

Ép és mozgásukban korlátozott kajakos sportolók biomechanikai mozgáselemzése és összehasonlító vizsgálata

Kertészné Német Bernadett¹ ■ Terebessy Tamás dr.² ■ Bejek Zoltán dr.²

¹Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Doktori Iskola, Budapest

²Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Klinika, Budapest

Bevezetés: A teljes test összerendezett mozgása mellett a kajak-kenu összehangolt kivitelezést és nagy teljesítmény leadását igénylő sport. Az evezőt mozgató, speciális technikával dolgozó felső végtag munkáját a gerinc flexiós-extenziós, illetve rotációs mozgása segíti. A törzs mozgása áttevődik az alsó végtagokra, melyek az alternáló, flexiós-extenziós mozgás mellett fontos támasztó funkciót látnak el. Ebből következőleg a sportolás közben a teljes test egy jól koordinált kinetikai láncot alkot.

Célkitűzés: Célunk az ép és a sérült sportolók mozgásának komolyabb megismerése és összehasonlítása volt.

Módszer: A vizsgálat során 13 mozgássérült elit sportoló (n = 13) ($\pm 18/\pm 40$ éves, ± 164 cm/ ± 194 cm magas, ± 74 kg/ ± 93 kg testsúlyú) 11 ép elit sportoló (n = 11) ($\pm 18/\pm 40$ éves, ± 172 cm/ ± 197 cm magas, ± 72 kg/ ± 96 kg testsúlyú), valamint 9 ép sportoló, akikből a mozgássérültséget imitáló csoportot hoztuk létre (n = 9) ($\pm 8/40$, ± 172 cm / 197 cm magas, ± 72 kg/ 96 kg testsúlyú) vett részt a mérésben. Méréseinkhez Vicon 3D-kamerarendszert, felületi EMG-eszközt és Webba sportkajak-ergométert alkalmaztunk. Az adatok feldolgozásához Matlab és Excel adatkezelő programokat használtunk.

Eredmények: A mérések segítségével meg tudtuk határozni az ép sportolók mozgástartományának határértékeit, valamint hogy a sérült sportolók felső végtagi mozgástartománya (vállízület, könyökízület) szignifikáns eltérést nem mutat ($p \geq 0,05$). Míg az ízületi elmozdulásban nem, úgy a felső végtag izommunkájában szignifikáns eltérést figyeltünk meg, ép izomzat esetében is ($p \leq 0,05$). A mozgássérült sportolók térdízületi mozgásában és izommunkájában szintén szignifikáns eltérés jelentkezett az ép sportolókhoz képest, mint a törzs munkája esetén ($p \leq 0,05$). Ugyanúgy szignifikáns eltérés volt megfigyelhető a leadott teljesítményben, a kifejtett erőben és a talptámasz használatában.

Megbeszélés: Mozgássérülés esetén, legyen az szimmetrikus vagy aszimmetrikus, a talptámaszt a sportoló nem képes megfelelően kihasználni, ennek következtében szignifikáns eltérés tapasztalható a kajakozómozgásukban az ép sportolókhoz képest.

Orv Hetil. 2019; 160(52): 2061–2066.

Kulcsszavak: kajak, paraspport, biomechanika

Biomechanical and functional comparison of kayaking by abled–disabled athletes

Introduction: During kayaking, the whole body works in a perfect harmony. While the trunk is doing a rotation, flexion-extension helps to the upper limb to create a special cyclic paddle. The purpose of this study was to gain a better understanding of the physical disabled (later disabled) person's kayaking motions and to probe whether there were any significant differences between disabled and non-disabled kayakers with special focus on the use of footrest. We hypothesised significantly different ranges of motion and muscle activity in lower limbs but no significant differences in those of the upper limbs.

Aim: Our goal was to know more about the abled and disabled kayaking and compare the athlete's kayaking movements.

