

AZ EMELKEDŐ TELJESÍTMÉNYŰ FUTÁS HATÁSA A MOZGÁSPARAMÉTEREKRE

Pálya Zsófia, Kiss Rita M.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

palyazsofia@gmail.com

DOI: 10.17489/2018/1/03

Absztrakt

A futás napjainkban egyre kedveltebb sport-, hobbi- és szabadidős tevékenység, amelynek számos pozitív élettani hatása ismert. Kutatásunk célja, olyan mozgáselemzés kidolgozása, amellyel a növekedő teljesítményű futás mozgásparaméterei meghatározhatók. Ehhez egy külön mérési módszer kidolgozása vált szükségessé. A mozgáselemzés használhatóságát női futóalanyon vizsgáltuk, két különböző futóruhában. A teljesítmény növekedés vizsgálatához az ajánlott sebességintervallumok: 4 km/h, 7 km/h, 8 km/h, 10 km/h, 11 km/h. Minden sebesség intervallumon – pihenés nélkül – 3 perccel kellett futni. Összefoglalva elmondható, hogy a kidolgozott mérési módszerrel az emelkedő teljesítményű futás és a ruházat befolyásoló hatása jól elemezhető. Az eredmények alapján látható, hogy az atléta ruha a mozgás szabályosságát kevésbé befolyásolja, de vélhetően a kényelmes, ergonomikus kialakítás miatt kedvezőbb a mozgás képe.

Kulcsszavak: mozgáskövetés, járásanalízis, futás, futóruha, teljesítménymérés

Investigation of the effect of gradually increasing running performance on the gait parameters

Abstract

Running is a popular and convenient free-time physical activity. It is well established that this activity has substantial health benefits. The purpose of this research is to construct a motion analysis method which gives us an opportunity to observe the gradually increasing running performance. During the experimentation six free-time runner women were involved, and analysed in two different running suits. The gradually increasing performance was observed by applying velocity intervals of 4 km/h, 7 km/h, 8 km/h, 10 km/h and 11 km/h. The subjects ran 3 minutes in each period without any break. The results show that the gait parameters changed significantly by increasing the velocity of running. Additionally, it can also be concluded that due to the ergonomic design of the sport brief, the overall picture of gait changed significantly.

Keywords: gait analysis, motion capture, running, sportswear, performance measurement

1. Bevezetés

Az emberi élet alaptvékenysége a helyváltoztatás, ami legtöbbször járást és futást jelenti, de ilyen mozgásforma a mászás és az úszás is. A futás napjainkban egyre kedveltebb sport-, hobbi- és szabadidős tevékenység, amelynek számos pozitív élettani hatása ismert. A rendszeres futással többek között a daganatos, a szív- és érrendszeri betegségek, a mozgásszer-

vi panaszok, a kóros ízületi elváltozások megelőzhetőek, valamint az asztma kialakulásának kockázata is csökkenthető.

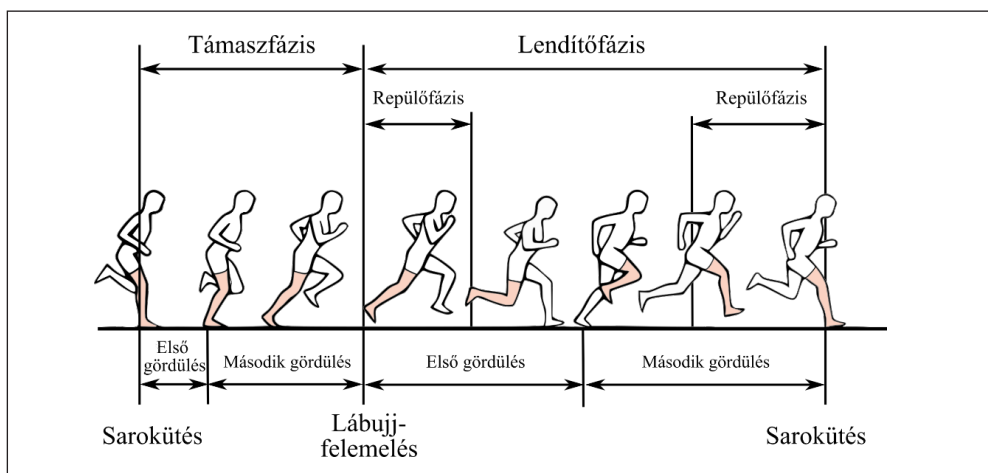
A futás, a járáshoz hasonlóan, mechanikai szempontból egy szimmetrikus, ciklikus, helyváltoztató mozgás. A mozgás alapja a lépésciklus, ami az egyik végtag sarokütésétől ugyanazon végtag következő sarokütéséig tart. A lépésciklus további két részre bontható. Já-

