

Rotációs energia az ökölvívásban

Bevezetés

Minden edző másként tanítja az ökölvívás alaptechnikákat, mindenki mást gondol tökéletes ütésnek. Ráadásul mindenki mást gondol arról, hogy min múlik a jó ütés. Azonban egy dologban mindenki egyetért, hogy a jó ütés az, amelyik erős és talál. A kérdés így az, hogy mitől lesz egy ütés erős? Van olyan edző, aki a lábmunkára teszi a hangsúlyt, van, aki az alapállásra (a talp helyzete, állás szélessége és hossza), van, aki a robbanékonyságra, van, aki forgásra ami igazából a súlypont áthelyezése, amit az edzők mindennapi használatban rotációnak hívnak. Arra keressük a választ, hogy mitől lesz egy ütés erős, mik azok a tényezők, amelyeken a legjobban múlik az ütés hatékonysága. Kutatásunk segítségével a hátsókezes egyenes által kívánjuk megválaszolni a fenti kérdéseket. Azért a hátsó kezes egyenest mértük, mert ez az a fajta egyenes ütés, ahol már benne van a forgás és a tolás is, valamint a súlypontáthelyezés vagy rotáció.

Az ütés hatékonyságát több tényező is befolyásolja, ráadásul többféle ütés létezik. Mi arra gondoltunk, hogy olyan üteget mérünk, ami leginkább tartalmazza azokat a mozdulatokat, amelyek számunkra fontosak. Mi a hátsókezes egyenes üteget választottuk, mert ebben az ütésben van súlypontáthelyezés, forgó- és előre ható mozgás, ráadásul az alapállásról is ad információt. Az egyenesüteget, melyet első- és hátsó kezes ütésnek is neveznek, (a kéz pozíciója alapján határozzák meg) a küzdősportok elengedhetetlen részének tekintjük. Ezek az erőteljes ütések stratégiai előnyt biztosítanak az ökölvívóknak, amelyekkel pontokat szerezhettek, sérüléseket okozhatnak, vagy az ellenfelüket kiüthetik (Smith, 2006). Az egyenes ütés az egyik legfontosabb ütés, hiszen Ashker (2011) kutatása azt mutatta, hogy az 1. és 3. menetben a győztes bokszolók több egyenes üteget alkalmaztak, mint a vesztesek. Azt gondoltuk, hogy érdemes olyan üteget mélyrehatóan tanulmányozni, ami hatással van az eredményre, és amiből a legtöbbet ütik a versenyzők.

Turner és munkatársai 2011-es kutatásukban leszögezték, hogy szerintük a küzdősportok egyik legfontosabb ütese a hátsó kézzel történő ütés. Szerintük az ütés ereje 5 olyan tényezőn múlik, ami a megfelelő edzéssel fejleszthető: a hátul lévő láb meghajtásának növelése, az előre lépést követően merev lábbal érkezés, az erőátvitel növelésének érdekében, a törzsizomzat nyújtásos-rövidülési ciklus hatásának növelése, az ütés sebességének, és az effektív tömeg növelése. A várakozásoknak megfelelően a maximális ütegerő szignifikánsan nagyobb volt az elit csoportban, mint a középhaladó csoportban, és nagyobb a középhaladó csoportban, mint a

kezdő csoportban ($p < 0,05$). Az elit, a középhaladó és a kezdő csoportban az RHP (Rear Hand Punch/Hátsó Kezes Ütés) maximális ütőereje nagyobb volt (mindegyik $p < 0,001$) (Turner és mtsai., 2011). Ebből a kutatásból azt a következtetést lehet levonni, hogy az ökölvívó edzéssel eltöltött idő befolyásolja a képzettséget, technikát, így ebből kifolyólag az ütés sebességét és erejét, ami a mi eredményeinkből is kiderült. Így a jövőben a pontosabb eredmények érdekében csak versenyzőket érdemes mérni. Megfelelő erő- és kondicionáló programozással mindegyik fejlesztését célzottan lehet elérni.

Több kutatásban is elemezték az ökölvívók ütőerejét képzettségtől függően. Smith és munkatársai elemezték ezt az ütest a férfi ökölvívók különböző képességei alapján, és összehasonlították a gyakrabban használt és gyorsabb, elől lévő kézzel végrehajtott ütésekkel (Smith és mtsai., 2000).

