

**Ép és mozgásukban sérült profi kajakozó sportolók
biomechanikai mozgáselemzése és összehasonlító vizsgálata
háromdimenziós kamerarendszer és kajak ergométer
használatával**

Doktori értekezés

Kertészné Német Bernadett

Semmelweis Egyetem
Rácz Károly Klinikai orvostudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Bejek Zoltán Ph.D. egyetemi docens

Hivatalos bírálók: Dr. Kiss Rita., D.Sc, egyetemi tanár

Dr. Mayer Ágnes Ph.D. főiskolai docens

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Kokas Péter Ph.D., egyetemi docens

Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Pavlik Attila Ph.D., egyetemi adjunktus

Dr. Bartha Lajos Ph.D. egyetemi adjunktus

Budapest
2021

1. Bevezetés

A kajak-kenu sport a teljes test összerendezett mozgása mellett nagy teljesítmény leadásával járó tevékenység. 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 alternáló, flexiós-extenziós mozgása mellett fontos támasztó funkciót látnak el. Ebből következőleg a sportolás közben a teljes test egy jól összehangolt kinetikai láncot alkot. Ezt bizonyítja az a tény, hogy a maximális teljesítmény leadásához a megfelelő technika elsajátítása szükséges.

A világon egyre növekvő számban vesznek részt a kajak-kenu sportágban mozgássérültek is, ami magyar vonatkozásban is elmondható. A sportág népszerűségét és fejlődési dinamikáját jelzi, hogy a 2016-os Paraolimpián már hivatalos versenyszámként volt jelen. Mozcássérült (későbbiekben: sérült, mozgáskorlátozott, mozgásában megváltozott képességű) sportolók esetén, mozgássérültségükből adódóan, az egészséges sportolókra jellemző kinetikai lánc sérül, illetve a mozgássorba kompenzatórikus elemek épülnek be. Mindez természetesen függ a kieső mozgásszervi funkció helyétől, mértékétől és jellegétől.

A különböző mozgásszervi sérülések valamint kompenzációs mozgásminták, különböző teljesítményt és mozgás kivitelezést eredményeznek. Ebből következően a más és más típusú sérültséggel rendelkező sportolók teljesítménye is különböző. A mozgássérült sport (parasport) célja az esélyegyenlőség megteremtése a különböző mértékben mozgásukban megváltozott képességű sportolók számára. Ebből kifolyólag a para kajak-kenu sportban a Nemzetközi Para kajak-kenu Szövetség három versenyzési kategóriát hozott létre, melyet a Nemzetközi Paraolimpiai Bizottság is elfogadott. KL1 – minimális mozgásszervi funkcióval rendelkező sportolók, KL2 – azok a sportolók, akik törzs és alsó végtagi funkcióval is rendelkeznek, KL3 – a legnagyobb fizikai képességgel rendelkező sportolók csoportja.

kulcsszavak: kajak, parasport, biomechanika

2. Célkitűzés

Kutatásunk célja az ép és mozgásukban korlátozott sportolók mozgásának modellezése volt, ergométer és electromyograph (EMG), valamint háromdimenziós (3D) mozgáselemző kamerafelvétel segítségével. Az ép sportolók mozgásának modellezésével, kiindulási alapot teremthetünk a sérült sportolók mozgásának vizsgálatához. További célunk volt előidézni ép sportolók esetében a sérült sportolókéhoz hasonló funkció hiányából fakadó korlátozott mozgásmintát, ezzel vizsgálva azt, hogy milyen mértékben változik az ízületeik mozgástartománya, illetve izomaktivitásuk.

Hasonló, parasportot érintő kajak-kenu vizsgálatról kevés közleményt olvashatunk a szakirodalomban. Ezért célunk volt létrehozni egy vizsgálati protokollt, mely lehetővé tette a kajakozás biomechanikájának számszerűsített, reprodukálható leírását. Kutatásunk a 14528-1/2019/EKU ügyiratszámom jóváhagyott kutatási engedély birtokában, az akkreditált Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinika Biomechanikai Laboratóriumában történt. További segítséget a Testnevelés-és Sporttudományi Egyetem kajak-kenu szakága és a Honvéd Sportegyesület szakedzője nyújtott számunkra.