rásnál az első kb. 60% a támaszfázis, majd ezt követi a lendítő fázis. A futás során ezek a fázisok eltolódnak, és megjelenik az úgynevezett repülőfázis (1. ábra).¹ Futáskor a fázisok egymáshoz viszonyított arányai megváltoznak, így vélhetően a kinetikai és kinematikai paraméterekben is van mérhető változás. Schulze² és Ransdell³ kutatásai alátámasztják, hogy a futás sebessége szignifikánsan befolyásolja a mozgásparamétereket. A demográfiai paraméterek közül a vizsgált személyek nemének, korának és testmagasságának hatása szignifikáns a futás paramétereire.^{2,3}

A biomechanikai vizsgálatok alapvető célja az emberi mozgás kvantitatív módszerrel történő leírása. Ezen belül beszélhetünk úgynevezett kinematikai mérésekről, amelyek a mozgás leírásával és elemzésével foglalkoznak, és kinetikai mérésekről, melyek elsősorban a mozgást létrehozó és a közben fellépő erők és nyomatékok meghatározására koncentrálnak. A vizsgálatok során mért és számított paraméterek rendkívül széles körben felhasználhatók. A mozgásvizsgálat egyik jelentős kutatási célú felhasználási területe a sportolók és sportmozgások vizsgálata, ezen belül is kiemelt terület a sportolók technikájának fejlesztése, különböző teljesítménydiagnosztikai mérések.

A sportteljesítmény mérésére többféle módszer is elterjedt. Egy adott egyén teljes teljesítménydiagnosztika profiljának felvételéhez általában hosszútávú, huzamosabb idejű terhelés mellett rövidtávú terhelés közbeni mérések elvégzése is javasolt. A hosszútávú terheléses méréseknél a legelterjedtebb az 5 km vagy 10 km-es távon mért teljesítménymérés. A rövid távú mérések célja a növekvő terhelés hatásának vizsgálata. Napjainkba egyre több ilyen jellegű mérési protokoll terjed el. A futópádot alkalmazó teljesítménymérések közül a leggyakoribbak az úgynevezett progresszív terhelés teszten (GTX - *graded exercise tests*) alapuló mérések. Ezek egyik csoportja a Bruce⁴ vagy Balke⁵ protokollok, amelyek a növekvő terhelést a futópádot döntési szögének és sebességének változtatásával idézik elő.^{4,5} A gyakorlatban csak a futópádot sebességének növelését alkalmazó tesztek a jobban elterjedtek. Ilyenkor a mérést előre megadott ideig konstans, de szakaszonként növekvő sebesség mellett kell elvégezni.

A sportruhák fejlesztése folyamatosan fejlődő iparág, aminek köszönhetően napról-napra újabb modern, szintetikus anyagokból készülő ruhák kerülnek piacra. Az utóbbi időben tudományos szempontból is felkapott kutatási terület lett, azonban kevés olyan szakirodalom



1. ábra. A futóciklus részei

található, amelyek mozgásvizsgálattal elemezné ezen különböző ruhák hatását. Az áltatunk végzett kutatás célja olyan mozgáselemzésen alapuló mérési módszer kidolgozása, amellyel a növekedő teljesítményű futás mozgásparamétere meghatározhatók. A mozgáselemzés használhatóságát női futóalanyon, két különböző futóruhában vizsgáljuk.⁶

