős befolyást gyakorol a sport társadalmi megítélésére is, hiszen az élsport mellett a szabadidősportban is fontos szerepe van (Aroganam et al., 2019).

Mindezek alapján elmondható: az innovációt a sportban több aspektusból azonosíthatjuk, amelyek alapján a következő innovációtípusokat lehet elkülöníteni:

1. ábra

A sportinnovációk típusai *Types of sport innovations*



Forrás: Tjønndal (2018, 298. o.).

Tjønndal (2018) 73 szakcikk áttekintését követően kategorizálta a sportinnovációkat és az 1. ábrán megjelölt 5 kategóriát különítette el:

- *Társadalmi innováció* akkor valósul meg, amikor a sportszervezetek, csoportok vagy egyének (például sportolók és edzők) társadalmi problémákkal szembesülnek, amelyekre új és kreatív megoldásokat adnak.
- A *technológiai innováció* a teljesítményjavuláshoz, a sportgyógyászat fejlődéséhez, a teljesítménymérés pontosításához, a rehabilitáció terén elért eredmények javításához, illetve sporteszközök új felhasználási módjaihoz kapcsolódik.

- *Kereskedelmi innovációról* akkor beszélünk, amikor a vállalkozások üzleti alapon is érdekeltek a változásban, így a sport területén megvalósult termék- és folyamatinnovációk is idesorolhatók.
- *A közösségi alapú innováció* során az egyének és a sportszervezetek helyi közösségi csoportokkal együttműködve érnek el egy közösen kitűzött célt.
- *A szervezeti innováció* akkor következik be, amikor a sportszervezetek és az állami sportintézmények szervezetfejlesztést realizálnak.

A technológia a sport nemzetközi versenyképességének egyik legjelentősebb meghatározó tényezőjévé vált, hiszen a sportiparnak egyre nagyobb szüksége van a technológia alkalmazására, főként a teljesítmény javítása érdekében. Ahogy *Trabal* (2008, 313. o.) kifejti, „a sport és a tudomány ugyanazt a gondolatot osztja: folyamatosan túllépni az emberi lény határain”.

Tanulmányunkban éppen ezért szentelünk kiemelt figyelmet a technológiai innovációknak. *Adair* (2009) korai kutatásai megállapították, hogy kezdetben a technológiai innovációk és azok sportban való alkalmazásai főként ad hoc jellegű, nem pedig szisztematikus kezdeményezések voltak. Napjainkban azonban már tudatosan és módszeresen megtervezett, versenyelőny forrását jelentő tevékenységként foghatjuk fel. Eleinte az innováció korai adaptálói közé azok a sportágak tartoztak, ahol a technológia könnyen integrálható volt, és elengedhetetlen volt a kívánt sportteljesítmény eléréséhez, mint például a kerékpározás és az evezés (*Phillips, 2000*). Ma már általánosan elmondható, hogy a technológia és a technológiai innováció a sportolók fejlődésének és teljesítményének minden aspektusából kritikus fontosságú, valamint szerves részét képezi a versenysport mellett a szabadidő-sportnak is.

Winand és Hoerber (2017) kiemeli, hogy a sportban a technikai, technológiai innovációk két fő típusát lehet elkülöníteni: az új sporttermékeket (pl. sportfelszerelések, sporteszközök, sporttechnológiák) és az új sportszolgáltatásokat (pl. edzésprogramok sportolóknak, edzőknek, játékvezetőknek). A technológiai innováció azonban többféle formában is megmutatkozhat a sportban, beleértve a tervezett és nem tervezett formában történő megjelenést is. Mindez azt támasztja alá, hogy a technológiai innováció amatőr és professzionális környezetben egyaránt jelen van. A tervezett tevékenységek során a sport- és a technológiafókuszú szervezetek közösen dolgoznak együtt technológiai projekteken. A sport világméretű piaca arra ösztönzi a cégeket, hogy inkább tervezett innovációkra fókuszáljanak, ezért a nem tervezett, ad hoc tevékenységek csak elenyésző számban jelennek meg a sporttechnológiával kapcsolatban (*Loland, 2002*).

A technológiai innováció egy összetett és dinamikus folyamatként fogható fel, ami az emberi kreativitás és tudás alkalmazásával új vagy jelentősen javított termékek, szolgáltatások, folyamatok vagy módszerek létrehozását jelenti. A techno-

lógiai fejlődés nem csupán a gépek és eszközök fejlesztését jelenti, hanem az emberi munka hatékonyságának, minőségének és termelékenységének növelését is. *Vaughan (2013)* felismeri, hogy a technológiai innováció a tudományos ismeretek és új ötletek gyakorlati alkalmazása, ami új vagy jelentősen javított termékek, szolgáltatások vagy folyamatok létrehozásához vezet. Ez a fajta innováció a kreatív gondolkodás és a technológiai fejlődés összehangolásából születik. A technológiai innováció magában foglalhatja a meglévő technológiák továbbfejlesztését vagy teljesen új megoldások kidolgozását is. *Chrisman és szerzőtársai (2015, 311. o.)* szerint a technológiai innovációt úgy lehet meghatározni, mint „az a folyamat, amelynek során a vállalkozók kihasználják a lehetőségeket új termékek, szolgáltatások, folyamatok vagy üzleti modellek kereskedelmi forgalomba hozatalára”, vagyis a verseny és a megnövekedett technológiai változások miatt a változó üzleti környezetben innovációra van szükség.

A technológiai fejlődés az elmúlt évtizedekben radikálisan megváltoztatta a sportágakat, mind a versenyzés, mind pedig a szurkolói élmény szempontjából. Az új eszközök és módszerek folyamatos fejlődése lehetővé teszi a sportolók és a csapatok számára, hogy hatékonyabban készüljenek fel, és maximalizálják a teljesítményüket a pályán. Bár *Smith és Stewart (2010)* és *Trabal (2008)* rávilágított arra is, hogy korábban voltak olyan sportszervezetek, akik vonakodtak az új technológiák átvételétől, és a sport „hagyományainak” megőrzését részesítették előnyben, ma már a sporttudományhoz és a teljesítmény javításához kapcsolódó technológiai innovációknak pozitív a fogadtatásuk, hiszen világhosszá vált, hogy az innováció révén versenyelőnyre lehet szert tenni (*Riot–James, 2013*). A sport területén a technológiai innováció egyik leggyakoribb alkalmazási területe a teljesítményfigyelés. Például a GPS használata széles körben elterjedt és minőségi visszajelzési lehetőséget ad a teljesítményelemzéshez és -figyeléshez (*Wisbey et al., 2010*). Az információs technológia közelmúltbeli elterjedése széles lehetőséget nyitott mind az élsport, mind a tömegsport esetében a teljesítményanalizáló lehetőségek számára.

