

BIRKÓZÓK 3D MOZGÁSVIZSGÁLATA

Manó Sándor¹, Tomin Márton², Kmetty Ákos², Csámer Loránd^{1*}, Szabó Noé³, Csernátó Zoltán^{1†}, Molnár Szabolcs³

¹ Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai és Traumatológiai Tanszék, Biomechanikai Laboratórium

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimerteknika Tanszék

³ Észak-Pesti Centrumkórház – Honvédkórház, Baleseti Sebészeti Osztály



DOI: 10.17489/biohun/2023/2/595

Absztrakt

A kutatócsoportunk a Birkózó Világszövetség (*United World Wrestling, UWW*) felkérésére profi birkózók és különböző szőnyegtípusok bevonásával egy olyan vizsgálat sorozatot végzett, amellyel a különféle, tipikus birkózó mozdulatok során a birkózókat érő hatások elemezhetők. A kísérlet első fázisába három középkorú profi férfi birkózó került bevonásra, akik közül egy a dobásokat végezte a másik két birkózón. A méréseket két különböző típusú (egy egyrétegű és egy ötrétegű) szőnyegen, egy *BTS SMART* mozgásvizsgáló rendszer segítségével hajtottuk végre. A mérések során kapott sebesség, gyorsulás és pályagörbe adatokat mozgásanalízisnek vetettük alá és az eredményekből pontos képet kaptunk az egyes testtájaknak a különböző mozdulatok végrehajtása során jellemző kinematikai paramétereiről.

A gyorsulási diagramok elemzése során a legnagyobb gyorsulási értékeket a válldobás és az ún. malom dobás során mértük az alsótesten. A fejenátfordulás során mértük a fej legnagyobb gyorsulását, valamint statisztikai analízis segítségével kimutattuk, hogy a két szőnyegen végrehajtott azonos mozdulatsorok között nincs szignifikáns különbség a gyorsulás tekintetében.

A sebesség diagramok elemzése során a legnagyobb sebességet a bukfenc és a pároslábra támadás során mértük. A legnagyobb becsapódási sebesség értékeket itt is az alsótesten rögzítettük, a tibiánál és a bokánál. A becsapódási sebesség esetében sem mutatott a két szőnyeg szignifikáns eltérést.

A szőnyeget összehasonlítva arra jutottunk, hogy néhány esetben az egyrétegű szőnyeg, más esetekben pedig az ötrétegű ad kedvezőbb eredményt, de összességében mindkettő biztonságosnak bizonyult. Eredményeink leginkább a birkózók mozgásformái közben mérhető sebesség és gyorsulás értékek feltérképezése miatt tekinthetők újdonságnak.

Kulcsszavak: birkózás, 3D mozgáselemzés, birkózószőnyeg

***Levelező szerző elérhetősége:** Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai és Traumatológiai Tanszék, Biomechanikai Laboratórium, H-4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98. **E-mail:** csamer.lorand@med.unideb.hu **Tel.:** +36 52 411-600/55177

Citáció: Manó S, Tomin M, Kmetty Á, Csámer L, Szabó N, Csernátó Z, Molnár Sz. Birkózók 3D mozgásvizsgálata. *Biomech Hung.* 2023;16(2):32-42

Beérkezés ideje: 2023.12.05. **Elfogadás ideje:** 2023.12.18.

3D MOTION ANALYSIS OF WRESTLERS

Abstract

At the request of the *United World Wrestling* (UWW), our research team conducted a series of tests involving professional wrestlers and different types of mats to analyse the effects on wrestlers during various typical wrestling moves. The first phase of the experiment involved three professional male wrestlers, one of whom performed the throws on the other two wrestlers. Measurements were performed on two different types of mats (one single-layer and one five-layer) using a *BTS SMART* motion analysis system. The velocity, acceleration and trajectory data obtained during the measurements were subjected to a motion analysis and the results provided an accurate picture of the kinematic parameters of each body region during the execution of different movements.

In the analysis of the acceleration diagrams, the highest acceleration values were measured in the lower body during the shoulder throw and the fireman's carry. The highest acceleration of the head was measured during the head flip and statistical analysis showed that there was no significant difference in acceleration between the two mats.

In the analysis of the velocity diagrams, the highest velocity was measured during the tuck and the double-leg attack. Here again, the highest impact velocity values were recorded at the lower body, tibia and ankle. The two mats did not show significant differences in impact velocity.

When comparing the mats, it was found that in some cases the single layer mat and in other cases the five-layer mat gave better results, but overall both were found to be safe. Our results are most novel because of the mapping of speed and acceleration values measured during wrestlers' movements.