2. Módszer

2.1. A mérésbe bevont személyek

A mérésbe 6 női szabadidő sportolót válogattunk be (átlag életkor: 20,83 év, átlagos testtömeg: 64,3 kg, átlagos testmagasság: 168,5 cm). Beválasztási kritérium volt, hogy a vizsgált személy életkora 17 és 25 év közé essen, és hetente legalább 10 km-t fusson rendszeresen. Kizárási kritérium volt bármilyen sérülés és fiziológiás elváltozás. A vizsgált személyek antropometriai adatait az 1. táblázat tartalmazza. Az adatok alapján elmondható, hogy a mérésekbe nagyjából hasonló korú és hasonló BMI-vel rendelkező személyeket vontuk be, így egy homogén csoport állt rendelkezésünkre.

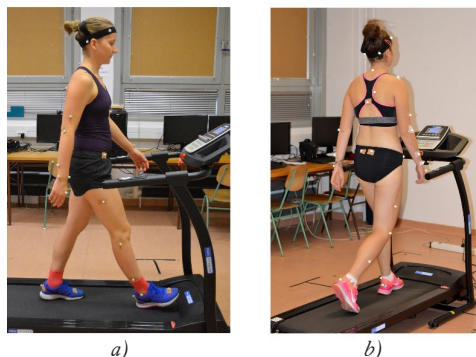
Nr.	Nem	Életkor [év]	Testtömeg [kg]	Testmagasság [cm]	BMI [kg/m ²]
1.	nő	23	74,3	171	25,1
2.	nő	22	60,9	163	22,9
3.	nő	22	64,4	170	21,5
4.	nő	18	65	171	22,2
5.	nő	19	61,7	166	22,4
6.	nő	21	60,4	167	21,6

1. táblázat. A vizsgált személyek antropometriai adatai

2.2. A vizsgált futóruhák

A vizsgálat során két különböző futóruhát vizsgáltunk, amelyek a 2. ábrán láthatók. Először mindenkinek a saját futóruháját viselte, ami egy kényelmes futáshoz használt rövidnadrág és egy testhez simuló rövid-ujjú felső

(2.a ábra). A második alkalommal használt ruha, a 2.b ábrán látható atléták által használt futóbugyi (*Nike, Racing Running Brief*), melyhez mindenki a saját felsőjét viselte. Mindenkinek méretre szabott atléta alsókat előzetesen beszereztük. A futóalsó anyagösszetétele 84% poliészter és 16% elasztán. A mérések során mindenki a saját futócipőjét viselte.



2. ábra. A vizsgált futóruhák
a) saját futóruha; b) atléta alsó
(A képek két különböző vizsgált személyt ábrázolnak)

2.3. Mérési módszer

A méréseket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékének Mozgáslaboratóriumában található Optitrack (NaturalPoint, Corvallis, Oregon, USA) optikai-alapú mozgáskövető rendszerrel végeztük. A mozgáskövetés 18 darab *Flex 13* típusú kamerával és a *Motive:Body* (NaturalPoint, Corvallis, Oregon, USA) szoftver segítségével történt. A kamerák 1.3 MP felbontásúak, 56°-os látószöggel rendelkeznek, infravörös tartományban, 120 fps maximális felvételi sebességgel rögzítenek. A jelölők 5 mm átmérőjű, reflektív borítású, gömb alakú markerek. A méréseket egy Pro Fitness (Argos, Milton Keynes, UK) gyártmányú, állítható sebességű futópadon végeztük. A mérések során a terem hőmérséklete és páratartalma közel azonos volt (23-25°C és

30-40%). A vizsgált személyek minden esetben egészséges, kipihent, megfelelően hidratált és megfelelően táplált állapotban érkeztek a mérésekre. Ugyanazon személy két különböző ruhában történő mérése között legalább 20 óra telt el. A mozgásvizsgálathoz egy 39 markerből álló, teljes testes biomechanikai modellt használtunk. Ebben a modellben egyes markerek az anatómiai pontok mozgásának rögzítésére, míg mások az oldaliság jelölésére szolgálnak (oldaljelölő pontok). Az anatómiai pontokra rögzített markerek segítségével számíthatók a mozgásparaméterek, míg az oldaljelölők a test bal és jobb oldalának megkülönböztetésére szolgálnak. A jelölők elhelyezkedését a 3. ábra szemlélteti.