Filimonov és munkatársai bemutatták a technika fejlődését az ökölvívók 3 szintjén, és azt sugallták, hogy minél tapasztaltabb az ökölvívó, annál nagyobb a lábak hozzájárulása az erő kifejtéshez. Bár az említett cikk nem tartalmazott módszertant, ez a gondolatmenet (azaz, hogy az elit ütők egy distalis-proximális mozgássorozatot használnak a legerősebb ütés előállításához) megegyezik a hasonló sportágak kinematikai profiljával (Filimonov és mtsai., 1985). Az olyan sportágakban tehát, amelyekben kézzel fejtenek ki erőt egy tárgyra, mint például a **baseballdobás** esetében. Eredményeik azt mutatták, hogy a vállnál lévő, és a váll körül végzett mozgások erősen kapcsolódnak a medence és a törzs mozgásaihoz a dobómozgás során, ami az ökölvívásban szintén jelen van. A kutatásban megállapították, hogy a törzs axiális forgásának mértéke függött össze szignifikánsan ezekkel a vállparaméterekkel. Sérülések elkerülése végett az erőnléti edzésnek az erős, stabil törzs fejlesztésére kell összpontosítania, beleértve a farizomzatot is, annak érdekében, hogy a dobás közbeni törzsforgás mértékét kontrollálni lehessen (Oliver & Keeley, 2010). Ez nagyon fontos az ökölvívásban is a sérülések elkerülése érdekében.

A **gerelyhajításnál** (Whiting és mtsai., 1991) az adatok azt sugallják, hogy a sikeres dobásokat – a dobott távolság alapján – nagyobb kioldási sebesség, hosszabb utolsó lépéshossz, az első láb térdének kisebb hajlítása a kitámasztás végső fázisában, valamint a csúcsebességek rendezett progressziója jellemzi a csípőnél, a vállnál és a könyöknél a kettős lábtámasz kezdetétől a kidobásig. Ez a kutatás annyiból releváns az ökölvívás tekintetében, hogy az első láb helyzete és a térd hajlásszöge befolyásolja az ütest. Amit Turner és munkatársai (2011) az alábbiak szerint ír le: a fentiekben meghatározott sportágakhoz hasonlóan az ökölvívásban azt

lehet állítani, hogy a maximális erőfeszítésű RHP-t az elülső láb felemelésével és az azt követő előre lépéssel indítjuk. Az elülső láb felemelésével a sportolók a tömegközéppontjukat (CM - Center of mass) a támaszpont (hátsó láb) elé helyezik, ami a CM-et lefelé gyorsító gravitáció miatt előre irányuló forgást eredményez. Leszálláskor az elülső láb a CM elé kerül, hogy a baseballdobókhoz hasonlóan törőerőt fejtsen ki. A vizsgálat igazolja azt a klinikai benyomást, hogy az alsó végtag fontos szerepet játszik a dobómozgásban. E vizsgálat alapján arra lehet következtetni, hogy az alsó végtagok erősítése fontos mind a teljesítmény fokozása, mind a sérülések elkerülése szempontjából (MacWilliams és mtsai., 1998).

Cheraghi és munkatársai a vizsgálatukban **golf**ozókat vizsgáltak, ahol a boka- és térdnyújtás a hátsó lábfejről az elülső lábfejre történő súlyáthelyezést eredményezi, amely megerősíti, hogy a láb forgatása hatással van a mozgás jellemzőire, továbbá a testtömeg előre irányuló mozgására a cél felé. Ez a hajlítás–nyújtás növelné az ütésmomentumot és a sebesség nagyságát.

Az általuk utolsóként vizsgált sportban, a **teniszben**, a térdhajlítás elősegíti a nagy teljesítményű játékosoknál, hogy a megütés előtti ütősebességhez hasonló eredményt produkáljanak, függetlenül az állástól. Térdhajlítás nélkül a játékosok alacsonyabb ütősebességet hoztak létre (Reid és mtsai., 2008). Különbséget jelent az ökölvíváshoz képest, hogy a tenisznél nem fontos a talajkapcsolat az ütésnél, míg az ökölvívásnál az, mivel nem csak az energia létrehozásakor ébred talajreakció, hanem a találat pillanatában is.

Az ökölvívás kutatásának fontos része leírni a mozdulatsor kinetikai és kinematikai sorrendjét (Cheraghi és mtsai., 2014). Számos elemzés vizsgálta az egyenes ütések kinematikáját és kinetikáját, de ezek eredményei nagyban függnek a vizsgálati módszertől, felszereléstől és a résztvevők jellemzőitől (Buško és mtsai., 2016; Chadli és mtsai., 2014). Az ökölvívást, az ütések különböző összetett mozdulatok jellemzik, amelyek igénylik a láb, a törzs és a karizmok összehangolt együttműködését (Turner és mtsai., 2011).