Keywords: wrestling, 3D motion analysis, wrestling mat

BEVEZETÉS

A birkózás egyike a legmegterhelőbb sportoknak, így az atlétáknak aerob és anaerob edzettségre is szükségük van a taktikai és technikai képességek mellett. Az ókori birkózás óta a sportág jelentős fejlődésen ment keresztül technikájában és a felszerelések, védőeszközök tekintetében is.^{1,2} Számos új edzésmódszer is kidolgozásra került, nem beszélve a sportolók szellemi és lelki felkészültségét, terhelhetőségét fejlesztő pszichológiai módszerekről, illetve a fogyasztást segítő dietetikai elvekről.^{3,4} A sportág dinamikus fejlődésének köszönhetően a sérülések is megszorodtak.⁵⁻⁷ A 2005. előtti statisztikák alapján 3-21 / 1 000 000 birkózó szenved súlyos (végeleges vagy átmeneti) sérülést, amely leginkább az SCI = *spinal cord injury* (gerincvelő-sérülés). Az utóbbi időben

végzett alapos prevenciós munka eredményeként a Nemzetközi Szövetség radikálisan tudta csökkenteni a súlyos sérülések arányát. Bár a sérülések incidenciája magasabb a versenyeken, a legtöbb sérülés mégis edzés közben történik, mivel a sportolók ott több időt töltenek.⁸ A leggyakoribbak a bőrsérülések, a zúzódások, az orr- és szájevzés. Ezek a sérülések több mint 50 %-át teszik ki.

Sérülés jobbára a fejen, gerincen, illetve a törzsön következnek be, ezt követik a felső végtag-, illetve alsó végtag károsodásai. Statisztikák alapján a birkózók sokkal gyakrabban sérülnek meg a szezon első felében, az első versenyek alkalmával, esetleg hosszabb kihagyás után.⁹ A sérülések többsége a földre vitel során következik be, ahol mindkét birkózó álló helyzetből indul és a céljuk, hogy

a másikat a földre vigyék. Ekkor többségében a védekező birkózó sérül meg. Azért ebben a helyzetben gyakoribb a sérülés, mivel ilyenkor a sportolók intenzívebb, gyorsabb mozdulatokat visznek végbe, és nagyobb erőt mozgósítanak. Mivel a levittel a cél a pontszerzés, ez egy olyan gyakori szituáció, amely során a sérülések bekövetkezésének nagyobb a valószínűsége.^{10,11}

Kritikus sérülések is bekövetkezhetnek a birkózás során, legtöbbször a nyaki és feji régióban. Ezek szignifikánsan nagyobb valószínűséggel történhetnek meg versenyeken, mint edzéseken. Kimutatható egy olyan tendencia is, amely szerint a kezdő birkózók nagyobb eséllyel sérülnek meg, amely valószínűsíthetően a gyakorlatlanabb esési mozdulatokból adódik. Annak érdekében, hogy a sérülések számát minimálisra csökkenthessük, fontos a birkózómozdulatok mechanikájának megértése, a szőnyegre érkezéskor az emberi testre ható erők ismerete és a szőnyeg megfelelő fejlesztése.

A birkózószőnyegeknek, a felszerelés legnagyobb kiterjedésű darabjainak fő funkciója a birkózók védelme: tompítaniuk kell a becsapódáskor fellépő erőket, így megelőzni a sérüléseket. Ugyanakkor feladatuk az is, hogy megfelelően szilárd alapot adjanak a különböző birkózó fogások kivitelezéséhez, továbbá megfelelő tapadófelületet biztosítsanak.^{12,13}

Az *United World Wrestling* (UWW) által kiadott szőnyeg-követelmények a szőnyeg fizikai tulajdonságaira vonatkoznak: vastagság, méret, felszín, borítás. A mechanikai tulajdonságait is csak ejtő súlyos vizsgálattal szükséges mérni, mely nem veszi figyelembe a birkózás dinamikus mozdulatait. Az UWW ugyancsak nem határozza meg a struktúrát, az összetételt, ugyanígy nem tesz különbséget az edző és a versenyszőnyeg között, nem szabályozza a tárolási módot és időt, ebből következően

jelentős különbségek adódhatnak a szőnyegek között. Ennek meghatározó hatása lehet a birkózókra, hiszen a már nem megfelelő szőnyeg súlyos sérülések kialakulásához vezethet még akkor is, ha új korában minden tesztnek megfelelt.¹⁴⁻¹⁷ Ennek kiderítésére, illetve egy olyan, jól meghatározott követelményrendszer létrehozásának céljával indított vizsgálatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Polimertechnikai Tanszék kutatócsoportja, amelynek betartásával a birkózószőnyegek biztonságosabbá válhatnak.¹⁸

A jelen tanulmányban bemutatásra kerülő mérésorozat célja eredményekkel támogatni a jelenlegi szőnyegszabályozás felülvizsgálatához szükséges tudományos háttér kialakítását a 3D mozgáselemzés módszerével. A kutatás a „*Save Olympic Wrestlers*” program keretében valósult meg.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatócsoportunk különböző korcsoportból és súlycsoportból kért fel arra birkózókat, hogy különböző szőnyegtípusokon tudja tesztelni a más-más leérkezési technikákat, illetve hogy elemezzük a sérülések mechanizmusát. A kísérlet első fázisába 3 birkózó került bevonásra, akik közül egy a dobásokat végezte a másik két birkózón. Az atléta - szőnyeg interakciók vizsgálatával tudjuk meghatározni a terhelés hatását az emberi test különböző részeire. A mérések során kapott adatokat mozgásanalízisnek vetettük alá és az eredményekből következtetünk az ízületek maximális terhelhetőségére, amelyek a lassulásra, a sebesség hatására és a becsapódás erejére nézve előállnak.