Method: Thirteen (n = 13) elite disabled athletes (age range: 18–40 years, height range: 164–194 cm, body mass range: 74–93 kg), eleven (n = 11) elite non-disabled athletes (age range: 18–40 years, height range: 172–197 cm, body mass range: 72–96 kg) and nine (n = 9) athletes whose movements were artificially limited to imitate disabled conditions ("imitation disabled" group) (age range: 18–40 years, height range: 172–197 cm, body mass range: 72–

96 kg) were measured. Weba sport kayak ergometer, surface electromyography (EMG), and a 3-dimensional Vicon (MX T40) camera system were used to record the data, and a combined Matlab and MS Excel system was used to analyse the results.

Results: In line with our basic assumption, range of motion of the upper limbs was not significantly different between disabled athletes and non-disabled athletes ($p \geq 0.05$). However, muscle activities were significantly different in the disabled group compared to the non-disabled group ($p \leq 0.05$). In the disabled group the knee joint and trunk motions and muscle activities were also significantly different compared to those in the non-disabled group ($p \leq 0.05$). The differences in performance force applied to both footrests and force were significant ($p \leq 0.05$).

Discussion: The assumption that shoulder and elbow ranges of motion were not significantly different in disabled athletes compared to non-disabled athletes was proven. However, muscle activities were significantly different in the disabled group. In the disabled group, knee and trunk motions and muscle activities were also significantly different compared to the non-disabled group. Significant differences were found in performance, force and footrest use. Our results proved our assumption that motions and muscle activities of disabled and non-disabled athletes were significantly different.

Keywords: kayak, disabled sport, biomechanics

Kertészné Német B, Terebessy T, Bejek Z. [Biomechanical and functional comparison of kayaking by abled–disabled athletes]. *Orv Hetil.* 2019; 160(52): 2061–2066.

(Beérkezett: 2019. március 23.; elfogadva: 2019. július 20.)

Rövidítések

EMG = elektromiográfia; KL = (kayak cluster) kajakkategória

A világon egyre növekvő számban vesznek részt a kajak-sportágban mozgássérültek is, ami magyar vonatkozásban is elmondható. A sportág népszerűségét és fejlődési dinamikáját jelzi, hogy a 2016-os paralimpián már hivatalos versenyszámként volt jelen. A mozgásukban megváltozott sportolók esetén, sérültségükből adódóan, az egészséges sportolókra jellemző kinetikai lánc sérül, illetve a mozgássorba kompenzatorikus elemek épülnek be [1, 2]. Mindez természetesen függ a kieső mozgásszervi funkció helyétől, mértékétől és jellegétől. A különböző mozgásszervi sérülések, valamint kompenzációs mozgásminták különböző teljesítményt és mozgáskivitelezést eredményeznek. Ebből következően a más és más típusú sérüléssel rendelkező sportolók teljesítménye is különböző. A mozgássérült sport (parasport) célja az esélyegyenlőség megteremtése a különböző mértékben megváltozott képességű sportolók számára [3]. Ebből kifolyólag a para kajak-kenu sportban a Nemzetközi Para Kajak-Kenu Szövetség három versenyzési kategóriát hozott létre, melyeket a Nemzetközi Paralimpiai Bizottság is elfogadott. Ennek megfelelően a sportolók három kategóriában vehetnek részt a versenyeken: KL1 – a minimális funkcióval rendelkező sportolók, KL2 – a közepes funkciókkal rendelkező sportolók, KL3 – a legnagyobb stabilitással rendelkező sportolók csoportja [4].

A szakirodalomban viszonylag kevesen foglalkoznak a para kajak-kenu mechanikai vizsgálatával. Munkánkon keresztül szeretnénk jobban megismerni a sportág mozgásmechanizmusát mozgáskorlátozottság esetén. Kutatásunkban az ép sportolók mozgásfunkcióinak határértékeit kívántuk meghatározni, majd megmérve a mozgás-

sukban korlátozott sportolók mozgásfunkcióit, meghatározhattuk, hogy a sérülések valóban szignifikánsan eltérő mozgásfunkciót eredményeznek, és ezek mely területeken tapasztalhatók. Célunk az ép sportolók mozgásának modellezése volt [5], melyhez Weba sportkajakergométert, felületi EMG-t, valamint Vicon MX T40 3D-kamerarendszert használtunk. Az ép sportolók ízületi mozgástartományának és izomműködésének mérésével és meghatározásával kiindulási alapot teremthetünk a sérült sportolók mozgásának vizsgálatához [6–9]. További célunk volt előidézni ép sportolók esetében a sérült sportolókéhoz hasonló funkció hiányából fakadó korlátozott mozgásmintát, ezzel vizsgálva azt, hogy milyen mértékben változik ízületeiknek a mozgási lehetősége, illetve izomműködésük. A vizsgálat részét képezte a felső végtag mozgásának és izomműködésének vizsgálata is, annak ellenére, hogy mindegyik csoport esetében ép-egészséges felső végtag volt jellemző.