Munkánk során kidolgoztuk a vizsgálatokhoz szükséges mérési modellt, Weba sport kajak ergométer, általunk kifejlesztett, talptámaszba épített erőmérő, felületi EMG, valamint Vicon MX T40 3D mozgáselemző kamerafelvétel segítségével. Az adatok feldolgozását Matlab rendszer segítségével végeztük, majd a statisztikai analízishez a GraphPad Prism9 rendszer segítségével a Wilcoxon próbát és a Pearson korrelációs analízist alkalmaztuk. A mérési módszer alkalmasnak bizonyult ép és sérült sportolók mozgásának vizsgálatára. Ennek saját fejlesztésű eleme egy a talptámaszba beépített erőmérő volt, aminek segítségével mérhető információt kaphattunk arról, hogy a sportoló a mozgás során milyen mértékű erő leadására képes a hajó lábtámaszán. Az alsó végtag aktív támasztó és a felső végtag alternáló mozgásának meghatározó szerepe van a törzs munkájában, amit a szakirodalom is alátámaszt, de számszerűsítése még az általunk tervezett formában nem történt meg. A biomechanikai méréseknek köszönhetően számszerűen kívántuk meghatározni a mozgásciklusokban zajló izomműködés mértékét, az ízületi mozgásokat és a talptámaszra kifejtett erő mértékét.

Hipotézis:

1. Feltételezésünk volt, hogy a mozgássérült sportolók alsó végtagi, valamint törzsi érintettségük mellett a felső végtag szabad mozgása és izommunkája nem gátolt, így az erre vonatkozó adatokban szignifikáns különbség nem várható az épekhez képest, amennyiben az előbbieket megfelelő módon, stabilan vannak rögzítve 200m kajakozás során.
2. További feltételezésünk volt, hogy a vizsgálati csoportok között szignifikáns különbség mutatkozik a törzs és az alsó végtagok mozgástartományában, valamint izommunkájában, amely már hatással van a talptámasz használatára és ez által a teljesítményre 200 méter kajakozás során.
3. Kutatásunk során a talptámasz fontosságát és használatának mértékét is vizsgáltuk. Amíg ép sportolók esetében természetes, hogy megfelelően használják a talptámaszt, addig mozgássérült sérültség esetén a talptámasz használatában jelentős eltérések lépnek fel. Ez véleményünk szerint kihat a teljesítményre is.
4. Ennek alapján feltételeztük, hogy a sérült sportolók talptámaszon mért értékei sérültségtől függően szignifikánsan eltérnek az ép sportolókéétól. Ebből adódóan a teljesítményben és az evezés során kifejtett erőben is szignifikáns eltérés várható.
5. Kajakozás során alteráló, de azonos mértékű erőleadásra van szükség. Feltételezésünk szerint már kisfokú aszimmetria is hatással lehet az evezés hatékonyságára. Ennek megfelelően arra kerestünk választ, hogy az ép sportolók izomműködésében tapasztalható-e szignifikáns különbség evezés közben a jobb és bal oldal között. Továbbá a talptámaszra kifejtett erő és a 200 méter alatt leadott teljesítmény összefüggését kívántuk vizsgálni az ép sportolók között.
6. Egészséges sportolók bevonásával létrehoztunk egy „imitált” csoportot. Az imitált csoporttal a mozgássérült sportolók mozgásmechanizmusát kívántuk előidézni ép sportolók esetében, speciális beülő modulokba rögzítve a sportolót. Azt feltételeztük, hogy ugyanazon biomechanikai paraméterek jellemzik mindkét vizsgálati csoport mozgását.

3. Anyag és módszer:

A mérések során 13 (n=13) mozgássérült elit sportoló vizsgálatát végeztük el. Átlagéletkoruk 29 év (18-40 év), magasságuk 179 cm (164-194 cm), testsúlyuk 83,5 kg (74-93kg) volt. A vizsgálatba bevont 11 ép elit sportoló (n=11) átlagosan 24 éves (18-30 év), 184,5 cm magas (172-197cm), és 84 kg testsúlyú (72-96kg) volt.

Az ép sportolók köréből 9, sérültséget imitált sportoló (n=9) vett részt a mérésben. A vizsgálati csoportokat férfi sportolókból válogattuk össze.

A mérések során a sérült sportolók és a sérültséget imitált csoport esetében speciális, általunk legyártatott beülő modulokat alkalmaztunk, melyek a mérés során stabil és biztonságos ülést tettek lehetővé a sportolók számára. (1.ábra)



1. ábra Speciális beülő modul mozgásukban sérült sportolók részére.