Az alkalmazott szőnyegek

A kísérletet két különböző típusú szőnyegen végeztük. A két szőnyeg fő tulajdonságait az [1. táblázatban](#) összegeztük. Az egyrétegű sző-

nyeg etilén-vinil acetát habból készült, míg a másik szőnyeg 5 db, egyenként 10 mm vastag térhálósított polietilén hab rétegből lett hegesztve.

Birkózók és markerek

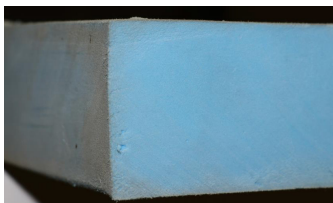

Három magyar férfi birkózó vett részt a mérésekben. Az első 90 kg-os 26 éves, a második 80 kg-os 23 éves és a harmadik birkózó, aki a dobásokat kivitelezte a másik két birkózón

mindkét szőnyegen többször megismételve, 90 kg-os és 47 éves volt. Minden birkózóra 9 fényvisszaverő marker került prominens anatómiai pozíciókba a 2. táblázat szerint.

Mozgásanalízis

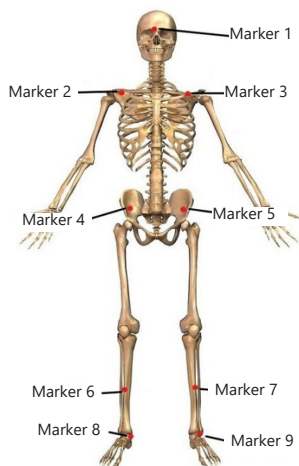
A mozgáskövetést egy *BTS SMART DX400* (*BTS Bioengineering*, Milan, Italy) rendszerrel végeztük, 6 infravörös (IRC) és 2 hagyományos kamerával. A vizsgálandó szőnyeg a mé-

1. táblázat. A mérések során használt két birkózószőnyeg jellemzői

	Szőnyeg 1	Szőnyeg 2
Fénykép		
Beszállító	Shiv Naresh Sports, India	Polifoam Kft, Magyarország
Rétegek száma	1	5
Sűrűség (kg/m ³)	36,7 ± 0,2	27,6 ± 0,5
Vastagság [mm]	58,5 ± 1,2	51,3 ± 0,4
Méret [mm]	2000 x 1000	2000 x 1000
Anyag	etilén-vinil-acetát	térhálósított polietilén hab

2. táblázat. A markerek elhelyezkedése és szoftveres azonosítója

Név	Azonosító	Pontos lokalizáció
Marker1	Head	<i>glabella</i> , a szemöldökök között az orr felett
Marker 2	R_shoulder	jobb <i>processus coracoideus</i>
Marker 3	L_shoulder	bal <i>processus coracoideus</i>
Marker 4	R_hip	jobb <i>spina iliaca anterior superior</i>
Marker 5	L_hip	bal <i>spina iliaca anterior superior</i>
Marker 6	R_tibia	jobb <i>tibia medialis</i> felszínének közepén
Marker 7	L_tibia	bal <i>tibia medialis</i> felszínének közepén
Marker 8	R_ankle	jobb belboka
Marker 9	L_ankle	bal belboka



rések során a kamerák látóterének közepére volt helyezve. (1. és 2. ábra)

Miután felhelyeztük a markereket a birkózókra, 7 különböző tipikus mozdulatot végeztünk el velük: 3 asszisztálatlant és 4 asszisztáltat, melyeket a rendszer által kínált maximális, 100 Hz frekvenciával rögzítettünk SMART Capture (BTS Bioengineering, Milan, Italy) szoftver segítségével. A kalibrált tér méretei a következők voltak: X: 1243 mm, Y: 1309 mm, Z: 2574 mm.

Statisztikai megfontolásból ötször végezt el minden mozdulatot a birkózó, sorozatban, ugyanazon szőnyegen, melyeket a szoftverrel külön-külön rögzítettünk a hagyományos ka-

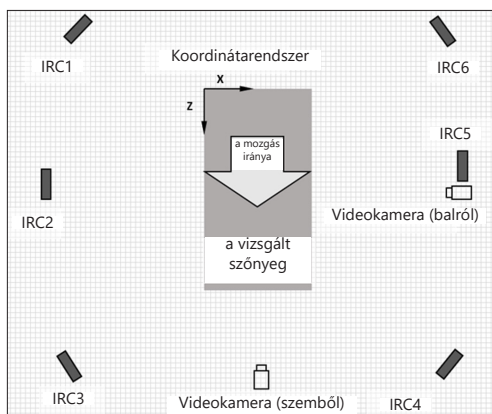
merák felvételeivel együtt. A szoftver a gyorsulás - idő, sebesség - idő és a vertikális elmozdulás - idő görbéket rögzítette, amelyeken meghatároztuk az abszolút értéket a maximális gyorsulásnak és a becsapódási sebességnek. Mindkét