Sok kutatással bizonyították már, hogy az egyenes ütések kivitelezése esetében a mozgáslánc az alsó végtagból indul, majd a felső végtag felé vezeti az ütest (Dyson és mtsai., 2007; Filimonov és mtsai., 1985; Lenetsky és mtsai., 2016; Turner és mtsai., 2011). Filimonov és munkatársai (1985) szerint az alsó végtag nagyobb szerepet játszik az ütőerő kialakításában, mint a felső végtag, igaz ennek ellentmondó kutatás is van amatőr ökölvívóknál (Mack és mtsai., 2010). Hickey (1980) arra jutott, hogy az ütések ereje elsősorban a hátsó láb által generált lendületből ered. A talajreakció erőssége és a tömegközéppont elhelyezkedése befolyásolja az ütest, különösen az alsótest fontosságát emelve ki. Smith és munkatársai (2000)

szerint mindkét láb erő kifejtésének elemzése alapvető jelentőségű, különösen a kéz sebességének növeléséhez szükséges edzések tükrében. Elit bokszolók esetében magasabb ütéshatásokat mértek, jellemzően nagyobb átlagos és maximális erővel (F_{mean} , F_{max}) a kezdőkhöz képest. A győztes bokszolók által kifejtett átlagos erő magasabb volt, mint a veszteseké (Pierce és mtsai., 2006).

Más sportban is mérték a lábból eredő erők fontosságát, lövészet (Terzis és mtsai., 2003), ami alátámasztja Filimonov kutatását. A különböző mérési módszerek és résztvevő-csoportok miatt még mindig nem tisztázott, hogyan generálják az ökölvívók az ütőerőt. Lenetsky és munkatársai (2013) szerint a törzs forgása kulcsszerepet játszik az erős egyenes ütések létrehozásában. Kevés, a törzsrotáció szerepével foglalkozó kutatás áll rendelkezésre, ami űrt hagy az elméleti és gyakorlati ismeretek között.

Az ízületi- és ütési sebességek a közelebbi-távolabbi szegmensek helyzetétől függenek, amely az alsó végtagoktól indul, és a medencén, illetve a törzsön keresztül halad a karon át, mielőtt az ökölben tetőzik, ami az ököl gyorsulását okozza a célpont felé (Cheraghi és mtsai., 2014). A proximális–disztális láncolatból, a teherkar nagyságából és a forgási sebességből megfigyelték különböző ütés és rúgás technikáknál is a küzdősportokban, hogy az, hogy a mért pontok közel vagy távol esnek a forgás tengelyéhez meghatározza a tengely körül létrejövő szögsebességet (Estevan és mtsai., 2015; Sorensen és mtsai., 1996; Vences Brito és mtsai., 2011)

Az ökölsebességet is érdemes lenne az ütés típusától függően elemezni hiszen a gyorsulási útvonal a célpont távolságától függ. A horogütéseknél nagyobb értékeket mutatnak, mint az egyenes ütések esetében a hosszabb gyorsulási útvonal miatt, amely elősegíti a nagyobb ütés előtti ökölsebesség kialakulását (Piorkowski és mtsai., 2011; Walilko és mtsai., 2005; Whiting és mtsai., 1988). Azonban az ízületi szögsebességet és az ökölsebességeket a tudományos kutatásokban nem hasonlították össze az ütések típusától függően (egyenes, horog, csapott vagy kereszt ütés és felütés).

Az ökölvívásban az edzők mindig azt mondják, hogy az ütésekhez használjuk a rotációs energiát, ami a súlypont áthelyezése egyik lábról a másikra. A rotációs energia létező kifejezés az atomfizikában, ahol az atomok forgását hívják rotációs energiának. Amikor egy tárgy mozgásban van, akkor az energia, különösen a mozgási energia fogalmával hozhatjuk összefüggésbe. Ami a forgási energiát illeti, létezik az egyenes vonalú mozgáshoz tartozó mozgási energia forgómozgáshoz tartozó megfelelője. Ez a térben forogni képes kiterjedt testekre vonatkozik (Pesce és mtsai., 2023)

Mit is jelent valójában a rotációs energia a sportban?

A sportban azt a tengely körül létrejövő mozgási energiát nevezzük rotációs energiának, amely súlypontáthelyezéssel együtt történő forgó-toló mozgás következményeként jön létre. Jellemzően az ökölvívásban a hátul lévő kézből létrejövő ütéseknel van jelen. Ilyenkor a sarok belefördítésével indul az ütés mozgásának folyamata, akár ütéskombinációban gondolkodva (kombinációknál mindig súlypontáthelyezésből hozza létre a sportoló az ütéshez szükséges energiát).

Célkitűzés

A kutatásunk célja annak feltárása, hogy hogyan hat a sarok forgása a tömegközéppont helyére, az ütés hosszára és sebességére, valamint milyen hatást gyakorol a medence és vállöv szöge és szöggyorsulása az ütés sebességére.