A mozgást szakirodalmi ajánlások alapján öt különböző (4-7-8-10-11 km/h) sebesség mellett vizsgáltuk. A mintavételezési frekvencia 120 Hz volt. A vizsgált személy felmarkerezését követően és mérések megkezdése előtti kötelező tevékenységek után a futószemély rááll a futópadra és bemelegítés során 2-3 percet sétál a futópadon szabadon választott sebességen. Ez idő alatt történik a mozgáshoz való alkalmazkodás is. A bemelegítést követően a futópadot 4 km/h-s sebességre kell állítani, és a mérést a mérőszoftveren történő felvétel elindításával rögzítjük. A futószalag sebességét 3 percen-

ként az előzetesen leírt sebességhatároknak megfelelően állítottuk. A mérések végén a felvételt leállítjuk, és az adatokat adatfeldolgozóhoz exportáljuk.

A mozgásvizsgálat mellett fiziológiás méréseket is végeztünk. A vizsgálat során a vizsgált személyek pulzusát egy Forerunner 310XT (Garmin Ltd., Lenexa, Kansas, USA) típusú pulzusmérő óra és a hozzátartozó pulzuspánt segítségével rögzítettük. A mintavételezési frekvencia 1 Hz volt.

3. Az adatok kiértékelése

3.1. Adatfeldolgozás

A mérés elvégzését követően az adatok kiértékelése több lépésben történt. A mozgás során a *Motive* szoftverrel a markerek térbeli koordinátáját rögzítettük, amelyekből az anatómiai szögeket számítása az *OpenSim* (NIH Center for Biomedical Computation, Stanford University) programmal történt. Ehhez a 39 markert tartalmazó biomechanikai modellt ebben a programban is implementálni kell. Az így elkészített alapmodellt később a vizsgált személyek anatómiájához lehet igazítani. Az adaptált biomechanikai modell elkészítése és a mérőfájl betöltése után az ízületi szögek értékeit a program inverz kinematika segítsé-



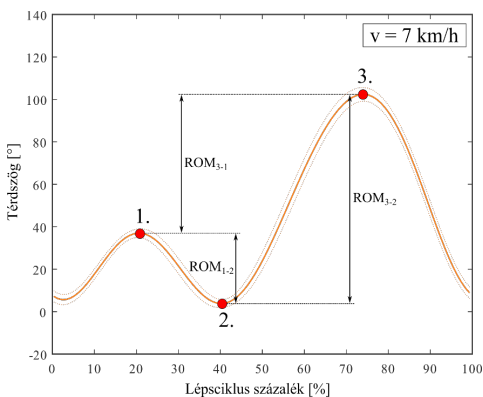
3. ábra. A 39 pontos biomechanikai modell, pirossal az anatómiai, kékkel az oldaljelölő pontokat jelölve

gével számolja vissza. A további geometriai- és szög jellegű paramétereket egy saját fejlesztésű *Matlab* (R2017a, The MathWorks, Massachusetts, USA) script segítségével számítottuk. Az adatokat nagy számuk miatt sebességeként dolgoztuk fel, és a feldolgozás során egy 5 Hz-es aluláteresztő szűrőt is alkalmaztunk.

A mozgásparaméterek meghatározásához a futást lépésciklusokra kell bontani. Ennek alapja, hogy a lépésciklus elején a sarok és a csípő sagittális síkban vett távolsága maximális.⁷ Ez azt jelenti, hogy a csípőtövisen elhelyezett marker (3. ábra: RASI/LASI) és a külső bokán elhelyezett marker (3. ábra: RANK/LANK) x-irányú távolságainak maximumát kell venni. Az így talált maximumok alapján a mozgás feldarabolható lépésciklusokra. Jelen cikkben részletesen a lépéshossz, a térdhajlítás (továbbiakban térdszög), a csípőhajlítás (továbbiakban csípőszög) és a medence mindhárom szögének (hajlítás-nyújtás, rotáció, billentés) kiértékelésének eredményeit részletezzük.