A teljesítményfokozást célzó technológiai újítások mellett léteznek olyan innovációk is, amelyek a sportrajongók és szurkolók minél intenzívebb bevonását célozzák, így az innováció relevanciája nemcsak az élsportban értelmezhető, hanem a tömeg- és szabadidősportban is, többek között az egészségfejlesztés területén, a sportipari termékek és szolgáltatások piacán, de akár a szórakoztatóipar részeként is kínál lehetőségeket innovatív ötletek megvalósítására (*Faragó–Kézai, 2023*). A médiatechnológia fejlődése révén a virtuális néző koncepciója is lehetővé vált. A műholdas helymeghatározó rendszerek segítségével a sportnézők már valós idejű telemetriai információk segítségével követhetik a versenyeket (pl. hajókat, autókat, terepkerékpárokat). Technikailag több pozícióból is meg lehet nézni egy

versenyt, és akár részt is vehetnek egy számítógép által szimulált hajó/autó/kerékpár hozzáadásával (Katz, 2001).

A technológiai innováció a sport alábbi területeire gyakorolja a legnagyobb hatást (Chowdhury et al., 2021; Klenk et al., 2019; Myer et al., 2014):

- Az edzéstechnológia az egyik olyan kiemelkedő terület, ahol a technológiai innovációk látványos változást hoztak. Az okoseszközök, mint az okosórák és az okosruházatok, lehetővé teszik a sportolók és edzőik számára, hogy real-time adatokat gyűjtsenek és elemezzenek a teljesítmény optimalizálása érdekében. Az olyan eszközök által, mint például a GPS-alapú pulzusmérők, az edzők pontosan követni tudják az sportolók mozgását és terhelését, ezzel segítve az edzésterv személyre szabását.
- Az edzés során alkalmazott innovációk közé tartoznak a VR- (virtuális valóság) és az AR- (kiterjesztett valóság) alkalmazások is. Ezek a technológiák segítenek a sportolóknak az új környezeti kihívások szimulálásában, javítva a mentális felkészültséget és a döntéshozatali képességet.
- A sérülések megelőzése és a rehabilitáció során is tapasztalható az innováció előretörése. Az orvostudomány és a biomechanika területén elért haladás segíti a sportolókat a sérülések elkerülésében, valamint a hatékonyabb rehabilitációban, ha a sérülés mégis bekövetkezik.
- A sportszervezés terén a technológiai innovációk segítik a teljesítménymenedzsmentet. Az adatelemzés és a Big Data alkalmazása lehetővé teszi a csapatoknak és az edzőknek, hogy a legújabb technikákat alkalmazva javítsák a sportolók teljesítményét. Az olyan eszközök, mint a távérzékelők és az okos stadionok, segítenek a szervezeteknek jobban megérteni a szurkolói igényeket és fejleszteni az események által nyújtott élményt.
- Az élmények digitalizálásában és a szurkolók bevonásában is jelentős szerepe van a technológiai innovációnak. A virtuális jegyértékesítés, a VR-es közvetítések és az interaktív mobilalkalmazások mind hozzájárulnak a szurkolók részvételéhez, még ha ők nem is lehetnek fizikailag jelen a helyszínen.

Ezek az innovációk nem csupán új eszközöket és technológiákat jelentenek a sportban, hanem teljesen átalakítják a sportágakat, megteremtve a jövő sportélményét. A technológia és a sport összekapcsolódása nemcsak a sportolók számára kínál előnyöket, hanem az egész sportközösség számára is új és izgalmas lehetőségeket nyit meg.

1.1. Élsport és innováció

Az élsport mindig is az emberi teljesítmény határait feszegette, és az évtizedek során megannyi újítást hozott magával. Ennek következményeként az innováció kiemelkedő szerepet játszik az élsportban, hiszen elengedhetetlenül fontos a versenyképesség és a teljesítmény folyamatos növelése szempontjából. Kutatásunk kifejezetten arra irányul, hogy bemutassuk az innováció jelentőségét az élsportban, vagyis azt, hogy egy technológiai innováció milyen mértékben hat az élsportolók teljesítményére. Az élsportok a konvergens technológiai alkalmazások színterei, ahol számos alkalmazás demonstrálja a technológiának a sportba, illetve a sportnak a technológiai struktúrákba való beágyazottságát. A legkorszerűbb sportfelszerelések, méréstechnikák és szimulációs eszközök mind hozzájárulnak a sportteljesítmény optimalizálásához. A biomechanikai és a fiziológiai adatok alapján kifejlesztett tréningprogramok lehetővé teszik az egyéni szükségleteknek megfelelő edzéstervek kidolgozását, tovább fokozva a teljesítményt. Fontos azonban azt is megjegyezni, hogy az élsportban az innovációk elfogadását speciális tényezők is befolyásolják. Egyrészt a szövetségek és szervezetek jóváhagyása elsődlegesen fontos, másrészt a sportvilág többi szereplője – sportolók, edzők, technikai személyzet – nyitottsága és pozitív hozzáállása is kritikus fontosságú.