Miért fontos ez?

Ha választ kapunk arra, hogy a sarok mozgása mennyiben befolyásolja a mozgást és a létrehozott energiát, az hatással lesz az ökölvívás oktatására. Fontos, hogy már az alapok oktatásánál nagyobb hangsúlyt kapjon a láb és sarok helyzete, mozgása. Ha mozgás a lábból indul, és a láb meghatározza az ütés erejét, akkor sok technikai hibára tudunk hatással lenni a láb megfelelő mozgásának tanításával. A nem megfelelő alapállás és lábmozgás korlátot is ad a mozgásnak, így az ütés erejének.

Hipotézisek:

H1: *Feltételezzük, hogy a sarok forgató-toló mozgásával végrehajtott ütések gyorsabbak és hosszabbak, mint a forgató-toló mozgás nélküliek.*

H2: *Feltételezzünk, hogy a sarok forgató-toló mozgása meghatározza, hogy mekkora tömeg kerül az elől lévő lábra, ez pedig összefüggésben van a felsőtest előre dőlésével.*

H3: *Feltételezzük, hogy az aktív rotációval végrehajtott ütések során a hátul lévő sarok forgató-toló mozgása hatására nagyobb reakcióerőt találunk, mint az aktív rotáció nélkül végrehajtott ütéseknel, emellett ez pozitívan befolyásolja a váll és csípő szögelfordulását.*

H4: *Feltételezzük, hogy a sarok belefördüléssel végzett ütésnél a csípő elfordulásának szöge szignifikánsan nagyobb, mint a sarok belefördülés nélkül végzett ütéseknel.*

H5: *Feltételezzük, hogy a váll és a csípő elmozdulásának szöge pozitív kapcsolatban áll egymással.*

Anyagok és módszerek

Összesen 18, ökölvívói tapasztalattal rendelkező felnőtt vett részt a vizsgálatunkban, amelyet a BME Motion Capture (MoCap) Laboratóriumában végeztünk el, videóelemző és erőmérő platók segítségével.

A vizsgálat az alábbi 4 elemből állt:

1. Hátsókezes egyenes ütés sarokforgással célra és cél nélkül – kétszer végrehajtva
2. Hátsókezes egyenes ütés felsőtestből a sarok beleforgatása nélkül célra és cél nélkül – kétszer végrehajtva

Mindegyik ütéstípusból kettőt hajtottak végre és a feldolgozás során mindkettő figyelembe vettük.

A méréseken 18 felnőtt vett részt, amiből 6 főt adatfelvételi hiányosságok miatt kizártunk. A résztvevők 18-57 év közöttiek és jobb- és balkezesek voltak. Az átlagos magasságuk: $172 \pm 7,00$ cm, testtömegük pedig $75 \pm 3,93$ kg volt. Rendszeresen edzettek, sérülésmentesek voltak az előző 6 hónapban és a résztvevők között volt profi- és amatőr meccsekkel rendelkező, valamint olyan hobbi szinten edző is, aki rendszeresen kesztyűzik. A kutatást a Testnevelési Egyetem Etikai Bizottsága jóváhagyta (MTSE-OKE-KEB/01/2023), minden résztvevő beleegyezését adta.

Vizsgálati módszerek

A kinematikai adatok gyűjtéséhez tizennyolc nagysebességű kamerát (Optitrack Flex 13), míg a kinetikai adatokhoz két erőmérő platformot (Kistler 9286BA, Kistler Group, Svájc) használtunk. A kamerák 100 Hz-es felvételi sebességgel, míg az erőmérő platformok 1000 Hz-es mintavételi sebességgel dolgoztak. A kísérlet résztvevőit arra kértük, hogy egy alkalommal látogassanak el a laboratóriumba. A vizsgálat megkezdése előtt ismertettük velük a vizsgálati protokollt, melynek során részletes útmutatást kaptak, és arra ösztönöztük őket, hogy maximális erővel hajtsák végre a hátsókezes egyenes ütések. A résztvevők kiválasztották és kipróbálták a számukra megfelelő ütэшosszúságot. Kértük továbbá, hogy viseljenek testre simuló ruhát, amikre fel lehetett helyezni a markereket. A résztvevők testére összesen harminckilenc markert rögzítettünk a SkinMarker használatával. A vizsgálat megkezdése előtt a résztvevőknek 15 perc általános kardiovaszkuláris bemelegítést kellett végrehajtaniuk, ami magában foglalta a

kocogást, nyújtást és árnyékbokszot. Ezt követően a résztvevőknek két erőmérő platformra kellett állniuk, miközben egy ütőkesztyűt pozícionáltak az előírt távolságra. Ezután hátul lévő egyenes ütés kellett végrehajtaniuk kétszer 2 különböző technikával (sarok belefördüléssel, sarok belefördülés nélkül) célra, illetve cél nélkül. Az egyes ütések között szünet nem volt. A résztvevőket kértük, hogy a célpontot a lehető legnagyobb erővel találják el.