3.2. Vizsgált paraméterek

A lépéshossz számítása a külsőboka marker koordinátáinak (3. ábra: RANK/LANK) felhasználásával történt. A térdszög-görbék jellemzésére a 4. ábrán látható paramétereket



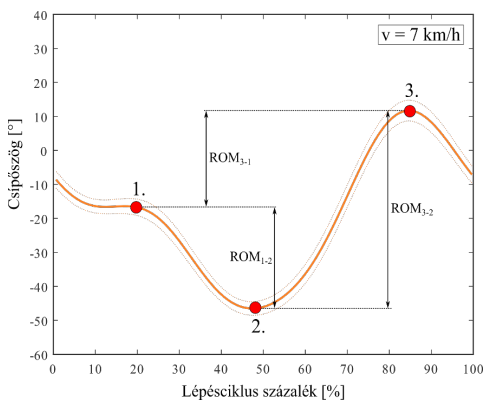
4. ábra. A térdszög-görbék jellegzetes pontjai

használtuk. A 4. ábrán látható 1. pont az első gördüléshez tartozó maximális szögérték, a 2. pont a görbék abszolút minimuma, a 3. pont pedig az abszolút maximum pontja. Ezen értékek kivonásával és összeadásával számíthatók a mozgásterjedelem paraméterek (ROM_{3-2} , ROM_{1-2} , ROM_{3-1}).

A csípőszög-görbék jellemzésére a térdszöghöz analóg módon ROM_{3-2} , ROM_{1-2} , ROM_{3-1} paraméterek bevezethetők (5. ábra). Az 1., 2. és 3. pontok továbbra is az első gördüléshez tartozó lokális maximum, globális minimum és globális maximum értékek.

3.3. Statisztikai elemzés

A statisztikai vizsgálat során a számított mozgásparaméterek esetén személyenként és sebességeként azok átlagértékei és relatív szórás (CV) értékei kerültek összehasonlításra. A mozgásparaméterek ruhánkénti összehasonlítása az IBM SPSS Statistics (IBM Corporation, NY, USA) szoftverrel történt. A különböző ruhában végzett mozgásvizsgálati mérések összehasonlítására ismétléses mérések (*Repeated Measures*) varianciaanalízist (ANOVA) használtunk, ahol az ismétlési faktor a különböző ruhák voltak. Az összehasonlításhoz az LSD (*Least Significant Differences*) post hoc vizsgá-



5. ábra. A csípőszög-görbék jellegzetes pontjai

lat eredményeit használtuk, amit a „Pairwise Comparisons” táblázat tartalmaz. Ennél a módszernél a program ugyanazon paramétereiket párosított T-próbával hasonlítja össze.⁸ A szignifikancia szint $\alpha=0,05$ volt.

A fiziológias mérések esetén, a rögzített pulzusértékek sebességekre vett átlagát hasonlítottam össze párosított t-próbával ruhánként ($\alpha=0,05$). Mérési hiba miatt a 3. mérőszemély mért pulzusértékeit ki kellett zárni a statisztika