Feltételezésünk volt, hogy a sérültek alsó végtagi, valamint törzsi érintettségének következtében a felső végtag szabad mozgása és izommunkája lehetséges, így abban szignifikáns különbség nem várható az épekhez képest [2, 10–14]. További feltételezésünk volt, hogy szignifikáns különbség mutatkozik a törzs mozgástartományában, valamint izommunkájában, és az alsó végtag ízületi mozgásában és izommunkájában. Az eltérő mozgástartomány és izomműködés következtében feltételeztük, hogy a mozgás során kifejtett erőben és teljesítményben szintén szignifikáns eltérés várható.

Anyag és módszer

A vizsgálat során 13 mozgássérült elit sportoló (1. táblázat) ($n = 13$) ($\pm 18/\pm 40$ éves, ± 164 cm/ ± 194 cm magas, ± 74 kg/ ± 93 kg testsúlyú), 11 ép elit sportoló ($n = 11$)

1. táblázat | A megváltozott képességű sportolók sérüléseinek összefoglalása

Sportoló	Sérülés
1.	Progresszív krónikus polyarthritis alsó végtagi mozgáskorlátozottsággal
2.	Perifériás artériás zavar alsó végtagi izomműködési zavarral
3.	Összetett traumás sérülés alsó végtagi túlsúllyal
4.	Heine–Medin-kór
5.	T11 komplett laesio
6.	Pes equinovarus
7.	C6 inkomplett laesio
8.	L1 komplett laesio
9.	Spina bifida + amputáció
10.	T12–L1 komplett laesio
11.	T12 komplett laesio
12.	Cerebralis paresis
13.	Hemofília alsó végtagi ízületi diszfunkcióval

($\pm 18/\pm 40$ éves, ± 172 cm/ ± 197 cm magas, ± 72 kg/ ± 96 kg testsúlyú), valamint 9 ép sportoló, akikből a mozgássérültséget imitáló csoportot hoztuk létre ($n = 9$) ($\pm 18/40$, ± 172 cm/ 197 cm magas, ± 72 kg/ 96 kg testsúlyú) vett részt a mérésben.

Kutatásunkhoz a Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinikájának megfelelő helyszínnel és eszköztárral rendelkező biomechanikai laboratóriuma állt rendelkezésre, amihez további segítséget a Testnevelés- és Sporttudományi Egyetem kajak-kenu szakága és a Honvéd Sportegyesület szakedzője biztosított. Munkánk további pontosításához az ép sportolók közül létrehoztunk egy mozgássérültséget utánzó csoportot (a későbbiekben: imitált csoport), akiknek szintén lemértük a mozgásfunkcióit sérülést előidézett állapotban (1. ábra). A mérések során saját készítésű speciális beülőmodelleket (2. és 3. ábra) és a megváltozott képességű sportolók által is használt kiegészítőket alkalmaztunk.

Az imitált csoport vizsgálatával munkánk pontosságát kívántuk igazolni. Az eredményesség és pontosság céljából homogén csoport vizsgálatára törekedtünk, melynek tagjait férfi kajakosok alkották. A sportoló teljes körű tájékoztatásban részesült a vizsgálatot illetően, 14528-1/2019/EKU ügyiratszámú dokumentum jóváhagyásával.

A sportolók anamnézisének részét képezte az antropometriai adatok rögzítése: életkor, testsúly, testmagasság, az alsó végtagok hossza (spina iliaca anterior superior–tuberositas tibiae–malleolus medialis távolság), a tibia condylus medialis–lateralis közötti távolság, a malleolus medialis–lateralis közötti távolság, míg a felső végtagon a jobb és bal oldalon az acromion–axilla távolság, a könyökszélesség–humerus epicondylus medialis–lateralis közötti távolság, a processus styloideus radii–processus styloideus ulnae közötti távolság, és a kézen a 3. metacarpus középső harmadában mért vastagság [2].