Kinematikai és kinetikai paraméterek

A vizsgálat során rögzített kinematikai paraméterek közé tartozott a boka, térd, csípő, váll, könyök és ököl elmozdulása, sebessége, gyorsulása. Ezeket a paramétereket a Motive nevű szoftverrel határoztuk meg. A kinetikai paraméterek között szerepeltek mindkét láb talajreakciós erői (GRF) és az ütőerő, melyet a kéz gyorsulásából következtetünk és Newton második törvénye alapján számítottunk ki. A tanulmány célja a törzs és sarok elfordulásának elemzése volt egyenes ütés végrehajtása során. A kutatás során a törzs forgási szögét vizsgáltuk, amelyet a vállak (bal és jobb acromion közti vonal) és a csípők (bal és jobb ASIS közti vonal) és a talp (Calcaneus és II. Metatarsus közötti vonal) által bezárt szög határoz meg, a keresztirányú síkba vetítve. Az így nyert adatok hozzájárultak ahhoz, hogy az elméleti megközelítést összhangba hozzuk a gyakorlati tapasztalatokkal a hatékonyabb egyenes ütések érdekében.

Adatok elemzése

A Motive szoftvert használtuk a résztvevők mozgásmintáinak létrehozásához is. Az erőplatformokkal rögzített vertikális talajreakció-erők (GRF) maximális értékeit testtömeg szerint normalizáltuk, és az így kapott relatív maximális vertikális erő értékeket vettük figyelembe. Emellett mind a kinematikai, mind a kinetikai adatokat időbeli skálázással normalizáltuk, hogy az ütések időtartamát százalékos formában lehessen megadni, ahol 0% jelölte a kiindulási pozíciót, és 100% az a pillanat volt, amikor az ököl elérte a célpontot. Az időbeli normalizálás lehetővé tette az ütési fázisok pontosabb megkülönböztetését, és hozzásegített bennünket az egyenes ütések mintázatának jobb megértéséhez a különböző résztvevők között.

A statisztikai elemzéseket a JASP 0.19.1.0 verziószámú elemzőprogrammal hajtottuk végre. A szignifikancia szintet $p < 0.05$ értéknél határoztuk meg. Az ütéstechnikák összehasonlításához (ütésssebesség és ütéshossz) páros T-próbát végeztünk. MANOVA eljárást végeztünk, hogy megtudjuk a sarok belefördülése szignifikánsan befolyásolja-e a reakcióerőt és a test különböző szögparamétereit. A reakcióerőt (N) a testtömeg (kg) alapján normalizáltuk, N/kg egységben

fejztük ki. A MANOVA egyes tényezőinek elemzésére ANOVA elemzést végeztünk. A csípő és a váll elfordulás szögei közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációval vizsgáltuk. A vizsgálatok előtt elvégeztük az elővizsgálatokat, aminek az eredmények megfelelték.

A továbbiakban az ütéstechnikai csoportokat az alábbiak szerint rövidítjük:

- S+C-: sarok befordulással cél nélkül
- S+C+: sarok befordulással célra
- S-C-: sarok befordulás és cél nélkül
- S-C+: sarok befordulás nélkül célra