3.1.A vizsgálat előkészítése

A mérési folyamatot megelőzően a következő antropometriai adatok kerültek rögzítésre a Vicon rendszerben: életkor, testsúly illetve a testmagasság. Alsó végtagok esetén a végtag hossza (spina iliaca anterior superior – tuberositas tibiae – malleolus medialis pontokat összekötő egyenes), a tibia condylusai közötti távolság, a malleolus medialis- és laterális közötti távolság kerültek rögzítésre. A felső végtagon a jobb- és bal oldalon az acromion - hónaljárok távolság, a könyökszélesség (humerus condylus medialis-condylus lateralis közötti távolság), a processus styloideus radii és ulna distalis vége közötti távolság, és a kézen a 3. metacarpus középső harmadában mért vastagság megmérésére volt szükség.

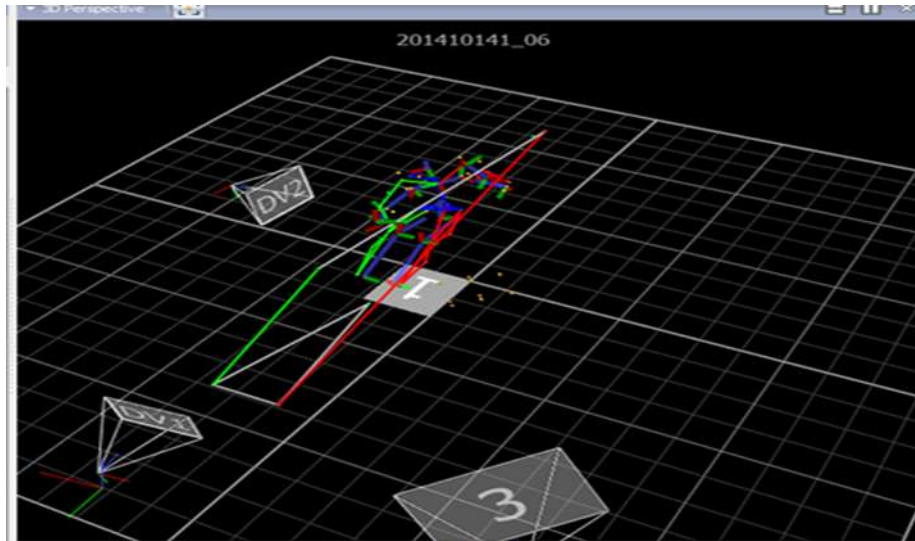
3.2. Biomechanikai vizsgálatok

A funkcionális tényezők elemzéséhez biomechanikai méréseket végeztünk az Ortopédiai Klinika Járáslaborjának Vicon MX T40 típusú (Vicon Motion System, Oxford Metrics, Oxford, UK) 6 kamerával dolgozó mozgáselemző rendszerével. Felületi EMG (FREEEMG; BTS Bioengineering) használatával a kajakozás során legmeghatározóbb izmok aktivitását vizsgáltuk. Valamint Weba típusú sport kajak ergométer használata során rögzítettük a kifejtett erőt, a leadott teljesítményt, a húzás hosszát és az általunk kifejlesztett és talptámaszba beépített erőmérőn (MEANWELL GS18A12-P1J) keresztül a talpnyomást. (2.ábra)



2. ábra Kajak ergométer beépített talpnyomás mérővel.

A mérés során fényvisszaverő markereket rögzítettünk kétoldalú ragasztócsík segítségével, a Plug-in Gait rendszer által meghatározott protokollt felhasználva. A markerek rögzítése a kajak ergométerre, valamint a következő anatómiai pontokra történt: acromion, incisura jugularis, sternum distalis vége, humerus felső lateralis harmada, humerus lateralis epicondylusa, alkar felső lateralis harmada, processus styloideus radii, processus styloideus ulnae, 3. metacarpus, spina iliaca anterior superior, spina iliaca posterior superior, comb felső lateralis harmada, femur laterális condylusa, tibia felső lateralis harmada, malleolus lateralis, áromdimenzióban ábrázolva így a sportolót. (3. ábra)



3. ábra Háromdimenziós felvétel kajakozás során.

Majd megfelelő előkészület után (szőrtelenítés, bőrfertőtlenítés) felhelyeztük a felületi EMG elektródákat, amikor a sportoló már a kajak ergométeren ült. Az elektródák a mozgás szempontjából legmeghatározóbb izmokra kerültek felhelyezésre jobb és bal oldalon: musculus latissimus dorsi, musculus deltoideus medialis, musculus pectoralis major, musculus biceps brachii, musculus rectus femoris, musculus biceps femoris, musculus obliquus externus abdominis.