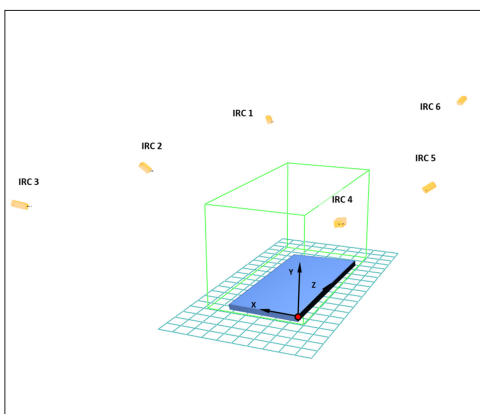
3. ábra. Egy dobás kivitelezése



1. ábra. A kamerák és a vizsgált szőnyegek elhelyezkedése



2. ábra. A felállított mérőrendszer



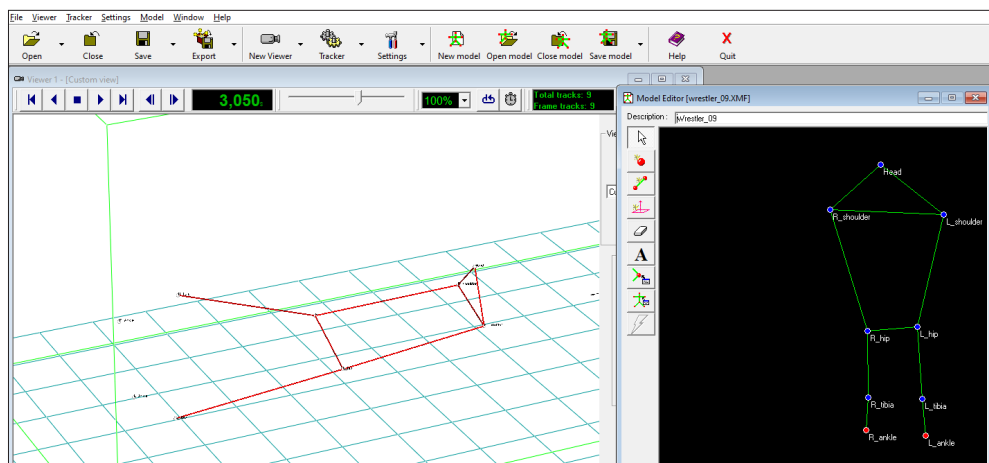
szőnyegen 35 mérést végeztünk mindkét birkózóval, így összesen 140 mérést rögzítettünk. Mivel 9 markert alkalmaztunk, mindösszesen 1260 pont mozgását követtük végig (3. ábra).

A birkózókkal egyeztetve, az alábbi mozdulatok elsődleges vizsgálata mellett döntöttünk:

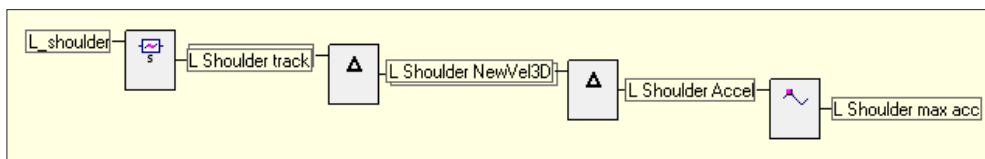
- Segítő nélküli mozdulatok
 - Bukfenc
 - Cselgáncsbukfenc
 - Fejenátfordulás
- Asszisztens segítségével kivitelezett dobások:
 - Csípődobás
 - Malom
 - Pároslábra támadás
 - Válldobás

A nyers adatok első feldolgozását a *SMART Tracker* (BTS BioEngineering Milano, Italy) szoftverrel végeztük, amelyben a kilenc markert összekötő váz-modellt rendeltünk a pályagörbék és a birkózó testének könnyebb azonosíthatósága érdekében (4. ábra).

Az így előkészített adatokat a mozgásanalízis rendszer feldolgozó szoftverével, a *SMART Analyzerral* (BTS BioEngineering Milano Italy), elemeztük. Ez a szoftver képes többek között a nyers adatok szűrésére, különféle számítások végrehajtására, integrálásra, deriválásra. Mindezen műveletek alapvetően függvényekként, blokkokba rendezve szerepelnek, be- és kimeneti adatokkal. A feldolgozás során ezeket a függvényeket, illetve az egymáshoz kapcsolódásukat kell megtervezni, majd a kialakított protokollba beolvasni a nyers adatokat (5. ábra).