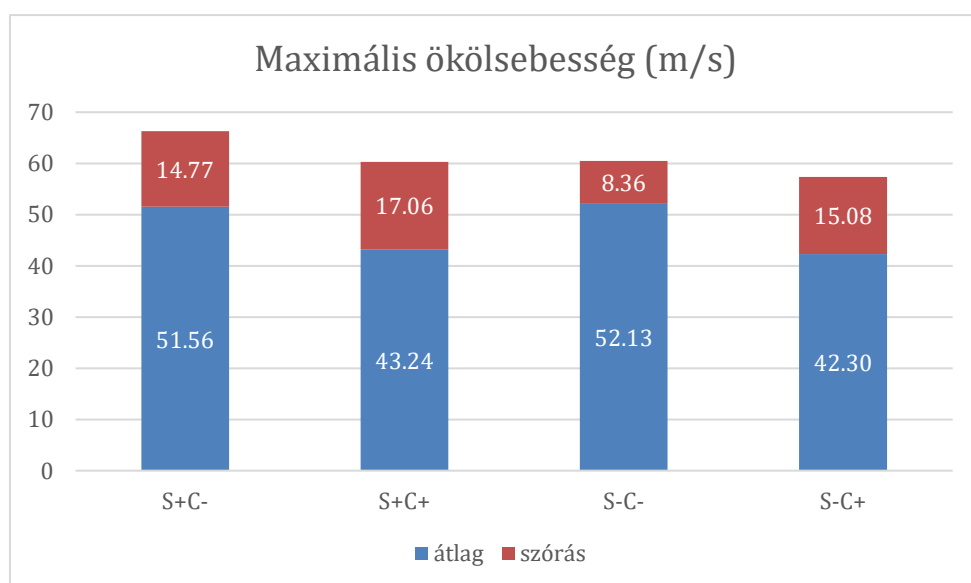
Eredmények

H1: *Feltételezzük, hogy a sarok forgató-toló mozgásával végrehajtott ütések gyorsabbak és hosszabbak, mint a forgó-toló mozgás nélküliek.*

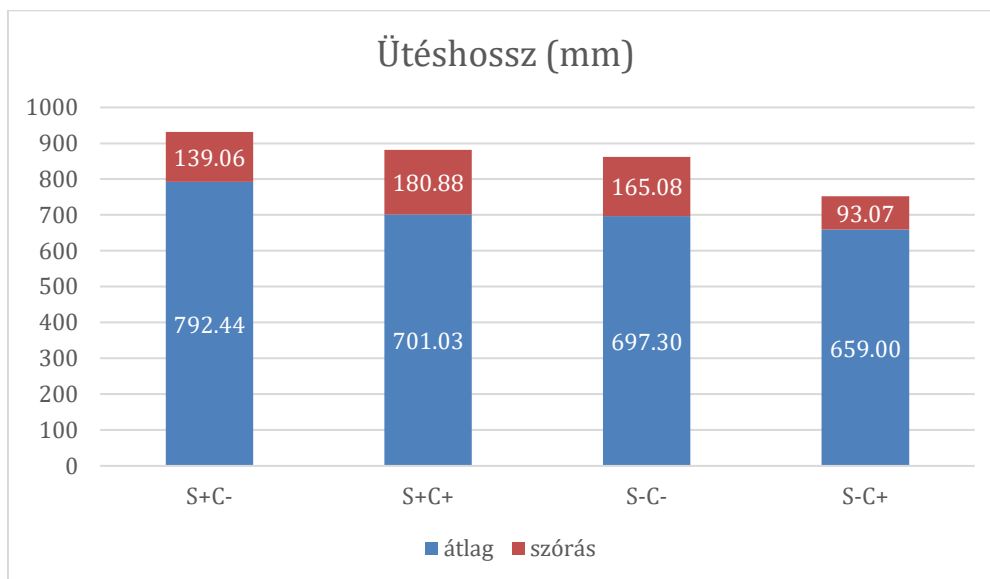
A páros T-próba nem mutatott szignifikáns eltérést ($p > 0.05$) az alábbi ütéstechnikák összehasonlításakor az ütésebesség vizsgálatakor:

- sarok befordulással és befordulás nélkül cél nélkül
- sarok befordulással és befordulás nélkül célra.

A páros T-próba nem mutatott szignifikáns eltérést ($p > 0.05$) az sarok befordulással és befordulás nélkül célra ütéshosszban, viszont szignifikáns különbséget találtunk ($p = 0.039$) a sarok befordulással és befordulás nélkül cél nélkül csoportok között.



1. ábra: maximális ökölsebesség (m/s) a különböző ütéstechnikára lebontva



2. ábra: Ütэшhossz (mm) a különböző ütэшtechnikákra lebontva

A hipotézis **részben igazolódott be**.

H2: Feltételezzünk, hogy a sarok forgató-toló mozgása meghatározza, hogy mekkora tömeg kerül az elöl lévő lábra, ez pedig összefüggésben van a felsőtest előre dőlésével.

A MANOVA elemzés kimutatta, hogy a sarok forgató-toló munkája szignifikánsan hat a változókra ($p < 0.05$). Az ANOVA tábla (1. táblázat) megmutatta, hogy a sarok befordulása szignifikánsan növeli az elöl lévő láb reakcióerejét ($p < 0.05$).

ANOVA: elülső láb reakcióereje					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
(Intercept)	4446.46	1	4446.46	485.39	< .001
aktív	88.38	1	88.38	9.65	0.003
Residuals	567.96	62	9.16		

1. táblázat: ANOVA elemzés elülső láb reakcióereje

Viszont ez nincs összefüggéssel az előre dőlés szögére ($p > 0.05$) (2. táblázat).