Ép sportolók esetében elegendő volt a fent leírt adatok felvétele. A megváltozott képességű sportolók esetében rögzítettük a sérülést, annak idejét, szükség esetén a műtéti eljárást és a vizsgálatkori funkcióképességet: ehhez a Nemzetközi Para Kajak-Kenu Szövetség által hitelesen használt vizsgálati lapot használtuk fel, mely a versenyzési kategorizálózvizsgálat alkalmával is használatos [4].



1. ábra | Ép sportoló sérülést imitáló helyzetben történő mérés



2. ábra | Speciális beülőmodul



3. ábra | Speciális beülőmodul

2. táblázat | A mozgás szempontjából legmeghatározóbb izmok, ízületek és a talptámaszhasználat minimum–maximum értékeinek összefoglalása

	1. Mozgássérült sportolók		2. Ép sportolók	
	Minimum 1	Maximum 1	Maximum 2	Minimum 2
Az izmok működése (volt)	Minimum 1	Maximum 1	Maximum 2	Minimum 2
Jobb musculus deltoideus	0,0649737	4,210399486	4,665742656	0,64544969
Jobb musculus latissimus dorsi	0,2664981	3,015601763	6,036495877	0,47452185
Jobb musculus pectoralis major	0,0706558	1,203953053	2,815497069	0,21066927
Jobb musculus biceps brachii	0,1490737	2,039204397	5,457707555	0,29083513
Jobb musculus obliquus externus abdominis	0,0370852	3,631129283	3,84236203	0,29226708
Jobb musculus rectus femoris	0,031642	0,073092143	0,611192986	0,08613611
Jobb musculus biceps femoris	0,0062646	0,080883908	0,159777748	0,04269346
Bal musculus deltoideus	0,0206577	1,593485667	4,661012515	0,28323154
Bal musculus latissimus	0,0264739	1,236054468	5,477268605	0,43643523
Bal musculus pectoralis major	0,0493882	1,162977448	1,693197947	0,16224957
Bal musculus biceps brachii	0,0017341	0,502310237	4,515546902	0,23927147
Bal musculus obliquus externus adbominis	0,0190498	0,764191923	3,538095715	0,28453145
Bal musculus rectus femoris	0,003109	0,054053792	0,762157001	0,14212346
Bal musculus biceps femoris	0,0106907	0,151221497	0,249579678	0,04870467
Ízületi mozgás (fok)	Minimum 1	Maximum 1	Maximum 2	Minimum 2
A jobb könyök flexiója	82,141377	142,9146023	143,4649576	82,5054139
A bal könyök flexiója	80,781717	142,3674876	151,349443	80,1972783
A jobb váll flexiója	73,28502	92,25629838	96,85065235	74,5236242
A bal váll flexiója	70,410522	96,92792635	97,16258848	70,5388301
Törzsrotáció	0,1151537	60,34349	60,32294202	9,0943995
A jobb térd flexiója	128,91811	148,9252507	150,8562455	120,2941
A bal térd flexiója	119,93564	143,9789864	146,292793	126,784012
	Minimum 1	Maximum 1	Maximum 2	Minimum 2
A bal talptámasz értéke (newton)	17,148429	176,7987786	378,9969455	37,2396843
A jobb talptámasz értéke (newton)	15,162737	143,2520737	338,0862312	49,6795541

A fent leírt vizsgálatot követően felhelyeztük a fényvisszaverő markereket a mérésünkhöz szükséges, a Vicon-rendszer részét képező Plug-in-Gait protokoll felhasználásával a meghatározott anatómiai pontokra, kétoldalú ragasztócsík segítségével [15, 16]. Majd megfelelő előkészülettel (szőrtelenítés, bőrfertőtlenítés) felhelyeztük a felületi EMG-elektrodákat, amikor a sportoló már a kakajergométeren ült. Az elektrodák a mozgás szempontjából legmeghatározóbb izmokra kerültek felhelyezésre: musculus [m.] latissimus dorsi, m. deltoideus medialis, m. pectoralis major, m. biceps brachii, m. rectus femoris, m. biceps femoris, m. obliquus externus abdominis [10, 11]. Minden esetben egyenként ellenőrzésre került az elektrodák megfelelő működése, ami az adott izom maximális megfeszítésével történt.