4. ábra. Az alkalmazott váz-modell a SMART Trackerben



5. ábra. A gyorsulás értékek kiszámítása a SMART Analyzerral a bal váll esetén. Az elvégzett műveletek: 1. a pálya adatok (*L_shoulder*) lineáris interpolációja 2. az interpolált adatok (*L Shoulder track*) deriválása 3. az így kapott sebességadatok (*L Shoulder NewVel3D*) deriválása 4. az így előállt gyorsulásérték-függvény az eredő gyorsulásnak felel meg (*L_Shoulder Accel*), ennek maximális értéke pedig a *L Shoulder max acc*

EREDMÉNYEK

A mérések során a kapott adatok alapján mérési jegyzőkönyvet készítettünk mind a 140 méréshez. A jegyzőkönyvek tartalmazták a következő adatokat:

- a mérés körülményeire vonatkozó általános adatok (személyek, markerek, mérőeszközök, helyszín, időpont)
- a fejre, vállakra, csípőre, tibiákra és bokákra vonatkozóan
 - pályagörbe az idő függvényében:
 - függőleges irányban
 - frontális síkra vetítve
 - sagittális síkra vetítve
 - sebesség-idő görbe
 - gyorsulás-idő görbe
 - összefoglaló táblázatban a maximális elmozdulás, sebesség és gyorsulás értékek

A fenti számértékeket szőnyegenként és birkózóként összesen négy Excel táblázatban egyesítettük, amelyek alapján párosított t-próbákat

3. táblázat. A két mintás t-próba eredményei a maximális gyorsulásra malom és válldobás esetén a különböző régiókban

Régió	Eredmény (szignifikancia szint: 0,05)
Fej	5-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb
Bal váll	5-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb
Jobb váll	5-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb
Bal csípő	Nincs szignifikáns különbség
Jobb csípő	Nincs szignifikáns különbség
Bal tibia	1-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb
Jobb tibia	1-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb
Bal boka	1-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb
Jobb boka	1-rétegű szőnyeg szignifikánsan jobb

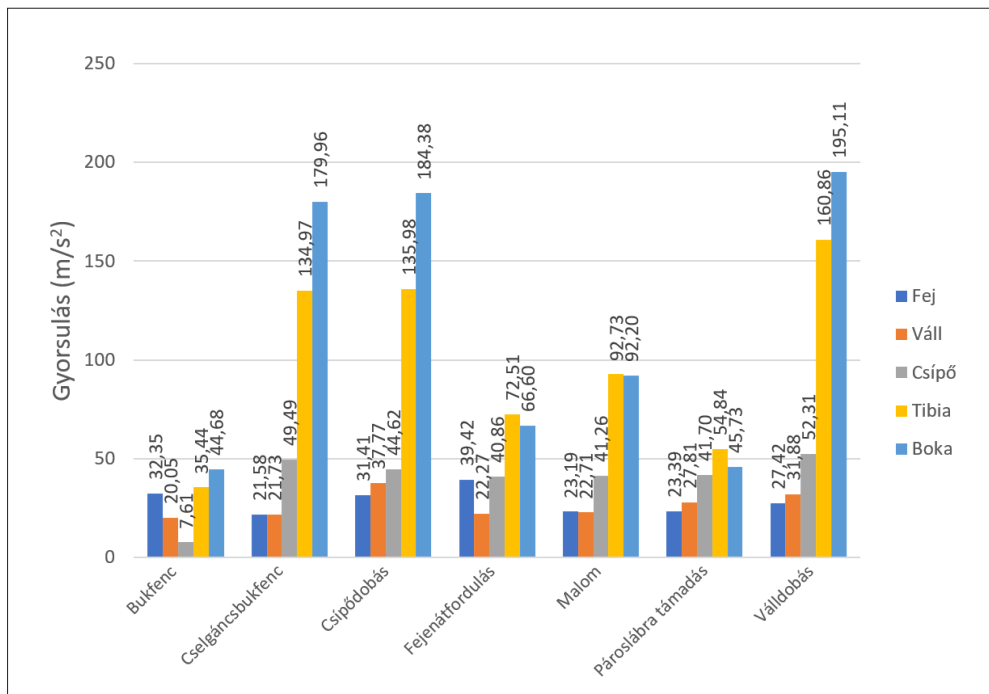
végeztünk és diagramokban ábrázoltuk az eredményeket (3-4. táblázat, 6-9. ábra).

Kiértékelve a gyorsulási mérések eredményeit, az alábbi megállapításokat tehetjük: (1) a legnagyobb gyorsulási értékeket a válldobás és a malom során mértük; (2) a legnagyobb gyorsulási értékeket az alsótesten rögzítettük, a tibiánál és a bokánál; (3) gyorsulási értékek sorrendje a következő (a legkisebttől a legnagyobbig): fej, váll, csípő, tibia és boka; (4) legnagyobb gyorsulása a kiemelten fontos testrészeknek, a fejnek, a fejenátfordulás során volt. A gyorsulások közötti különbségek a szőnyegek között változnak. Néhány esetben az egyrétegű szőnyeg a jobb, más esetben az ötrétegű bizonyult hatosabbnak. Mindent összefoglalva, azt mutattuk ki, hogy általánosságban nincs szignifikáns különbség a két szőnyeg között egyik birkózó esetén sem, 0,05-ös szignifikancia szinten vizsgálva (3-4. táblázat, 6-7. ábra).