A sportolókat megkértük (pulzusmérő óra kontroll mellett) az általuk megszokott bemelegítés végrehajtására, majd az egyénileg meghatározott pulzusszám elérésekor 200 méter táv levezetésére 80%-os szubmaximális intenzitással. A mérés után levezetésként addig evezett a sportoló, míg pulzusszáma el nem érte a meghatározott tartományt. A megfelelőnek ítélt pulzusszám tartomány minden sportoló esetén egyénileg, az őt ismerő szakedző által került megállapításra. A mérések során orvos jelenlétét is biztosítottuk. A levezetett 200 méter a hivatalos para - verseny táv alapján került meghatározásra, mely az épek esetében is hivatalos versenyszám. A mérési adatok a központi számítógépben szinkronizálva kerültek tárolásra.

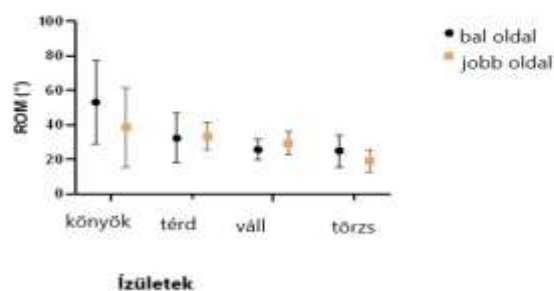
4.Eredmények

Az elvégzett méréseknek köszönhetően számszerűen és reprodukálható módon meg tudtuk határozni az ép és mozgáskorlátozott sportolók, mozgás szempontjából meghatározó ízületeinek mozgásának (flexio-extensio), izomműködésének, valamint a talptámaszra ható erő mértékének maximális és minimális határértékeit.(1. Táblázat)

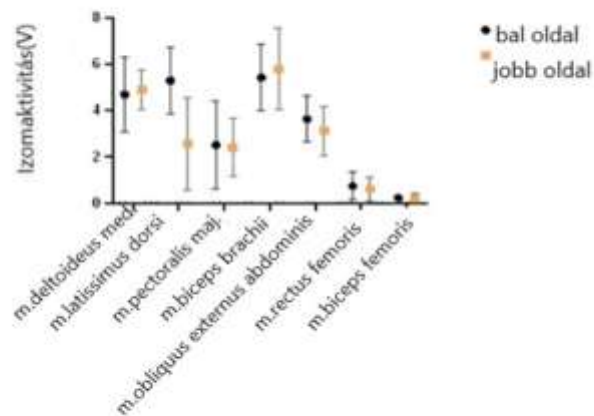
Összefoglaló táblázat izmok működése (V)	mozgássérült sportolók(SD=3,95)		ép sportolók(SD=0,15)	
	minimum	maximum	maximum	minimum
jobb musculus deltoideus	4,66	4,21	5,08	4,70
jobb musculus latissimus dorsi	1,76	3,015	3,60	2,17
jobb musculus pectoralis major	0,22	3,20	3,81	2,21
jobb musculus biceps brachii	4,94	4,039	6,11	5,39
jobb musculus obliquus externus abdominis	0,03	1,33	3,34	2,88
jobb musculus rectus femoris	0,03	0,07	0,72	0,50
jobb musculus biceps femoris	0,006	0,08	1,25	0,25
bal musculus deltoideus	3,21	4,59	5,04	4,33
bal musculus latissimus	2,06	3,03	3,00	2,12
bal musculus pectoralis major	1,49	3,16	3,69	2,16
bal musculus biceps brachii	4,451	5,52	6,03	5,73
bal musculus obliquus externus adbominis	0,01	0,76	3,84	3,40
bal musculus rectus femoris	0,03	0,05	0,86	0,59
bal musculus biceps femoris	0,01	0,15	0,25	0,21
	mozgássérült sportolók(SD=29,05)		ép sportolók(SD=14,38)	
ízületi mozgás (fok)	minimum	maximum	maximum	minimum
jobb könyök ízület flexio-extensio	21,14	54,60	55,10	22,49
bal könyök ízület flexio-extensio	70,78	32,36	70,18	36,27
jobb váll ízület flexio-extensio	23,28	52,25	54,52	24,65
bal váll ízület flexio-extensio	21,41	54,92	53,94	21,58
törzs rotatio jobb oldal	11,11	20,34	23,70	14,64
törzs rotatio bal oldal	12,56	19,16	31,61	18,46
jobb térd ízület flexio-extensio	10,00	14,21	38,80	27,90
bal térd ízület flexio-extensio	10,00	15,20	42,58	22,41
	mozgássérült sportolók(SD=89,30)		ép sportolók(SD=58,17)	
	minimum	maximum	maximum	minimum
bal talptámasz értéke (Newton)	17,148	176,798	378,996	37,239
jobb talptámasz értéke (Newton)	15,162	143,252	338,086	49,679

1. táblázat Ép és mozgásukban korlátozott élsportolók 200 méter kajakozás során mért (medián) határértékeinek összefoglalása.