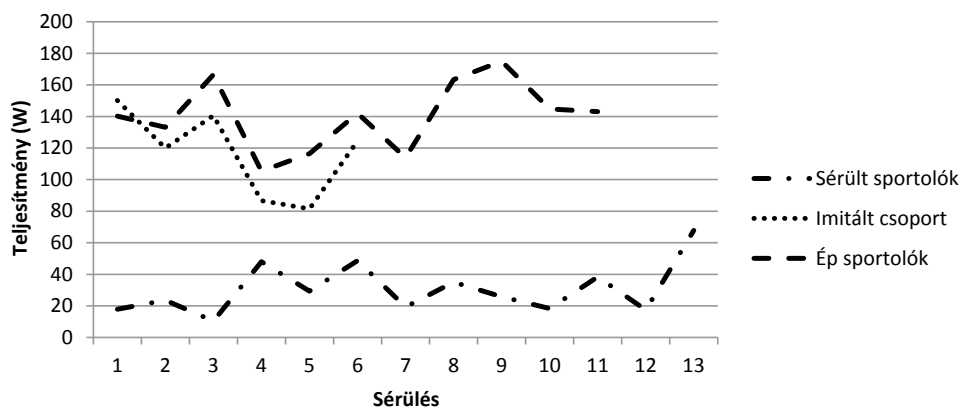
A sportolókat felkértük (pulzusról óra kontrollja mellett) a bemelegítésre 50%-os intenzitással, majd a megfelelő pulzus elérésekor 200 méteres táv levezetésére kértük őket 80%-os szubmaximális intenzitással, végül levezetesként addig evezett a sportoló, míg pulzusa el nem érte a megfelelő tartományt, mely a jelenlévő szakemberek és az óra segítségével került meghatározásra,

minden sportoló esetében egyénre szabottan. A mérések minden esetben orvos és szakedző jelenlétében történtek. A 200 méteres táv a hivatalos paraversenytáv alapján került meghatározásra, mely az épek esetében is hivatalos versenyszám.

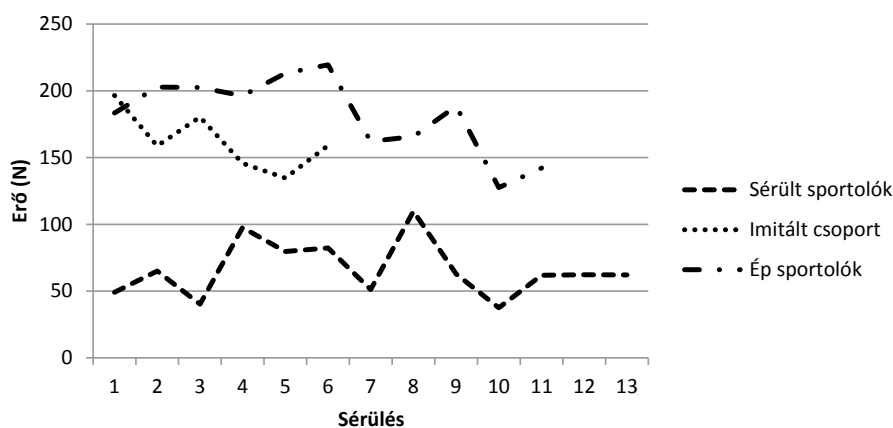
Mérési kritériumaink közé tartozott, hogy a mozgásokban megváltozott képességű sportoló annak megfelelően, hogy a későbbiekben hogy kíván versenyezni – protézisben vagy a nélkül, ortézisben vagy a nélkül –, hajtsa végre az általunk kért feladatot.