ANOVA: felsőtest dőlési szöge					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
(Intercept)	27681.88	1	27681.88	87.57	< .001
aktív	126.01	1	126.01	0.40	0.53
Residuals	19599.76	62	316.13		

2. táblázat: ANOVA elemzés felsőtest dőlési szöge

A fentiek alapján a hipotézis csak **részben igazolódott be**.

H3: Feltételezzük, hogy az aktív rotációval végrehajtott ütések során a hátul lévő sarok forgató-toló mozgása hatására nagyobb reakcióerőt találunk, mint az aktív rotáció nélkül végrehajtott ütésekénél, emellett ez pozitívan befolyásolja a váll és csípő szögelfordulását.

A MANOVA elemzés kimutatta, hogy a sarok forgató-toló munkája szignifikánsan hat a változókra ($p < 0.05$). Az ANOVA tábla (3. táblázat) megmutatta, hogy a sarok belefordulása szignifikánsan növeli az hátul lévő láb reakcióerejét ($p < 0.05$).

ANOVA: hátulsó láb reakcióereje					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
(Intercept)	7338.00	1	7338.00	735.24	< .001
aktív	45.04	1	45.04	4.51	0.038
Residuals	618.79	62	9.98		

3. táblázat: ANOVA elemzés hátulsó láb reakcióereje

Az ANOVA tábla (4. táblázat) kimutatta, hogy ez szignifikánsan hat a csípő elfordulás szögére ($p < 0.05$):

ANOVA: csípő elfordulás szöge					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
(Intercept)	283117.46	1	283117.46	370.53	< .001
aktív	17847.24	1	17847.24	23.36	< .001
Residuals	47373.42	62	764.09		

4. táblázat: ANOVA elemzés csípő elfordulásának szöge

De nincs hatással szignifikánsan a váll elfordulásának szögére ($p > 0.05$) (5. táblázat).

ANOVA: váll elfordulásának szöge					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
(Intercept)	$1.976 \times 10^{+6}$	1	$1.976 \times 10^{+6}$	6170.516	< .001
aktív	308.074	1	308.074	0.962	0.331
Residuals	19856.64	62	320.268		

5. táblázat: ANOVA elemzés váll elfordulásának szöge

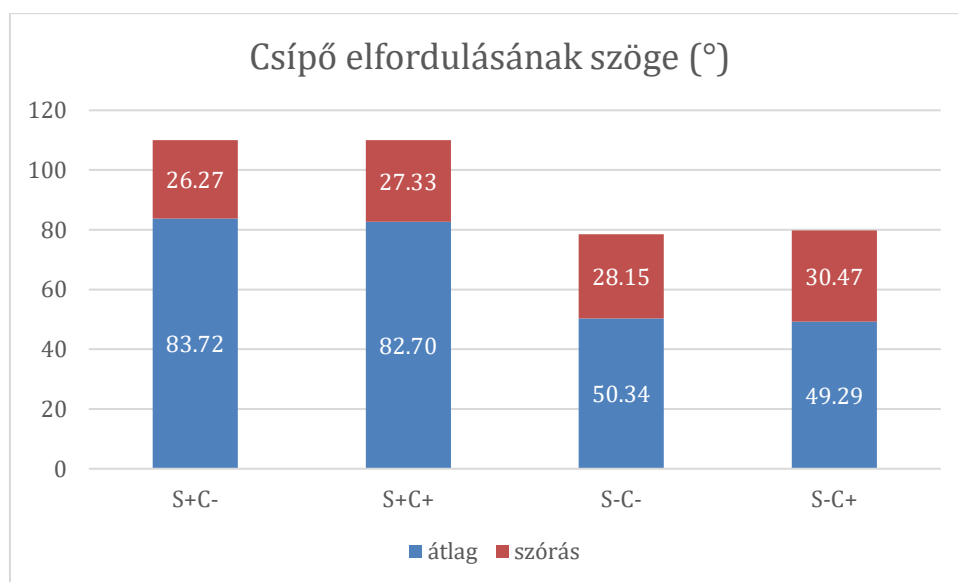
Az eredmények alapján a hipotézis csak **részben igazolódott be**.

H4: Feltételezzük, hogy a sarok belefordulással végzett ütésnél a csípő elfordulásának szöge szignifikánsan nagyobb, mint a sarok belefordulás nélkül végzett ütésekénél.