A Matlab egy hatékony interpreter, amelyben előre megírt függvények és eszköztárak segítik a felhasználót a gyors algoritmusfejlesztésben és az adatok megjelenítésében. Ez a Vicon rendszer által is támogatott, sportmozgások alkalmazására javasolt eszköz. Az értelmezett értékeken, a GraphPad Prism9 statisztikai programban, Wilcoxon teszt és Pearson korreláció analízis használatával végeztük el az adatok statisztikai elemzését 95% konfidencia intervallummal. Ennek alapján számszerűsíthetővé és összehasonlíthatóvá váltak a mozgás értékei. Az ép sportolók eredményeinek összefüggéseit megvizsgálva jobb és bal oldal között elmondhatjuk, hogy az ízületi mozgástartomány értékei között szignifikáns különbség nem figyelhető meg: $p_{\text{könyök}} = 0.2061$; $p_{\text{térd}} = 0.6377$; $p_{\text{váll}} = 0.4131$; $p_{\text{törzs}} = 0.1016$ esetében. (4. ábra) Az általunk vizsgált izmok aktivitási értékei között a jobb -és bal oldal működésében szignifikáns eltérést tapasztaltunk a következő képpen, kivétel a m.deltoideus és a m. pectoralis major esetében: $p_{\text{latissimus}} < 0.0001$; $p_{\text{bic.brach.}} = 0.0138$; $p_{\text{obl.ext}} < 0.0001$; $p_{\text{rect.fem.}} = 0.0369$; $p_{\text{bic.fem.}} = 0.0449$. (5. ábra)

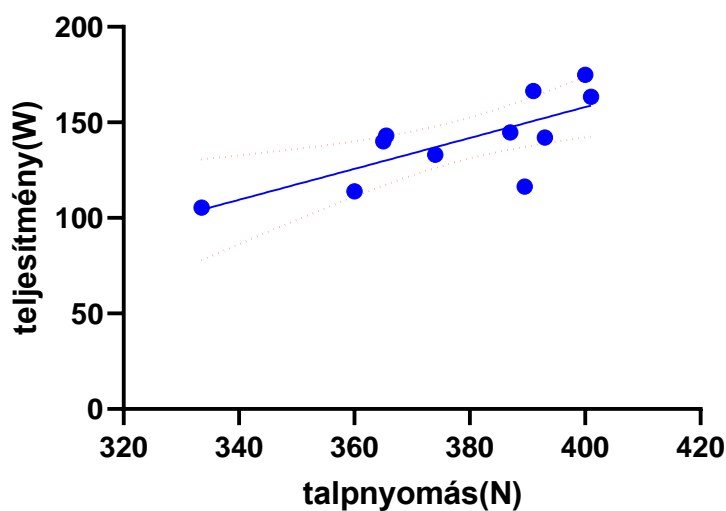


4. ábra Jobb és bal oldali ízületi mozgás összehasonlítása ép férfi élsportolók esetében 200 méter kajakozás során. Az ép sportolók eredményeinek összefüggéseit megvizsgálva elmondhatjuk, hogy az ízületi mozgástartomány értékei között szignifikáns különbség nem figyelhető meg: $p_{\text{könyök}} = 0.2061$; $p_{\text{térd}} = 0.6377$; $p_{\text{váll}} = 0.4131$; $p_{\text{törzs}} = 0.1016$.



5. ábra Jobb és bal oldali izmok működésének összehasonlítása ép férfi élsportolók esetében 200 méter kajakozás során. A jobb -és bal oldali izmok működésében egyes esetekben szignifikáns eltérést tapasztaltunk, kivétel a m. deltoideus és m. pectoralis major esetében: $p_{\text{latissimus}} < 0.0001$; $p_{\text{bic.brach.}} = 0.0138$; $p_{\text{obl.ext}} < 0.0001$; $p_{\text{rect.fem.}} = 0.0369$; $p_{\text{bic.fem.}} = 0.0449$.