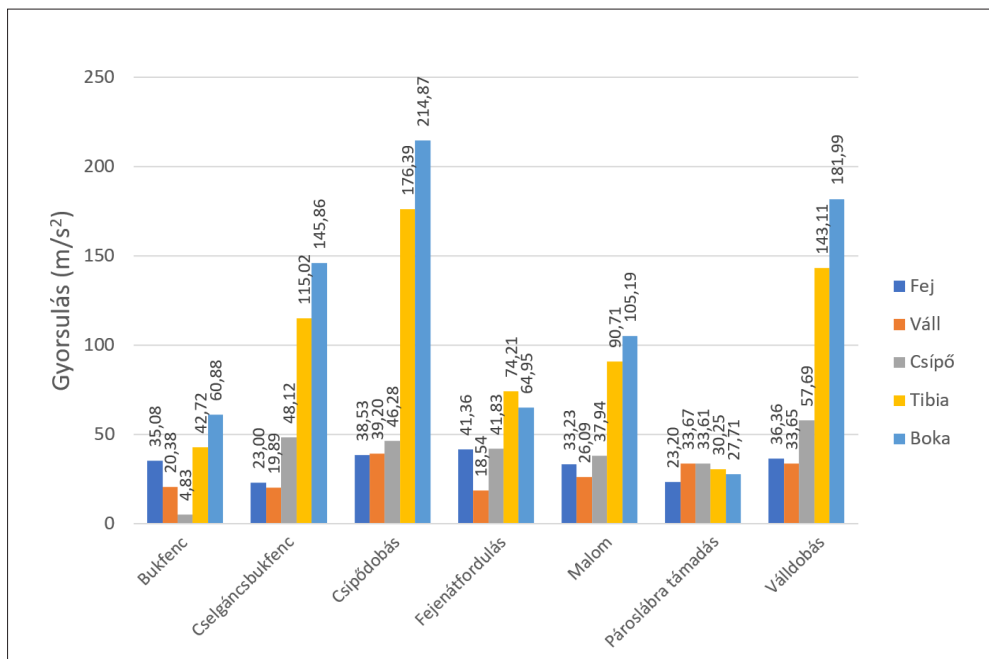
A sebesség eredmények kiértékelése után megállapítottuk, hogy a legkisebb sebességértéke-

4. táblázat. A párosított t-próba a mért gyorsulási értékre vonatkozóan a két szőnyeg között mindkét birkózóra

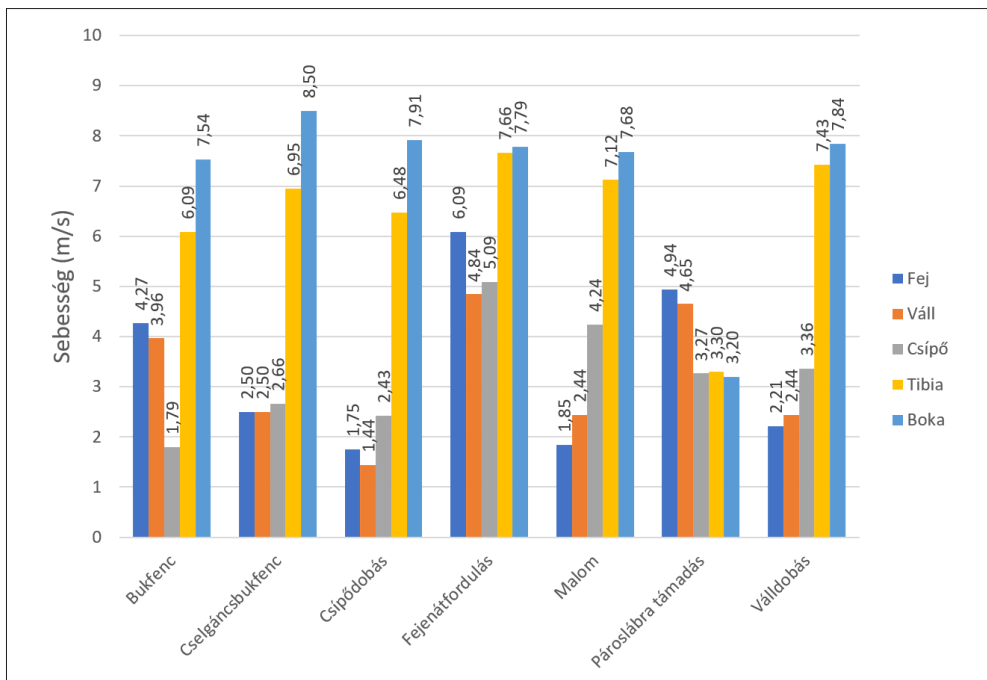
	Birkózó 1		Birkózó 2	
Réteg	5	1	5	1
Várható érték	61,248	61,179	59,102	62,308
Variancia	2681,7	2495,7	825,7	1642,8
Megfigyelések	35	35	35	35
t érték	0,022		-0,921	
P(T<=t) egyszélű	0,491		0,181	
t kritikus egyszélű	1,690		1,690	
P(T<=t) kétszélű	0,982		0,363	
t kritikus kétszélű	2,032		2,032	