Jellemző	4 km/h		7 km/h		8 km/h		10 km/h		11 km/h	
	átlag	CV	átlag	CV	átlag	CV	átlag	CV	átlag	CV
Lépéshossz J. [mm]	560,44	0,02	555,83	0,03	614,28	0,03	702,35	0,02	736,53	0,02
Lépéshossz B. [mm]	567,01	0,02	567,29	0,03	625,63	0,03	718,05	0,02	750,50	0,02
Térdszög										
Jobb ROM _{3,2} [°]	75,55	0,03	79,11	0,05	87,12	0,04	97,88	0,03	100,91	0,03
Jobb ROM _{1,2} [°]	16,60	0,21	34,91	0,08	39,03	0,05	41,67	0,05	41,91	0,05
Jobb ROM _{3,1} [°]	58,95	0,04	44,19	0,07	48,09	0,06	56,21	0,06	59,00	0,05
Bal ROM _{3,2} [°]	72,46	0,03	78,88	0,05	87,40	0,04	98,21	0,03	101,65	0,03
Bal ROM _{1,2} [°]	15,72	0,22	33,52	0,09	38,05	0,05	40,83	0,05	41,26	0,05
Bal ROM _{3,1} [°]	56,74	0,04	45,36	0,07	49,35	0,06	57,38	0,06	60,39	0,05
Csípőszög										
Jobb ROM _{3,2} [°]	53,19	0,03	53,96	0,06	60,03	0,04	69,70	0,04	73,78	0,03
Jobb ROM _{1,2} [°]	41,88	0,04	40,07	0,07	45,18	0,05	51,34	0,05	54,12	0,05
Jobb ROM _{3,1} [°]	11,31	0,19	13,89	0,28	14,85	0,27	18,37	0,22	19,66	0,22
Bal ROM _{3,2} [°]	48,11	0,03	50,03	0,05	54,98	0,04	63,81	0,04	67,29	0,04
Bal ROM _{1,2} [°]	39,59	0,05	38,40	0,07	42,53	0,05	48,06	0,05	49,65	0,05
Bal ROM _{3,1} [°]	8,52	0,27	11,63	0,34	12,45	0,32	15,76	0,24	17,64	0,21

2. táblázat. A feldolgozás után kapott értékek, saját ruhás méréseknél

Jellemző	4 km/h		7 km/h		8 km/h		10 km/h		11 km/h	
	átlag	CV	átlag	CV	átlag	CV	átlag	CV	átlag	CV
Lépéshossz J. [mm]	557,51	0,02	557,31	0,03	612,42	0,03	708,09	0,02	739,39	0,02
Lépéshossz B. [mm]	569,12	0,02	568,95	0,03	625,84	0,03	720,55	0,02	751,78	0,02
Térdszög										
Jobb ROM _{3,2} [°]	73,41	0,03	79,00	0,04	84,68	0,04	98,87	0,03	101,83	0,03
Jobb ROM _{1,2} [°]	14,01	0,23	33,10	0,08	36,49	0,05	39,33	0,05	39,15	0,05
Jobb ROM _{3,1} [°]	59,40	0,04	45,90	0,07	48,19	0,06	59,54	0,05	62,68	0,05
Bal ROM _{3,2} [°]	70,52	0,03	78,96	0,05	82,91	0,04	98,75	0,04	101,37	0,04
Bal ROM _{1,2} [°]	13,48	0,24	31,44	0,07	33,36	0,05	37,41	0,05	37,38	0,05
Bal ROM _{3,1} [°]	57,04	0,04	47,51	0,07	49,55	0,06	61,34	0,06	63,99	0,05
Csípőszög										
Jobb ROM _{3,2} [°]	51,61	0,04	51,88	0,05	56,93	0,04	68,35	0,04	72,37	0,04
Jobb ROM _{1,2} [°]	40,37	0,05	36,45	0,07	41,47	0,05	46,65	0,05	48,74	0,05
Jobb ROM _{3,1} [°]	11,24	0,20	15,44	0,22	15,46	0,24	21,70	0,18	23,63	0,16
Bal ROM _{3,2} [°]	47,11	0,03	48,11	0,05	51,83	0,04	62,94	0,04	66,03	0,04
Bal ROM _{1,2} [°]	39,12	0,05	35,96	0,06	39,54	0,05	45,57	0,05	46,87	0,05
Bal ROM _{3,1} [°]	7,99	0,27	12,15	0,24	12,29	0,26	17,38	0,20	19,15	0,19

3. táblázat. A feldolgozás után kapott értékek, atléta ruhás méréseknél

kai vizsgálatból, így a pulzus összehasonlítását 5 vizsgált személyre végeztük el.