Az élsport esetén egyéni és szervezeti szinten elkülönülten kell kezelni az innováció relevanciáját. Egyéni szintjein a technológiai innovációt alkalmazzák a sporttudomány, a sportorvoslás, a sportsebészet, a sportrehabilitáció, illetve a sportolók fejlődésének és teljesítményének monitorozása során. A modern edzéstechológiák lehetővé teszik a játékosok teljesítményének pontosabb elemzését, a sérülések megelőzését és a rehabilitációs folyamatok optimalizálását. Ezek az innovációk hozzájárulnak a játékosok fizikai és mentális állapotának javításához, ami elengedhetetlen a mérkőzésen leadni kívánt csúcsteljesítmény eléréséhez. A technológiai eszközök és módszerek alkalmazása az edzések során lehetővé teszi a sportolók számára, hogy maximálisan kihasználják a képességeiket, finomítsák a technikájukat és optimalizálják a teljesítményüket. Ebben a kontextusban érdemes külön figyelmet szentelni azoknak a specifikus technológiáknak és eszközöknek, amelyeket az edzések során alkalmaznak, és amelyek hozzájárulnak a sportolók fejlődéséhez és a csúcsteljesítmény eléréséhez.

Szervezeti szinten a technológiai innováció a versenyelőny forrását is jelentheti, hiszen hozzájárul (*Ringuet-Riot-James, 2013*):

- az ügyfelek érdeklődésének növeléséhez, ami pótlólagos bevételnövekedéshez vezethet,
- a játékminőség javulásához,
- a sportszabályozási keretek pontosításához,
- a sporthoz, mint szolgáltatáshoz való könnyebb hozzáféréshez. javításához.

Wolfe (1995) kutatása rávilágított arra, hogy a technológiai innovációra való fogékonyságot alapvetően három tényező befolyásolja: a radikalitás, a nagyságrend (mérték) és a pervazivitás. A radikalitás egy technológia újdonságfokát jelöli. A nagyságrend (mérték) a technológiai innováció által érintett alkotóelemek és struktúrák változásának mértékére utal. A pervazivitás azt jelenti, hogy egy közösségben hány embert érint egy innováció elfogadása. Ha egy innováció észlelt radikalitása, nagysága és pervazivitása minimális, akkor az érintettek nagyobb valószínűséggel fogékonyak az innováció bevezetésére. *Trabal (2008)* további vizsgálatokat végzett e területen és megállapította, hogy az élsportban a sporttechnológia elfogadását elősegíti ha

- kipróbálták már, és sikerességére egyértelmű bizonyíték van;
- egyértelműen és világosan meghatározott, mérhető igényekre épül;
- interaktív módon működik, és valós időben lehet reagálni az ügyfelek/sportolók igényeire;
- átvihető több sportkörnyezetbe;
- hálózatos, együttműködésen alapuló és szimulált edukációra van lehetőség;
- használata pozitív változásokat eredményez, ami hatással lehet a felhasználók attitűdjére, teljesítményére és/vagy a költségeire;
- integrálása könnyen megvalósítható, megbízható, hatékony és könnyen megérthető.

A technológia és a tudomány folyamatos fejlődése lehetővé teszi az egyéni sportolók és csapatok számára, hogy átlépjék korábbi korlátjaikat, és még sosem látott teljesítményszinteket érjenek el. Az innováció révén az élsport nemcsak a jelen kihívásainak tud megfelelni, hanem előretekint a jövőbe is, folyamatosan kutatja az új lehetőségeket és megoldásokat.

Az innováció – a fentiekén túl – az élsportban nem csupán a versenyt ösztönzi, hanem akár egy egész sportág fejlődését is elősegítheti. Az újítások révén új esélyek nyílnak meg a kreativitás és a fejlődés előtt, lehetőséget teremtve a sportágak számára, hogy magasabb szintre emeljék a játékot és inspirálják az új generációkat. Az innováció tehát kulcsfontosságú tényező a sport világában, hiszen hozzájárul a teljesítménynövekedés mellett az állandó fejlődéshez is.

A tanulmány következő részében – még tovább szűkítve az innováció lehatárolását – a technológiai innováció úszásra gyakorolt hatását ismertetjük.

1.2. Innováció az úszás területén

Az 1980-as, 1990-es években az úszásteljesítmény javításának kizárólagos módja az innovatív edzés módszerek fejlesztése, illetve a bőrfelület simaságának (a vízzel

érintkező testsúrlódás csökkentésének) a biztosítása volt. A 2000-es években megvalósult technológiai fejlesztések azonban egyértelműen új lehetőségeket nyitottak meg. A felületek korszerű anyagokkal való bevonásának elsődleges célja a súrlódás csökkentése, a felszínen maradás és az előrehaladás javítása érdekében. Az egyre hatékonyabb anyagok fejlesztése és az erre irányuló, alkalmazott kutatások lehetővé tették az új világrekordok megszületését a sportágban. A folytonosan nagyobb sebességre irányuló kutatások olyan újításokhoz vezettek, mint például az új típusú sávok, rajtkockák és medencék létrehozása, továbbá a különösen jó minőségű anyagokból tervezett és megvalósított úszódresszek bevezetése, amelyek jelentős teljesítménynövekedést eredményeztek (*Di Palma–Ascione, 2018*).

Tagadhatatlan, hogy hatalmas technikai ugrás ment végbe az első úszóruha, az Adidas JetConcept bevezetésével, ami a kereskedelmi repülőgépek technológiáját adaptálta azzal a céllal, hogy egyrészt csökkentse az ellenállást, másrészt befolyásolja a víz áramlását az úszó teste körül. Egyidejűleg méltatták és kritizálták az anyag rendkívül könnyű súlyát, a cápa bőrét és a jet alakját imitáló formáját, hiszen így áramvonalasabb lett az úszók teste. A Speedo következő innovációja, a Fastskin néven ismert technológia 15-ből 13 világcúcshoz vezetett a 2000-es sydney-i olimpián, túl azon, hogy az ilyen dresszt viselő úszók az összes érem 83%-át is megszerezték (*Brenkus 2010*).