Eredmény

A kapott adatokból meghatározhattuk, hogy az adott mozgásciklusok során a mozgás szempontjából legmeghatározóbb izmok milyen maximális és minimális aktivitással működnek, valamint a törzs és az alsó-felső végtag ízületei milyen maximális és minimális mozgástartományban mozognak mind az ép sportolók, mind a mozgássérült sportolók esetében (2. táblázat). A kapott adatokhoz viszonyítottan meg lehetett határozni, hogy a



4. ábra | Elit férfi kajakosok 200 méteren leadott teljesítményének összehasonlító ábrája



5. ábra | Elit férfi kajakosok erő kifejtésének összehasonlító ábrája 200 méter kajakozás során

mozgásukban megváltozott képességű sportolók eredményei szignifikánsan vagy nem szignifikánsan térnek el az ép sportolókéhoz képest.

Vizsgálatunk során a mozgássérült sportolók felső végtagi ízületi funkcióiban az ép sportolók ízületi elmozdulásához képest szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható ($p \geq 0,05$). Míg az ízületi elmozdulásban nem, úgy a felső végtag izommunkájában szignifikáns eltérést figyeltünk meg, ép izomzat esetében is ($p \leq 0,05$). A megváltozott képességű sportolók térdízületi mozgásában és izommunkájában szintén szignifikáns eltérés jelentkezett az ép sportolókhöz képest, mint a törzs munkája esetén ($p \leq 0,05$).

Az ép sportolók mozgását korlátozva – mozgássérülést imitálva – is elvégeztük a méréseket. Ehhez speciális beülőmodulokat és eszközöket használtunk, amelyeket a mozgássérült sportolók is alkalmaznak. A mérések eredményeinek kiértékelései során minden esetben szignifikáns eltérés volt tapasztalható az épekhez képest, mind az ízületi elmozdulásban, mind az izommunkában. Az imitált állapot olyan mértékben megváltoztatta a sportolók mozgását, hogy ebben az esetben még a felső végtag ízületi mozgásában is szignifikáns eltérés volt tapasztalható.

Mind az ízületi, mind az izomműködésben jelentkezett eltérések a kifejtett erő és teljesítmény szignifikáns eltérését eredményezték (4. és 5. ábra).

Megbeszélés

Vizsgálatunkat követően elmondhatjuk, hogy szignifikánsan eltérő ízületi és izomfunkció jellemzi a sérültek mozgását kajakozás során, ami nehezíti a megfelelő technika kivitelezését. A sérülések hatására oly mértékben megváltoznak a funkciók, hogy a kifejtett erő és teljesítmény is szignifikánsan eltér az épekhez képest a kompenzatorikus mozgások ellenére. Az eltérés oka véleményünk szerint több okból adódik. Egyrészt a sérülés okozta lecsökkent teljesítőképesség, másrészt a másodlagos kompenzálófunkciók ébredése tehető érte felelőssé. Harmadrészt pedig a tudatos, sérülésspecifikus edzésnek a következménye, melynek során a sportoló és edzője közösen a meglévő mozgásfunkciókat, képességet igyekeznek erősíteni, fejleszteni. A sérülést imitált állapot szintén jelentős változásokat eredményezett, ebben az esetben még a felső végtag ízületi mozgásában is szignifikáns eltérés volt tapasztalható. Az, hogy a korlátozott mozgás a felső végtagi funkciók szignifikáns eltérését mutatta, egyben rámutat arra is, hogy a mozgásukban

megváltozott képességű sportolók kompenzációs mechanizmusainak kiépítéséhez, a megfelelő felső végtagi munka kivitelezéséhez idő és tudatos edzés, valamint igen nagy erőfeszítés szükséges. A szakirodalomban több helyen olvashatjuk, hogy a sportnak milyen meghatározó szerepe van a mozgásukban sérültek esetében, mind testileg, mind lelkileg. A kajakozás kiemelt szerepéről gerincsérültek esetében *Bjerkefors* svéd gyógytornász kutatásában olvashatunk [17]. Az általunk mért eredmények alapján nagyobb rálátásunk nyílt arra, hogy a sérülések esetében valóban szignifikáns ízületi és izomműködés, valamint teljesítményváltozás jelentkezik az épekhez képest. Az eredmények további összefüggések vizsgálatát teszik lehetővé, amely még pontosabb képet adhat a sérült sportolók mozgásáról. A kompenzációs folyamatok pontosabb megértése segít a megfelelő, személyre szabott edzésterv kifejlesztésében, ami a sportoló teljesítményének növelésében nyújthat segítséget. A kompenzációs mozgásminta és az abból fakadó túlterheltség pontos meghatározásához nagyobb esetszám vizsgálata szükséges. A parasport rohamos fejlődése figyelhető meg világszerte, ami fontossá teszi, hogy a szakirodalomban is komolyabb teret kapjon.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása és a kutatómunka kiemelt támogatásban nem részesült. A közlemény doktori munka részét képezi.