4. Eredmények

Az alkalmazott mérési módszer, valamint a saját fejlesztésű feldolgozóprogram alkalmas az emelkedő teljesítményű futás biomechanikai vizsgálatára. A mért eredmények (2. és 3. táblázat) a szakirodalomban található eredményekkel megegyeznek.^{9,10} Ezért ez a módszer vélhetően alkalmas a különböző futóruhák mozgásparemeterekre gyakorolt hatásának vizsgálatára. Az összehasonlítás során részletesen a lépéshossz, valamint a térdhajlítás, a csípőhajlítás mozgásterjedelem paramétereit vizsgáltuk.

A medence szögek elemzésénél a másik két ízületi szögnél bemutatott módszert nem tudtuk alkalmazni. Ennek oka, hogy a medence szögek esetén nagyon különböző görbéket kapunk. Ezért nem vezethető be olyan paraméter, amely minden sebesség esetén mérhető és jól jellemzi a mozgást. A medenceöv mozgása

során sokkal kisebb szögváltozásokról van szó, mint a térd- és csípőízületek esetén, ezért ezen szögértékek mérése pontatlanabb.

Az atléta ruhás és saját ruhás mérések statisztikai elemzésekor kapott szignifikáns eltéréseket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A fiziológiás mérések statisztikai elemzése során, a saját ruhában és az atléta ruhában mért pulzusértékek (5. táblázat) között szignifikáns eltérést nagyobb futósebesség esetén találtunk (8 km/h: $p=0,047$, 10 km/h: $p=0,028$). Az 5. táblázat alapján, a sebességenkénti átlagos pulzusszám 2 perc / ütem kevesebb az atléta ruhás

Sebesség	Saját ruha [perc/ütem]		Atléta ruha [perc/ütem]	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
4 km/h	91,01	9,43	91,21	7,4
7 km/h	136,89	14,49	134,11	14,32
8 km/h	155,47	16,0	151,62	17,57
10 km/h	171,22	11,26	169,09	12,87
11 km/h	180,44	9,57	179,06	11,41

5. táblázat. A mért pulzusértékek átlaga és szórása

Jellemző	4 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	11 km/h
Lépéshossz B. CV [-]	0,174	0,134	0,031	0,413	0,21
Térdszög					
Jobb ROM ₃₋₂ [°]	0,186	0,468	0,047	0,260	0,296
Jobb ROM ₃₋₂ CV [-]	0,052	0,330	0,18	0,311	0,018
Jobb ROM ₁₋₂ [°]	0,040	0,013	0,019	0,003	0,009
Bal ROM ₃₋₁ [°]	0,354	0,141	0,415	0,027	0,017
Bal ROM ₃₋₂ [°]	0,010	0,485	0,032	0,440	0,469
Bal ROM ₁₋₂ [°]	0,049	0,134	0,023	0,121	0,101
Csípőszög					
Jobb ROM ₃₋₂ [°]	0,183	0,010	0,017	0,167	0,158
Jobb ROM ₁₋₂ [°]	0,107	0,016	0,036	0,027	0,025
Jobb ROM ₃₋₁ [°]	0,472	0,170	0,234	0,023	0,007
Bal ROM ₃₋₁ CV [-]	0,309	0,102	0,166	0,007	0,055
Bal ROM ₃₋₂ [°]	0,184	0,157	0,039	0,360	0,267
Bal ROM ₁₋₂ [°]	0,353	0,009	0,014	0,041	0,030
Bal ROM ₃₋₁ CV [-]	0,490	0,060	0,071	0,028	0,090

4. táblázat. A statisztika elemzés eredményei ($\alpha < 0,05$), a vastagon szedett értékek jelölik a szignifikáns eltéréseket

méréseknél. Ez vélhetően a jobb párolgásnak köszönhető, hiszen az atlétaruhás méréseknél sokkal nagyobb a szabad bőrfelület, mint a saját ruhás mérések esetén (2. ábra).