Az igazi áttörést a világcúcshoz tekintetében a bevezetésben már említett, egyik legismertebb innovatív sporteszköz, a 2008–2010 között alkalmazott cápadressz hozta. Ez az úszóruha olyan mértékben játszott szerepet az eredményességben, hogy több mint 100 világrekordot, valamint Michael Phelps 8 olimpiai aranyérmét köszönhetjük neki (*Madarász, 2002*). Lényege, hogy a lehető legnagyobb felületen takarta az úszó testét. A szűk és szoros dressz mintegy második bőrként funkcionált, így csökkentve a közegellenállást és fokozva a vérkeringést. Mindez együttesen járult hozzá a kiemelkedő teljesítmény eléréséhez. Ahogy Gregg Troy, Dressel edzője mondta: „A cápadressz megváltoztatta az úszók gondolkodásmódját, emellett lehetőséget nyújtott a sportolóknak és az edzőknek a részletek továbbgondolásában, a technika fejlődésében” (*Eurosport.hu, 2020*).

2. Empirikus elemzés: a cápadressz bevezetésének hatása az úszóeredményekre

A továbbiakban az ismertetett sportbéli innovációk közül a cápadressz, vagyis a Speedo LZR Racer hatásával foglalkozunk. A ruha az említett több mint 100 világrekordon túl azért is kapott rengeteg kritikát, mert a két legfőbb versenyen, vagyis „csak” a 2008-as pekingi olimpián, illetve a 2009-es római világbajnokságon 25, illetve 27 új világrekordhoz segítette a versenyzőket (ennél több világcúcs csak 1976-ban született, amikor először használtak úszószemüveget). A cápadresszkorszak azonban mindössze két évig tartott, mert a nemzetközi szövetség a viselője számára aránytalanul nagy előnyt jelentő csodadressz használatát 2010-ben betiltotta (*Wood, 2020*).

2.1. A vizsgálat adatállománya: az úszóvilágcúcsok alakulása (1990–2023)

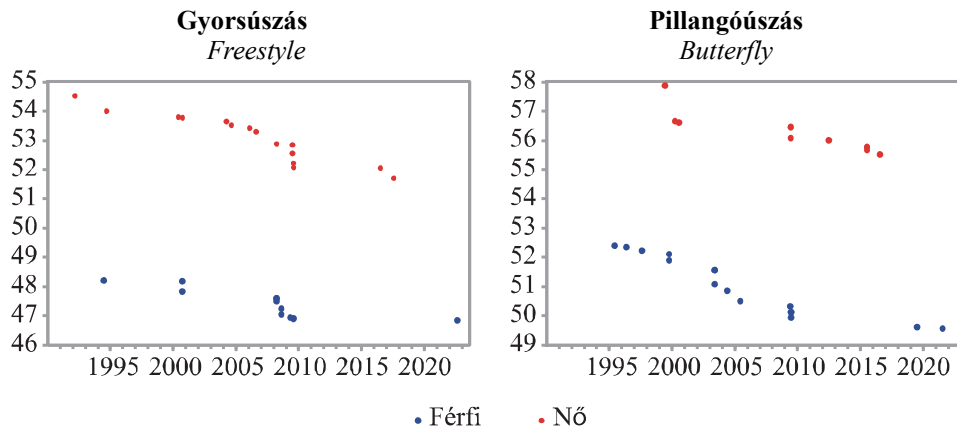
Tanulmányunkban azt vizsgáljuk, hogy a cápadressz mint innováció valóban drasztikus teljesítményjavulást eredményezett-e. Annak érdekében, hogy az innováció esetleges hatásának (2008–2009) mérése kapcsán korrekt eredményeket kapjunk, a vizsgálatba vont változók esetében több mint 30 éves időszakot elemeztünk (1990–2023). Tekintettel arra, hogy a világcúcsok vonatkozásában csupán a cápadresszes időszakban több mint 100 világcúcs született, vizsgálatunkban 14 olyan versenyszám – illetve ahhoz kapcsolódó rekord – szerepelt, amelyek között találunk rövid-, közép- és hosszabb távúakat is, mind a férfi, mind a női versenyzők vonatkozásában.¹

Szemléltetésképp tekintsük át a női és a férfi 100 méteres gyors- és pillangóúszásban született világrekordok alakulását (2. ábra)!

¹ Mivel a tanulmányunknak nem célja a sportszakmai szempontú elemzés, a mintába került versenyszámok kiválasztásának ennél részletesebb indoklásától eltekintünk.

2. ábra

Világcsúcsok alakulása 100 méteres gyors- és pillangóúszásban
Evolution of world records in 100 m freestyle and butterfly



Megjegyzés: az ábrákon a vízszintes tengelyen a világcsúcs időpontja (év), míg a függőleges tengelyen a világcsúcs másodpercben mért ideje látható.

Forrás: a www.worldaquatics.com alapján saját szerkesztés.

Az ábrákon látható, hogy a közel lineárisan csökkenő trend meredeksége az innováció korszakában jelentősen változik: mind a 100 méteres gyors, mind a 100 méteres pillangóúszás esetében jelentős teljesítményjavulás (vagyis világcsúcsidő-csökkenés) figyelhető meg a 2008–2009-es időszakban. Felmerül a kérdés, vajon a cápadressz hatása szignifikánsnak mondható-e, ennek érdekében további elemzésekre van szükség. A következőkben az alkalmazott módszertant, illetve a legfőbb eredményeket mutatjuk be.

2.2. Nem ekvidisztáns idősorok kiegészítése spline-interpolációval

Az előzőekben láthattuk, hogy a cápadressz bevezetése hogyan hatott az úszó-világcsúcsok alakulására. Könnyen belátható, hogy a sportban keletkező világcsúcsok biztosan nem azonos időközönként (egyenletesen) keletkeznek. A szakirodalom (pl. *Rappai, 2016*) ezen idősorokat nevezi nem ekvidisztánsnak (rendszeretlennek), amelyek esetében a modellezés során szükség lehet arra, hogy a hiányzó időpontokhoz az interpolálás eszközével adatokat becsüljünk. Tanulmányunkban az innováció hatásának mérése érdekében az idősorelemzésben gyakran használt, ún. spline-interpolációt alkalmazunk, aminek segítségével lehetőségünk nyílik arra, hogy olyan jelenségeket modellezzünk, ahol a megfigyelések nem egyenlő távolságra helyezkednek el egymástól, vagyis nem tekinthetők rendszeresnek.