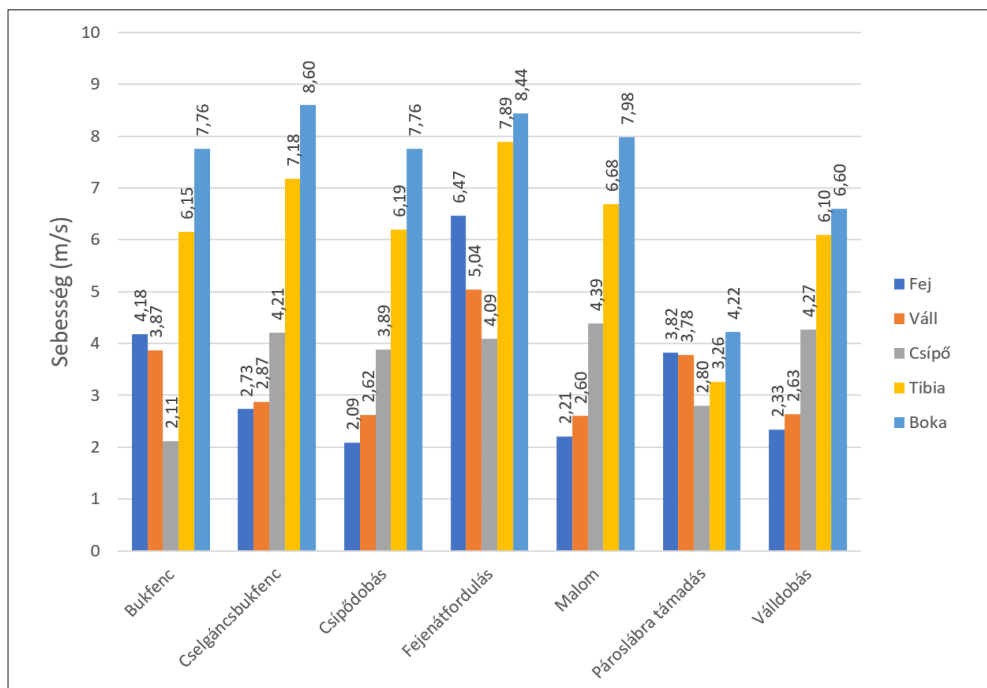
6. ábra. Az egyrétegű szőnyeg esetében mért gyorsulás az 1-es számú birkózó esetében



7. ábra. Az 5 rétegű szőnyeg esetén mért gyorsulás az 1-es birkózó esetében



8. ábra. Sebesség értékek az egyrétegű szőnyeg esetében



9. ábra. Sebesség értékek az 5 rétegű szőnyeg esetében

ket a bukfcnc és a pároslábra támadás során mértük. A többi mozgástípus során hasonló sebességeloszlást mértünk. A legnagyobb becsapódási értékeket az alsótesten mértük, tehát a tibiánál és a bokánál. A sebesség alapján a növekvő sorrend: fej, váll, csípő, tibia és boka (8-9. ábra).

MEGBESZÉLÉS

A vonatkozó irodalmat áttekintve nem láttunk átfogó, a jelenlegihez hasonló, többféle mozgásformára kiterjedő mozgásvizsgálatot bemutató tanulmányokat. A témában fellelt cikkekben az időzítések¹⁹, illetve a kiszáradás hatásával²⁰, valamint kifejezetten a fej gyorsulásaival²¹ foglalkoztak. A vizsgálat során *BTS SMART DX400* mozgáselemző rendszer bevonásával vizsgáltuk a birkózási mozdulatsorok végzése során fellépő becsapódási jellemzőket. Az első fázisban az elmozdulás, útvonal, sebesség és gyorsulás tartozott a mért kinematikai paraméterek közé.

A gyorsulási diagramok elemzése során a legnagyobb gyorsulási értékeket a válldobás és a malom során mértük, a legnagyobb gyorsulások az alsótestet érték. A fejenátfordulás során mértük a fej legnagyobb gyorsulását. A szőnyegeket összehasonlítva kimutattuk, hogy a két szőnyeg között nincs szignifikáns különbség a gyorsulás tekintetében. A sebesség diagramok elemzése során a legnagyobb sebességet a bukfcnc és a pároslábra támadás során mértük. A legnagyobb becsapódási sebesség értékeket itt is az alsótesten rögzítettük, a tibiánál és a boká-

nál. A becsapódási sebesség esetében sem mutatott a két szőnyeg szignifikáns eltérést. A különböző technikák jelentős eltéréseket mutattak a maximális gyorsulás esetében. A földet érés a válldobásból, a csípődobásból és a malomból jóval magasabb gyorsulást eredményezett, mint a pároslábra támadás és a segítő nélküli mozdulatok. Azonban az összes mozdulat esetében a legnagyobb gyorsulásokat az alsótesten mértük, a legkisebb gyorsulása az atléták fejének volt. (Ezen értékekhez nagyban hozzájárulhatott, hogy a vizsgált mozgástípusok során a fej és a váll volt a forgáspont, és így az alsó végtagok kerültek a legtávolabbra attól). Az egyetlen különbség a fejenátfordulás során volt, ahol először az atléták feje érte el a szőnyeget, ami nagyobb fejgyorsulást (lassulást) eredményezett. Kiértékeljük a maximális gyorsulásértékeket a különböző mozgásokra és anatómiai régiókra, minden egyes szőnyegtípus esetében párosított mintás t-próbát használva, és azt találtuk, hogy nem volt szignifikáns különbség a két szőnyeg ütéscsillapítási képességében. Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a szőnyegek azonos hatékonysággal előzik meg a sportsérüléseket.