Szerzői munkamegosztás: A hipotézisek kidolgozása: K. N. B., B. Z. A vizsgálat lefolytatása: K. N. B., B. Z., T. T. Statisztikai elemzés: K. N. B. A kézirat megszüvegezése: K. N. B., B. Z.

Érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek anyagi érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Begon M, Colloud F, Sardain P, et al. Lower limb contribution in kayak performance modelling, simulation and analysis. *Multi-body Syst Dyn.* 2010; 23: 387.
- [2] Brown M B, Lauder M, Dyson R. Activation and contribution of trunk and leg musculature to force production during on-water sprint kayak performance. 28th International Conference on Biomechanics in Sports. Conference Proceedings Archive 2010; 28: 1–4. Published: 2010-08-10.
- [3] Shogan, D. The social construction of disability: the impact of statistics and technology. *Adapted Physical Activity Quarterly* 1998; 15: 269–277.
- [4] Paralympic sports: canoe. Classification in para canoe. Official website of the Paralympic Movement, IPC, Bonn. <https://www.paralympic.org/canoe/classification>.
- [5] Illyés Á, Bejek Z, Szlávik I, et al. Three-dimensional gait analysis after unilateral cemented total hip arthroplasty. *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport* 2006; 4: 27–34.
- [6] Lovell GP, Lauder MA. Bilateral strength comparisons among injured and noninjured competitive flatwater kayakers. *J Sport Rehabil.* 2001; 10: 3–10.
- [7] McKean MR, Burkett B. The relationship between joint range of motion, muscular strength, and race time for sub-elite flat water kayakers. *J Sci Med Sport* 2010; 13: 537–542.
- [8] Michael JS, Rooney KB, Smith RM. The dynamics of elite paddling on a kayak simulator. *J Sports Sci.* 2012; 30: 661–668.
- [9] Michael JS, Smith R, Rooney KB. Determinants of kayak paddling performance. *Sports Biomech.* 2009; 8: 167–179.
- [10] Fleming N, Donne B, Fletcher D, et al. Effect of kayak ergometer elastic tension on upper limb EMG activity and 3D kinematics. *J Sports Sci Med.* 2012; 11: 430–437.
- [11] Hibbs AE, Thompson KG, French DN, et al. Peak and average rectified EMG measures: which method of data reduction should be used for assessing core training exercises? *J Electromyogr Kinesiol.* 2011; 21: 102–111.
- [12] Limonta E, Squadrone R, Rodano R, et al. Tridimensional kinematic analysis on a kayaking simulator: key factors to successful performance. *J Sport Sci Health* 2010; 1: 27–34.
- [13] McDonnell LK, Hume PA, Nolte V. An observational model for biomechanical assessment of sprint kayaking technique. *Sports Biomech.* 2012; 11: 507–523.
- [14] Nilsson JE, Rosdahl HG. Contribution of leg-muscle forces to paddle force and kayak speed during maximal-effort flat-water paddling. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016; 11: 22–27.
- [15] Bejek Z, Paróczai R, Illyés Á, et al. Gait parameters of patients with osteoarthritis of the knee joint. *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport* 2006; 4: 9–16.
- [16] Dempster WT. Space requirements of the seated operator: geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, Wright Air Development Center, 1955. Series WADC Technical Report 1995; pp. 55–159.
- [17] Bjerkefors A, Thorstensson A. Effects of kayak ergometer training on motor performance in paraplegics. *Int J Sports Med.* 2006; 27: 824–829.

(Kertészné Német Bernadett,
Budaörs, Beregszászi u. 59/1., 2040
e-mail: nemet.bernadett@gmail.com)