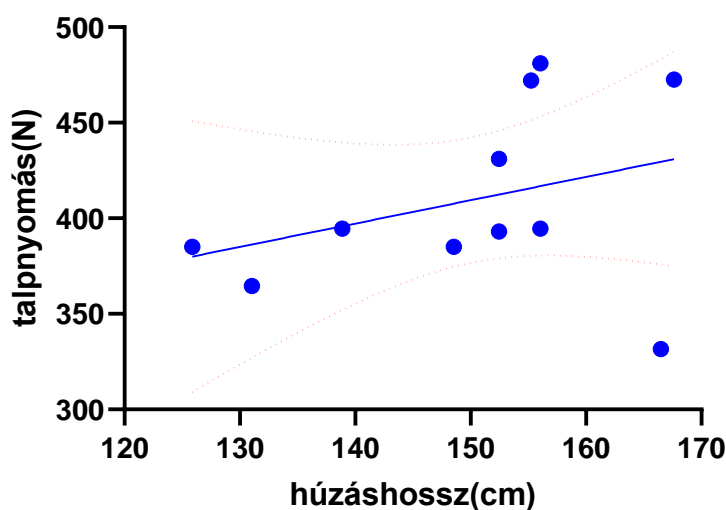
További elemzéseink azt mutatják, hogy a talptámasz és teljesítmény között ép sportolók esetében pozitív korreláció figyelhető meg mely esetében a korrelációs együttható 0.76 (0,30 és 0,93 határértékek mellett). (6. ábra) Minél erőteljesebben használja a sportoló a talptámaszt, annál nagyobb teljesítmény leadására lesz képes.



6. ábra Pozitív korreláció a talptámaszra kifejtett erő és a leadott teljesítmény között 200 méter kajakozás során, férfi élsportolók esetében; a korrelációs együttható= 0,76.

(0,30 és 0,93 határértékek mellett)

Ugyanígy a talpnyomás és húzáshossz viszonyát megvizsgálva a talpnyomás mértéke a húzás hosszára szintén befolyással van, azzal korrelációt mutat ép sportolók esetében, mely esetben a korrelációs együttható =0,33 (-0,33 és 0,77 határértékek mellett). (7. ábra)

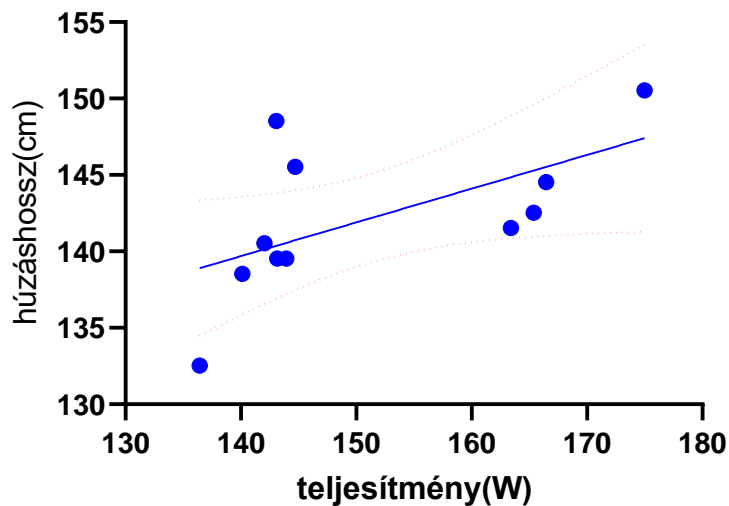


7. ábra Korreláció a húzás hossza és a talptámaszra kifejtett erő között 200 méter kajakozás során, férfi élsportolók esetében; a korrelációs együttható= 0,33.

(-0,33 és 0,77 határértékek mellett)

A húzáshossz és teljesítmény viszonyát szintén megvizsgáltuk, és elmondhatjuk, hogy a húzáshossz a teljesítmény mértékével szintén korrelációt mutat, melynek korrelációs együtthatója 0.59 (-0,01 és 0,87 határértékek mellett) (8. ábra), vagyis vizsgálatunk során az a sportoló, akinek nagyobb volt a teljesítménye, az nagyobb húzáshosszal rendelkezett.

A húzás hosszát tovább vizsgálva, megfigyelhető volt a vizsgált sportolók esetében az egyénekenként mért jobb és bal oldal közötti szignifikáns különbség $p_1=0.0009$; $p_3=0.0224$; $p_4<0.0001$; $p_6=0.0016$; $p_7<0.0001$; $p_8<0.0001$; $p_9=0.0009$; $p_{10}<0.0001$; $p_{11}=0.0037$, kivétel a 2 és az 5 esetben. Ezen szignifikáns aszimmetriák meghatározó tényezők a preventív edzés kivitelezése céljából.