Tanulmányunk célja a szőnyegek értékelésén túl, a különféle, birkózók által végrehajtott tipikus mozdulatok kinematikai jellemzőinek, azok időbeli lefolyásának feltárása volt. A vonatkozó irodalmak értékelése alapján úgy véljük, ezzel olyan új információkat tártunk fel, amelyek – akár további feldolgozással – hasznosak lehetnek a birkózással foglalkozó szakemberek számára.

A szerzők részvétele: M.S.: kéziratkészítés, mérések, kiértékelés, T.M.: koncepció, szőnyeg mérések, mérés, kiértékelés, K.Á.: szőnyegek mérése, kiértékelés, CS.L.: mérés, kiértékelés, kézirat, SZ.N.: mérés, kiértékelés, CS.Z.: koncepció, témavezetés, M.SZ.: koncepció, szervezés, mérés.

Köszönetnyilvánítás: A szerzők köszönetet mondanak Czákó Ádámnak az adatok feldolgozása kapcsán végzett munkájáért, valamint Czibere Krisztiánnak a közreműködésért.

Támogatás: A kutatás a *United World Wrestling* támogatásával, a *Save Olympic Wrestlers* program keretében valósult meg.

Összeférhetetlenség: Nincs.

IRODALOM

1. *Guttman A.* The Olympics: A history of the modern games. Champaign, IL: University of Illinois Press; 2002.
2. *Levinson D, Christensen K.* Encyclopedia of world sport: From ancient times to the present. ABC-CLIO; 1996.
3. *Molnár S, Mensch K, Gáspár K.* Wrestling. In: *Krutsch W, Mayr H, Musahl V, Della Villa F, Tscholl P, Jones H,* editors. Injury and health risk management in sports; 2020.
4. *Halloran L.* Wrestling injuries. *Orthop Nurs.* 2008;27(3):189-92; quiz 193-4.
5. *Shadgan B, Molnar S, Sıkımcı S, Chahi A.* Wrestling injuries during the 2016 Rio Olympic Games. *Br J Sports Med.* 2017;51:387.
6. *Shadgan B, Feldman BJ, Jafari S.* Wrestling injuries during the 2008 Beijing Olympic Games. *Am J Sports Med.* 2010;38:1870-6.
7. *Molnár S, Hunya Z, Gáspár K, Szerb I, Szabó N, et al.* Moderate and severe injuries at five international olympic-style wrestling tournaments during 2016-2019. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2022;21:74-81. <https://doi.org/10.52082/jjssm.2022.74>
8. *Hewett TE, Pasque C, Heyl R, Wroble R.* Wrestling injuries. *Med Sport Sci.*2005;48:152-78.
9. *Patacsil J.* An analytical survey of the incidents of injuries sustained in intercollegiate and interscholastic wrestling. West Lafayette: Purdue University; 1955.
10. *Pasque CB, Hewett TE.* A prospective study of high school wrestling injuries. *Am J Sports Med.* 2000;28:509-15.
11. *Requa R, Garrick J.* Injuries in interscholastic wrestling. *Physician Sportsmed.* 1981;9:44-51.
12. *Mills N.* Polymer foams handbook: Engineering and biomechanics applications and design guide. Oxford: Elsevier Science; 2007.
13. *Jenkins M.* Materials in sports equipment. Cambridge: Woodhead Publishing; 2003.
14. *Tomin M, Kmetty Á.* Development of wrestling mat materials to achieve better mechanical properties and improve the safety of the athletes. *British Journal of Sports Medicine* 2021;55:A85.
15. *Tomin M, Kmetty Á.* Polymer foams as advanced energy absorbing materials for sports applications - A review *J Appl Polym Sci.* 2022;139(9): e51714. <https://doi.org/10.1002/app.51714>
16. *Mills C, Yeadon MR, Pain MT.* Modifying landing mat material properties may decrease peak contact forces but increase forefoot forces in gymnastics landings. *Sports Biomech.* 2010; 9(3):153-64.
17. *United World Wrestling.* Regulations for the licensing of mats. [Internet]. [cited: 2020 Dec 17]. Available from: https://unitedworldwrestling.org/sites/default/files/media/document/regl_homolog_tapis_a_ncw.pdf
18. *Tomin M, Kossa A, Berezuai Sz, Kmetty Á.* Investigating the impact behavior of wrestling mats via finite element simulation and falling weight impact tests. *Polymer Testing.* 2022;108: 107521. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107521>
19. *Sciranką J, Augustovicova D, Stefanovsky M.* Time-motion analysis in freestyle wrestling: Weight category as a factor in different time-motion structures. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology.* 2022;22(1): 1-8.
20. *Moghaddami A, Gereķ Z, Karimiasl A, Nozohouri H.* Evaluation of acute dehydration impacts on elite wrestlers' single-leg takedown technique by 3D motion analysis. *Med. Sport.* 2018;71:1-10.
21. *Hecimovich M, King D, Garrett T.* Accelerometric analysis of head impacts in amateur wrestling: An exploratory analysis. *International Journal of Wrestling Science.* 2016;6(2):117-26.