A nem ekvidisztáns idősorok kezelése során általában azt feltételezzük, hogy létezik egy, gyakoriságát tekintve eredetileg ekvidisztáns idősor, amelyből azonban hiányoznak bizonyos megfigyelések, amelyek kezelése interpolációval történik. Az interpoláció azonban nem csak hiányzó megfigyelések pótlására szolgál: minden olyan eljárást, amely során az időszakon belüli időponthoz becsülünk időszakon túli (*ex post*) megfigyelést, így nevezünk.

Rappai² (2014) részleteiben foglalkozik a nem ekvidisztáns idősorok kezelésével, amelyben az interpoláció két típusát, a lineáris és a spline-interpolációt ismertette. Mind a lineáris, mind pedig a spline-interpoláció esetében kiinduló lépésként az idősorra vonatkozóan definiálni kell azt a frekvenciát, amellyel meghatározzuk a hiányzó megfigyelések helyét. Mindez az esetek többségében nem okoz problémát (pl. az ünnepnapok ellenére a tőzsdei kereskedésnél a gyakoriság naponkénti). A dolgunkat nehezíti azonban, amikor olyan jelenségeket vizsgálunk, amelyeknél teljesen rendszertelen időpontokból származnak a megfigyeléseink. Az eljárás következő lépéseként a már ekvidisztáns idősorban az interpoláció alkalmazásával becsüljük a hiányzó megfigyeléseket. Fontos megjegyezni, hogy az interpoláció alkalmazásával keletkezett idősorral szemben elvárt, hogy egyrészt, ahol ismert, ott az eredeti időszori értéket tartalmazza, másrészt viszonylag „simított” legyen (azaz ne tartalmazzon töréseket).

A tanulmányban alkalmazott módszer megismerése előtt írjuk fel az eredeti (hiányos, vagyis interpolációval becsülendő) idősort:

$$y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_k}, \dots, y_{t_T}$$

amelyben a $t_2 - t_1$ nem feltétlenül egyezik meg a $t_3 - t_2$ távolsággal. Ha Δ az a legnagyobb távolság, amelyre igaz, hogy valamennyi $t_k - t_{k-1}$ megegyezik Δ -val, vagy annak egész számú többszörösével, akkor az alábbiak szerint képezhető a hiányos idősor:

$$y_{t_1}, y_{t_1+\Delta}, y_{t_1+2\Delta}, \dots, y_{t_1+j\Delta}, \dots, y_{t_T},$$

ahol $y_{t_1+j\Delta}$ eredetileg nem megfigyelt, vagyis interpolációval előállítandó adat akkor, ha $t_1 + j \times \Delta$ nem esik egybe egyetlen eredeti t_k -val sem.

Az interpoláció során a feladatunk tehát az, hogy valamilyen eljárással megbe-
csüljük azokat az értékeket, amelyek olyan időpontokhoz tartoznak, amelyekből eredetileg nem származik empirikus adatunk. Jelen írásban az említett tanulmány ajánlásának megfelelően az ún. Catmull–Rom-spline-eljárást alkalmazzuk, amelynek első leírása megtalálható *Catmull és Romnál (1974)*. A Catmull–Rom-spline

² Tanulmányunkban ezen cikk jelölésrendszerét alkalmazzuk.

(továbbiakban CRS) -módszer esetében a rendszertelen idősről azt feltételezzük, hogy valójában egy ekvidisztáns, de hiányzó adatokat tartalmazó idősor.

Meghatározásához bevezetjük az alábbi jelölést

$$y_{t_0+j \times \Delta} = y_j$$

ahol y_0 az idősor kiinduló, y_1 a következő (nem feltétlenül létező) értéke, és így tovább.

A Catmull–Rom-spline segítségével becsült értékek kiszámítása a következő mátrixegyenlettel történik (a bizonyítást lásd: *Rappai [2014]*).

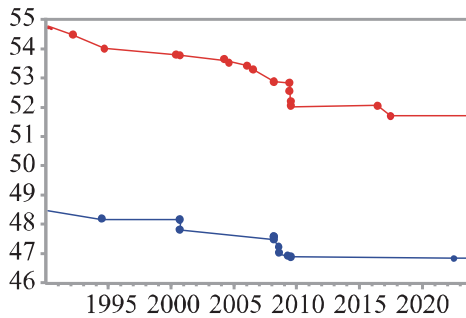
$$y^{CRS}(t) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & t & t^2 & t^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 3 & -3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{j-1} \\ y_j \\ y_{j+1} \\ y_{j+2} \end{bmatrix}.$$

A CRS alkalmazását³ követően a következő, immár további elemzésre alkalmas, ekvidisztáns idősorokat kaptuk (3. ábra).

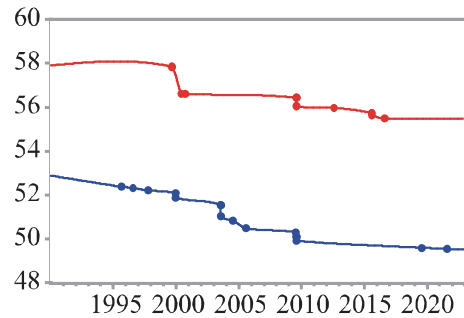
3. ábra

A világcúcsok (mp) alakulása a CRS-interpolációt követően
Evolution of world peaks after CRS interpolation

3.a. 100 méteres gyorsúszás
100 m freestyle



3.b. 100 méteres pillangóúszás
100 m butterfly

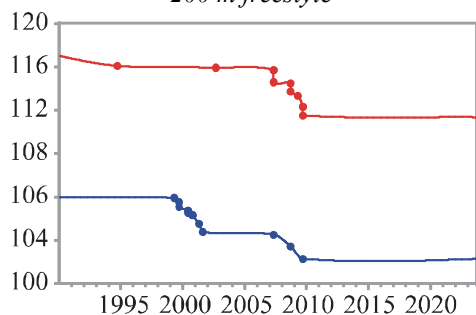
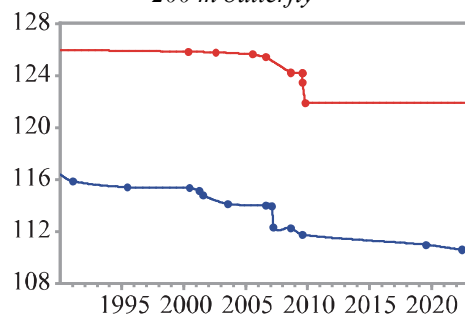