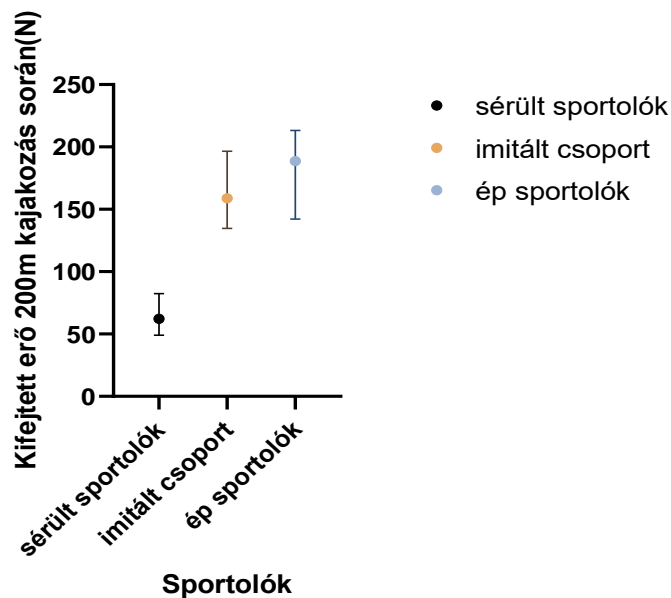
8. ábra. A húzáshossz és a teljesítmény viszonya 200 méter kajakozás során férfi élsportolók esetében; a korrelációs együttható= 0.591 (-0,01 és 0,87 határértékek mellett)

A talptámasz használatának számszerűsítését, az általunk kifejlesztett és talptámaszba beépített erőmérő tette lehetővé. A talpnyomás mértékét vizsgálva 200 m kajakozás során, jobb és bal oldal között a statisztikai próba szignifikáns eltérést mutatott az ép sportolók között minden esetben $p_{2;3;6;7;9;10}<0.0001$; $p_1=0.0063$; $p_8=0.0156$; $p_{11}=0.0225$, kivétel a 4 és 5 esetben, amely eltérés nem mutatott szignifikanciát.

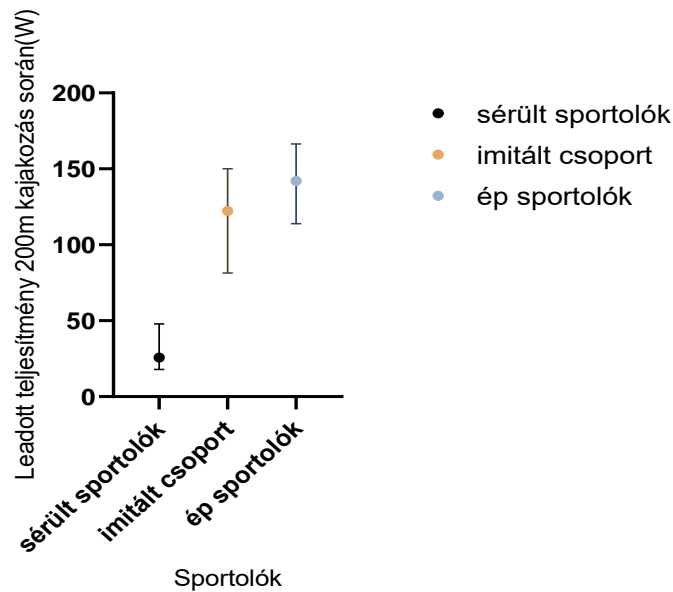
Miután a talpnyomás a teljesítménnyel korrelációt mutatott, így fontos az előbbieken említett szignifikáns talpnyomás különbség megfigyelése és korrigálása. Ebben segítségül szolgálhat az általunk kialakított nyomon követéses rendszer használata.

Minél jobban és precízebben használja a sportoló a talptámaszt, annál hatékonyabb törzsmunkára képes, ami tovább segíti a mozgás dinamikáját és segíti a sportolót a szükséges teljesítmény leadásában a helyes technika kivitelezése mellett.

A mozgásukban sérült sportolók és az imitált állapotú sportolók esetében is az egész mozgásmechanizmus jelentősen megváltozik és a talptámasz használata nagy mértékben korlátozódik, aminek eredményeképpen a mozgás során kifejtett erő $p_{\text{épek vs. sérültek erő}} \leq 0.0001$; $p_{\text{épek vs. imitáltak erő}} = 0.027$ és leadott teljesítmény $p_{\text{épek vs. sérültek teljesítmény}} \leq 0.0002$; $p_{\text{épek vs. imitáltak teljesítmény}} = 0.0313$ szignifikáns eltérést mutatnak az ép sportolók eredményeihez képest, ahogy azt feltételeztük. (9-10.ábra) Eredményeink alapján, feltételezésünk, hogy az ép sportolók és a mozgásukban sérült sportolók kajakozó mozgása szignifikánsan eltérő, igaznak bizonyult. Az imitált csoport mérési eredményei mind ezt megerősítik.