5. Következtetés

A kutatás célja az emelkedő teljesítményű futás mozgásparaméterekre gyakorolt hatásának vizsgálata két különböző futóruha bevonásával. Ehhez egy külön mérési módszer kidolgozása vált szükségessé. A kidolgozott mérési módszert és a saját fejlesztésű feldolgozóprogramot két különböző futóruha (2. ábra) vizsgálatára alkalmaztuk. A mérésekbe 6 szabadidő sportoló vontunk be.

A feldolgozás során kapott eredmények alapján a kidolgozott mérési módszer alkalmas az emelkedő teljesítményű futás vizsgálatára, ezzel lehetőséget teremtve a különböző futóruhák összehasonlítására. A lépéshossz, térdszög és csípőszög együttes elemzésével a sebesség növelés hatására bekövetkező mozgásterjedelem változás egyértelműen nyomon követhető.^{9,10} A futósebesség medenceszögekre gyakorolt további elemzést igényel, mivel a me-

dence mozgása lényegesen függ a sebességtől és a vizsgált személytől.

Az atléta ruha a mozgás szabályosságát kevésbé befolyásolja, de vélhetően a kényelmes, ergonomikus kialakítás miatt kedvezőbb a mozgás képe. Nagy sebességnél már a relatív szórás értékekben is megjelenik szignifikáns változás. Ezek együttesen adhatnak magyarázatot arra, miért használják a futók minden körülmény között ugyanazt a sportfelszerelést.

Összefoglalva elmondható, hogy a kidolgozott mérési módszerrel az emelkedő teljesítményű futás és a ruházat befolyásoló hatása jól elemezhető. Az eredmények alapján látható, hogy a ruházat hatása elsősorban a nagyobb sebességeknél figyelhető meg, amikor a mozgás képeben és szabályosságában egyaránt találunk szignifikáns eltéréseket.

A vizsgálat korlátja, hogy a mérést csak 6 személy esetén végeztük el. A kutatás következő feladata több vizsgált személy bevonásával is megismételni a méréseket. További célunk több ruházat bevonásával elemezni a különböző futóruhák hatását.

IRODALOM

1. *Novacheck TF*. The biomechanics of running. *Gait & Posture*, 1998; 7(1):577–82.
2. *Schulze S, Schwesig R, Edel M, Fieseler G, Delank KS, Hermassi S, Laudner KG*. Treadmill based reference running data for healthy subjects is dependent on speed and morphological parameters. *Human Movement Science*, 2017;55:269–75.
3. *Randsell LB, Vener J, Huberty J*. Masters athletes: an analysis of running, swimming and cycling performance by age and gender. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2009; 7(2):61–73.
4. *Bruce R*. Exercise testing of patients with coronary heart disease. principles and normal standards for evaluation. *Annals of clinical research*, 1971; 3(6):323–32.
5. *Balke B, Ware RW*. An experimental study of physical fitness of air force personnel. *U S Armed Forces Med J*, 1959; 10(6):675–88.
6. *Alves JC, Peserice C, Nogueira, G, Machado, F*. Influence of continuous and discontinuous graded exercise tests with different initial speeds on peak treadmill speed. *Science & Sports*, 2017; 32(1):15–22.
7. *Kiss RM*. Comparison between kinematic and ground reaction force techniques for determining gait events during treadmill walking at different walking speeds. *Medical engineering & physics*, 2010; 32(6):662–7.
8. *Cardinal RN, Aitken MR*. ANOVA for the behavioral sciences researcher. *Psychology Press*; 2013.
9. *Barton J*. Biomechanikai járáselemzés. Budapest Aesculart; 1995.
10. *Ferber R, Macdonald S*. Running mechanics and gait analysis. *Human Kinetics*; 2014.

A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA) K115894 számú pályázata és a Szlovén-Magyar Kutatás-Fejlesztési Együttműködési Pályázat (TÉT_16-1-2016-0068) támogatta.

Pálya Zsófia

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

H-1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6.

Tel.: (+36) 30 653-1688

EZ AZ ÖN HIRDETÉSÉNEK HELYE