• Férfi • Nő — Férfi – CRS — Nő – CRS

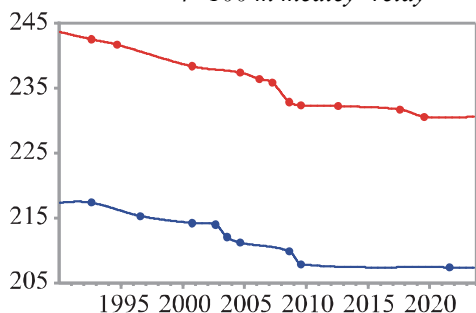
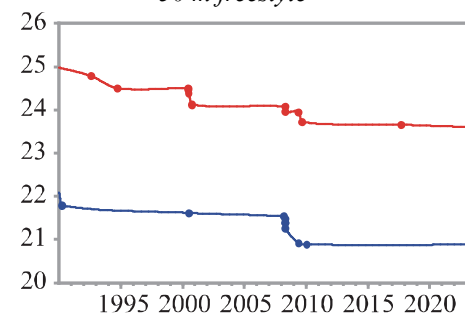
(Az ábra folytatása a következő oldalon)

³ Az interpolációt, valamint az összes számítást az EViews 13.0 programcsomaggal végeztük.

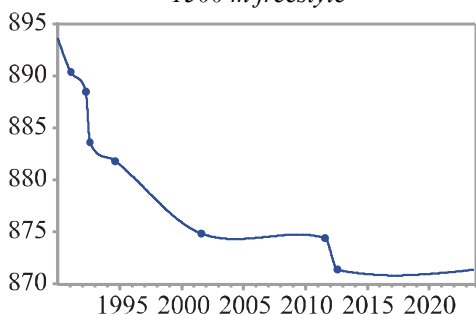
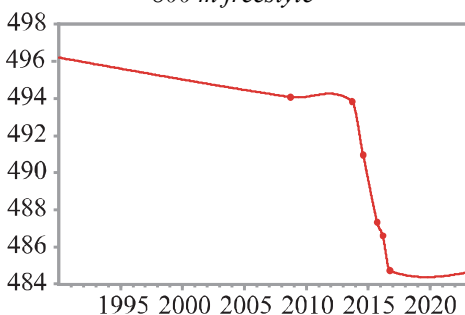
(folytatás)

3.c. 200 méteres gyorsúszás
200 m freestyle**3.d. 200 méteres pillangóúszás**
200 m butterfly

• Férfi • Nő — Férfi – CRS — Nő – CRS

3.e. 4×100 méteres vegyes váltó
4×100 m medley relay**3.f. 50 méteres gyorsúszás**
50 m freestyle

• Férfi • Nő — Férfi – CRS — Nő – CRS

3.g. 1500 méteres gyorsúszás
1500 m freestyle**3.h. 800 méteres gyorsúszás**
800 m freestyle

• Férfi • Nő — Férfi – CRS — Nő – CRS

Forrás: saját számítás.

Az interpoláció alkalmazásával nyert idősorok alapján tisztán látható, hogy a hosszú versenyszámok (3g. és 3h.) kivételével az összes vizsgált világcsúcs esetében jelentős javulás figyelhető meg az innováció időszakában (2008–2009). Érdekes ugyanakkor az is, hogy a férfi 100 és 200 méteres gyorsúszáshoz (3a. és 3c.), valamint a női 50 és 100 méteres gyorsúszáshoz (3f. és 3b.) kapcsolódó világcsúcsok esetében a cápadresszes érárt megelőzően, a sydney-i olimpia (2000) környékén is „törés” – vagyis drasztikus világcsúcsidő-csökkenés – tapasztalható. A szakirodalom alapján ezek a csúcsok azonban nem egy innovációnak, hanem sokkal inkább az olyan úszózszenik megjelenésének köszönhetőek, mint a férfiaknál az 5-szörös olimpiai bajnok Ian Thorpe, a 26-szoros olimpiai bajnok Michael Phelps, vagy a nőknél a 4-szeres olimpiai bajnok Inge de Bruijn (Sós, 2019).

2.3. Strukturálistörés-tesztek az innováció hatásának vizsgálata érdekében

Annak érdekében, hogy lássuk, a cápadressz bevezetése, illetve 2 éven keresztül történő használata okozott-e szignifikáns változást az idősorokban, strukturálistörés-tesztek végrehajtására lehet szükség. Ennek feltétele, hogy az interpolálással keletkezett idősorokat megtisztítsuk a trendtől: ehhez kiinduló lépésként polinomiális trendszűrést hajtottunk végre.

Tekintettel arra, hogy a vizsgálat célja annak tesztelése, hogy az úszóvilágcúcsok mely időszakban változtak a legmarkánsabban, a strukturálistörés-tesztek közül a szakirodalom ajánlásnak (Hansen, 2001; Mills–Patterson, 2006) megfelelően a Quandt–Andrews-eljárást alkalmaztam. Az eljárás lényege, hogy a Chow-próbát (lásd Chow [1960]) valamennyi feltételezett törésidőpontra elvégezzük, és a maximális próbafüggvényértéket kiválasztva kapjuk a strukturális törés legvalószínűbb helyét (időpontját). A Quandt–Andrews-próbák (lásd Quandt, 1960; Andrews, 1993; Andrews–Ploberger, 1994) közül a Quandt által javasolt LR-, illetve Wald-próbát használtuk.

Az 1. táblázat a strukturálistörés-tesztek legfontosabb eredményeit mutatja a vizsgált 14 úszószámánál.