6. ábra Férfi élsportolók által átlagosan kifejtett erő összehasonlítása 200 méter kajakozás során: $p_{\text{épek vs. sérültek erő}} \leq 0.0001$; $p_{\text{épek vs. imitáltak erő}} = 0.027$.



7. ábra Férfi élsportolók leadott teljesítményének összehasonlítása 200 méter kajakozás során: $p_{\text{épek vs. sérültek teljesítmény}} \leq 0.0002$; $p_{\text{épek vs. imitáltak teljesítmény}} = 0.0313$.

5. Következtetések

A profi sportban igen fontos, szinte elsődleges szempontként szerepel a teljesítmény, hiszen ez alapján éri el egy sportoló eredményeit. Munkánk során mi is jelentős hangsúlyt fektettünk erre, mint a szakirodalomban olvasható vizsgálatok, legtöbb esetben. Kutatásunkban a mért biomechanikai adatokat felhasználva elemeztük ki profi férfi kajakosok mozgását, mely során kerestük az összefüggéseket és eltéréseket, melyek meghatározóak a mozgás szempontjából, valamint a sportolók és edzők által jól használható edzéstervezésben, versenyre való felkészülésben. A szakirodalomban olvasható, hasonló jellegű kutatások is felhívják a figyelmet a mozgás során jelentkező aszimmetriára, mely gyakrabban jelentkezik kajakozás során, mint hasonló szimmetrikus és ciklikus mozgások esetében, mint például futás, biciklizés.

Kutatásunk speciális részét képezte az általunk kifejlesztett és alkalmazott talptámaszba épített talpnyomás mérő, mely segítségével a talptámasz használatának számszerű meghatározására kerülhetett sor egyedi formában. Ép sportolók esetében megfigyelhető volt, hogy a kajakozás során a láb teljes mértékben illeszkedik a talptámaszhoz, biztosítva ezzel a helyes technika kivitelezését valamint a szükséges teljesítmény elérését, hosszabb húzáshossz kivitelezése mellett. Sérülés esetén, legyen az szimmetrikus vagy aszimmetrikus, a talptámaszt a sportoló nem képes megfelelően használni. A törzs mozgása megváltozik, amit az ép felső végtag munkája sem tud kompenzálni. Vizsgálatunk alapján megállapítható, hogy az ép élsportolóktól szignifikánsan eltérő ízületi-, több esetben izomfunkció, valamint erő kifejtés és teljesítmény jellemzi a mozgásukban korlátozott élsportolókat kajakozás során. A megfelelő edzés és kompenzációs mozgások helyes kidolgozása, segít a sportolónak a túlterhelés és sérülés elkerülésében, egyben lehetőséget ad a mozgássérültek számára is a versenyszintű teljesítésben.

Az általunk kialakított mérési rendszer a beépített talpnyomás mérővel és a mérési protokollal további kutatások és szakszerű egyénre szabott edzéstervezés megfelelő eszköze lehet. A sport és a parasport rohamos, világszerte történő fejlődése és a technikai háttér erősödése, fontossá teszi, hogy a szakirodalomban is komolyabb teret kapjon a téma feldolgozása.

6.Saját publikációk jegyzéke

Az értekezés témájában készült publikációk:

B.N. Kertészné T.Terebessy Z. Bejek Ép és mozgásukban korlátozott kajakos sportolók biomechanikai mozgáselemzése és összehasonlító vizsgálata (Biomechanical and functional comparison of kayaking by abled – disabled athletes.) Orvosi Hetilap 2019; 52: 2061-66 [https://: 10.1556/650.2019.31444](https://doi.org/10.1556/650.2019.31444)

B.N. Kertészné T.Terebessy Gy. Szoke Z. Bejek Mozgásukban korlátozott kajakos élsportolók mozgáselemzése háromdimenziós kamerarendszer segítségével (Motion analysis of physically disabled professional kayakers with three - dimensional method.) Fizioterápia 2019; 4: 19-23

B.N. Kerteszené T.Terebessy Gy. Szoke Z. Bejek Kinesiology of kayaking in case of physical disability with a special focus on footrest. Int.J.Phys.Education Spots and Health 2020; 7: 162-166; [https://: 10.22271/kheljournal.2020.v7.i1c.1634](https://doi.org/10.22271/kheljournal.2020.v7.i1c.1634)

B. N. Kertészné Német T. Terebessy Gy.Szőke Z Bejek. “Biomechanical Motion Analysis of Elite Flat Water Kayakers with Special Focus on Footrest”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2021. <https://doi.org/10.3311/PPci.1797>