A tesztek eredményei alapján elmondható, hogy a vizsgált versenyszámok 50%-ánál (14-ből 7 esetben) a strukturális törés legvalószínűbb dátuma a cápadressz időszakára datálható, vagyis a férfiaknál az 50 és a 100 méteres gyorsúszásban, valamint a 4×100 méteres vegyes váltóban, míg a nőknél a 100 és a 200 méteres gyorsúszásban, a 200 méteres pillangóúszásban és a 4×100 méteres vegyes úszásban okozott drasztikus javulást a bevezetett innováció. Érdemes azt is megjegyezni, hogy a maradék 7 versenyszám közül 3 esetében a 2000-es évek elején

mutatkozik strukturális törés. További érdekesség, hogy míg a férfiaknál a vizsgált versenyszámok közül inkább az ún. sprints számokra volt nagyobb hatással a cápa-dressz bevezetése, addig a nőknél – a strukturális törés-tesztek alapján – a hosszabb (állóképességi) számokra is.

1. táblázat

Strukturális törés-tesztek eredményei a különböző úszószámokban

Results of structural break tests in different swimming events

Versenyszám	Törés legvalószínűbb dátuma	Teszteredmények	
		LR-próba	Wald-próba
Férfi 50 gyors	2008. 03. 28.	60 880,8*	243 523,1*
Férfi 100 gyors	2008. 08. 12.	6 241,5*	24 966,1*
Férfi 200 gyors	2002. 06. 25.	3 879,0*	15 516,0*
Férfi 100 pillangó	2003. 07. 26.	15 787,6*	63 150,5*
Férfi 200 pillangó	2007. 03. 11.	12 889,2*	51 556,7*
Férfi 1500 gyors	2012. 01. 07.	10 087,6*	40 350,6*
Férfi 4 × 100 vegyes	2009. 03. 08.	4 412,6*	17 650,5*
Női 50 gyors	2000. 06. 20.	2 577,3*	10 309,3*
Női 100 gyors	2009. 07. 21.	34 528,7*	138 114,8*
Női 200 gyors	2009. 07. 20.	41 442,4*	165 769,6*
Női 800 gyors	2013. 09. 18.	337 872,1*	1 351 488,1*
Női 100 pillangó	2000. 02. 26.	27 982,3*	111 929,0*
Női 200 pillangó	2009. 08. 25.	101 714,2*	406 856,8*
Női 4 × 100 vegyes	2008. 01. 17.	11 517,9*	46 071,0*

Forrás: saját számítás.

* A táblázatban feltüntetett próbák minden esetben szignifikáns eredményeket (1%-os szignifikanciaszinten) szolgáltattak.

3. Összegzés

A sportiparban uralkodó globális versenyt egyre nagyobb mértékben befolyásolja a technológiai innováció. A technológia számos kontextusban értelmezhető a sportban, ideértve a játékot, a versenyt, a fogyasztást és a nézői élményt is. Tanulmányunkban a technológiai innováció sportteljesítményre gyakorolt hatását kívántuk elemezni. Az új technológiák lehetővé teszik a sportolók számára, hogy pontosabban és hatékonyabban mérjék, valamint optimalizálni tudják teljesítményüket, azonban az új anyagok, eljárások alkalmazásával is jelentősen javítható az eredményesség. Annak ellenére, hogy az élsportban a technológiai újítások mellett

számos területen találkozunk az innováció egyéb típusával is (pl. szabálmódosítások), annak közvetlen hatása nem minden esetben triviális. Gondoljunk csak például a csapatsportokra, melyek esetében egy-egy innováció teljesítményre (vagy akár a keresletre) gyakorolt közvetlen hatása a sportág jellegéből adódóan (csapat és ellenfél) nehezen számszerűsíthető.

Választásunk egyrészt éppen ezért esett egy olyan sportágra, ahol a külső körülmények a lehető legkisebb mértékben befolyásolják a sportolók teljesítményét, ezáltal az innováció esetleges teljesítményfokozó hatása tisztábban mérhető. Az úszók esetében ugyanis sem az időjárási körülmények, sem pedig az aktuális ellenfelek minősége nem befolyásolja döntő mértékben az eredményüket (hiszen lényegében „csak” az időeredmény ellen küzdenek). Vizsgálatunk relevanciáját az is alátámasztja, hogy éppen az úszásban volt jelen a sport történetének egyik legnagyobb jelentőségű újítása, ezért azt gondoljuk, hogy a kutatás célját, vagyis a technológiai innováció hatásának kimutatását adekvát módszertannal tesztelhetjük.

A Catmull–Rom-spline alkalmazásával nyert, „kvázi” ekvidisztáns idősorainkon végzett strukturálistörés-tesztek eredményei azt mutatták, hogy a mintába került 14 versenyszámból 7 esetében a bevezetett cápadressz valóban áttörő világsúcsidőt eredményezett, vagyis az innováció szignifikáns hatással volt a sportteljesítményre.

Természetesen tisztában vagyunk azzal, hogy a kutatás eredményeinek értéke fokozható volna akár még több versenyszám, esetleg más sportágak bevonásával, mely további kutatás tárgya lehet. Szintén érdekes lenne az innováció más típusainak vizsgálata is, mint például a kereskedelmi vagy a szervezeti innováció. Ezek hatásának mérése azonban egyrészt mélyebb sportszakmai, másrészt – az előzőekben említett „korlátozó” sajátosságok miatt – nagyvonalúbb megközelítést igényel.

Irodalom

- Adair, D. (2009): Australian Sport History: From the Founding Years to Today. *Sport in History*, 29(3), 405–436. <https://doi.org/10.1080/17460260903043351>
- Andrews, D. W. K. (1993): Tests for parameter instability and structural change with unknown change point. *Econometrica*, 61(4), 817–858.
- Andrews, D. W. K. – Ploberger, W. (1994): Optimal tests when a nuisance parameter is present only under the alternative. *Econometrica*, 62(6), 1383–1414.
- Aroganam, G. – Manivannan, N. – Harrison, D. (2019): Review on wearable technology sensors used in consumer sport applications. *Sensors*, 19(9), 1983. <https://doi.org/10.3390/s19091983>
- Brenkus, J. (2010): *The Perfection Point*. Harper Collins Publishers. New York.
- Catmull, E. – Rom, R. (1974): A Class of Local Interpolating Splines. In: Barnhill, R. E. – Reisnfeld, R. F. (eds.): *Computer Aided Geometric Design*. Academic Press. New York. 317–356.
- Chow, G. C. (1960): Test of equality between sets of coefficient in two linear regressions. *Econometrica*, 28(3), 591–605.

- Chowdhury, A. – Sen, A. – Biswas, S. (2021): Wearable Technology in Sports: A Review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(2), 373–380.
- Chrisman, J. J. – Chua, J. H. – De Massis, A. – Frattini, F. – Wright, M. (2015): The ability and willingness paradox in family firm innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 32(3), 310–318. <https://doi.org/10.1111/jpim.12207>
- Di Palma, D. – Ascione, A. (2018): New Technologies in Swimming Sports. *Italian Journal of Health Education, Sport and Inclusive Didactics*, 2(2), 41–53. <https://doi.org/10.32043/gsd.v0i2.72>
- Fagerberg, B. R. – Martin, E. S. (2013): *Andersen Innovation studies: Evolution and future challenges*. Oxford University Press. Oxford.
- Fagerberg, J. – Verspagen, B. (2009): Innovation studies – the emerging structure of a new scientific field. *Research Policy*, 38(2), 218–233 <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2008.12.006>
- Faragó B. – Kézai P. K. (2023): A sportgazdaság innovatív útja – Sport startupok. *Magyar Tudomány*, 184(4), 510–518. <https://doi.org/10.1556/2065.184.2023.4.10>
- Hansen, B. E. (2001): The new econometrics of structural change: Dating breaks of U.S. labor productivity. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 115–128.
- Katz, L. (2001): Innovations in sport technology: implications for the future. In: *11th Congress of the International Association for Sport Information*. Lausanne. 55–64. <https://www.iasi.org/publications/pdf/IASI2001CongressProceedingspart1.pdf#page=55> (letöltve: 2023. szeptember)
- Klenk, C. – Becker, T. – Liebold, B. – Rapps, N. (2019): Augmented Reality in Sports: Today and Tomorrow. *Procedia CIRP*, 79, 395–400. <https://doi.org/10.14486/IJSCS392>
- Loland S. (2002): Technology in sport: Three ideal-typical views and their implications. *European Journal of Sport Science*, 2(1), 1–11. <http://dx.doi.org/10.1080/17461390200072105>
- Madarász T. (2020): Az innováció lehetséges hatása a sportágak versenyképességére. *International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS)*, 5(1), 666–677. <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2020.1.55>
- Mills, T. C. – Patterson, K. (eds.) (2006): Palgrave Handbook of Econometrics. Vol. 1. *Econometric Theory*. Palgrave, MacMillan, New York.
- Myer, G. D. – Kushner, A. M. – Brent, J. L. – Schoenfeld, B. J. – Hugentobler, J. – Lloyd, R. S., – Vermeil, A. (2014): The Back Squat: A Proposed Assessment of Functional Deficits and Technical Factors that Limit Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 36(6), 4–27. <http://dx.doi.org/10.1519/SSC.000000000000103>
- Phillips, M. (2000): *From Sidelines to Centre Field: A History of Sports Coaching in Australia*. University of New South Wales Press, Portland.
- O'Sullivan, D. - Dooley, L. (2008): Applying innovation. Sage publications. London
- Quandt, R. (1960): Tests of the hypothesis that a linear regression obeys two separate regimes. *Journal of the American Statistical Association*, 55(2), 324–330.
- Rappai G. (2014): Rendszertelen idősorok modellezése spline-interpolációval. *Statistikai Szemle*, 92(8–9), 766–791.
- Rappai G. (2016): *A modellezés sajátosságai időszori anomáliák esetén*. MTA Doktori Értekezés, Pécs.
- Ratten, V. (2010): Developing a theory of sport-based entrepreneurship. *Journal of Management & Organization*, 16, 557–565.
- Ratten, V. (2016): Sport innovation management: Towards a research agenda. *Innovation*, 18(3), 238–250. <https://doi.org/10.1080/14479338.2016.1244471>
- Ringuet-Riot, C. – James, D. A. (2013): Innovating to grow sport: The wider context of innovation in sport. *Proceedings of ASTN*, 1(1), 40.

- <https://research-repository.griffith.edu.au/server/api/core/bitstreams/182f6689-3dff-5b06-a23b-8e9532176249/content> (letöltve: 2023. október)
- Smith, A. – Stewart, B. (2010): The special features of sport: A critical revisit. *Sport Management Review*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2009.07.002>
- Sós Cs. (2019): *Az úszósport fejlődési tendenciái a világvversenyek alapján, 1972–2017*. Habilitációs értekezés, Budapest.
- Tjønnndal, A. (2016): Sport, innovation and strategic management: A systematic literature review. *Brazilian Business Review*, 13(Special Ed), 38–56. <http://dx.doi.org/10.15728/edicaoesp.2016.3>
- Trabal, P. (2008): Resistance to technological innovation in elite sport. *International review for the sociology of sport*, 43(3), 313–330. <https://doi.org/10.1177/1012690208098255>
- Vaughan, J. (2013): *Technological innovation: Perceptions and definitions*. American Library Association.
- Winand, M. – Hoerber, L. (2017): Innovation capability in non-profit sport organisations. In: *Ratten, V. – Ferreira, J. (eds.): Sport Entrepreneurship and Innovation*. Routledge. London pp. 13–30.
- Wisbey, B. – Montgomery, P. G. – Pyne, D. B. – Rattray, B. (2010): Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 531–536. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2009.09.002>
- Wolfe, R. (1995): Human resource management innovations: Determinants of their adoption and implementation. *Human Resource Management*, 34, 313–327. <https://doi.org/10.1002/hrm.3930340208>
- Wood, E. (2020): Bio-Based Materials in Sportswear Applications. In: *Encyclopedia of renewable and sustainable materials*, Elsevier, pp. 683–687.
- www.eurosport.hu (2020): *Óriült világrekord megdöntésére készül a földkerekség leggyorsabb úszója*. https://www.eurosport.hu/uszas/orult-vilagrekord-megdontesere-keszul-a-foldkerekség-leggyorsabb-uszoja_sto8225279/story.shtml (letöltve: 2023. december)