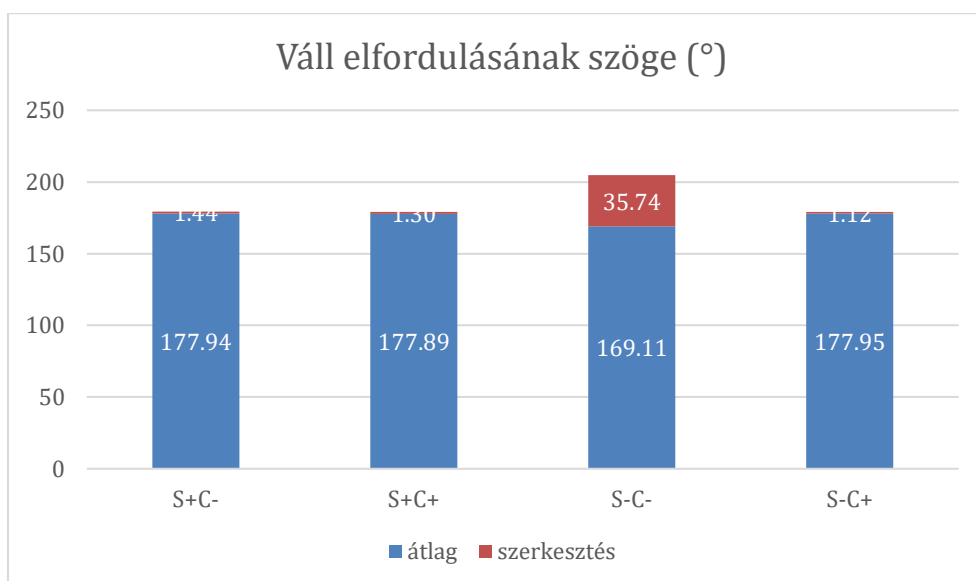
A páros T-próba szignifikáns eltérést ($p < 0.05$) mutatott a csípő elfordulás szögében a sarok belefordulással történő ütések és a belefordulás nélkül történő ütések között a cél meglététől függetlenül. Ezek alapján a **hipotézis beigazolódott**.

H5: Feltételezzük, hogy a váll és a csípő elmozdulásának szöge pozitív kapcsolatban áll egymással.

A csípő és váll elfordulás kapcsolatának igazolására Pearson-féle korrelációs vizsgálatot hajtottunk végre mind a négy ütésfajtára külön-külön. Egyik sem mutatott szignifikáns kapcsolatot, ezért a **hipotézist elvetjük**.



3. ábra: Csípő elfordulásának szöge (°) a különböző ütéstechnikákra lebontva



4. ábra: Váll elfordulásának szöge (°) a különböző ütéstechnikákra lebontva

Megbeszélés

A kapott eredményekből az alábbi következtetéseket tudtuk levonni:

Az első hipotézis csak részlegesen igazolódott be. Az ütés sebességben nem találtunk különbséget a különböző technikák között, viszont ez azzal magyarázható, hogy a versenysportolók eredményei kiestek, mert olyan gyorsan ütöttek, hogy a kamerarendszer nem volt képes felvenni. A hipotézis igazolásához meg kell ismételni a mérést olyan kamerával, ami képes a gyorsabb ütések is pontosan mérni.

A hipotézis második része beigazolódott, mert szignifikáns különbséget találtunk ($p=0.039$) a sarok belefördulással és belefördulás nélkül cél nélkül csoportok között. Ha egy sportoló cél nélkül üt, akkor hosszút üt, amilyenre képes sérülés veszélye nélkül. Míg, ha célra üt, akkor csak a célig üt (fizikailag képtelen mögé ütni), ezért is nem találtunk itt szignifikáns különbséget.

A második hipotézisből megállapíthatjuk, hogy a sarok forgató-toló mozgása szignifikánsan hat az elől lévő lábra kerülő reakcióerőre, tehát a súlypontáthelyezésnél és a stabilitásnál nagy szerepet játszik. A felsőtest dőlésszögére viszont nincs hatással a sarok belefördulása. Ennek lehetséges oka, hogy különböző szintű sportolók, különböző „boxiskolából” jöttek, tehát akár teljesen különböző felsőtest béli technikával is üthettek (csak az alsótest mozgása volt adott). További kutatásokkal megállapíthatnánk a helyes testtartást is az ütés pillanatakor, ami által meghatározhatnánk a „tökéletes” ütest.

A harmadik hipotézisünk eredményéből kiderül, hogy a sarok belefördulása szignifikánsan növeli a hátsó láb reakcióerejét, amiből feltételezhetjük a nagyobb sebességet. A sportolót ez stratégiai előnyhöz juttathatja. Továbbá a sarok belefördulása szignifikánsan növeli a csípő elfördulás szögét (H4 szintén igazolja), viszont a váll elfördulásának szögét már nem. A váll elfördulásának mértékét befolyásolhatja a célnak a helyzete, illetve az ütés technikája. Érdeemes lenne a váll megfelelő fordulásszögét megállapítani az ütések tökéletesítéséhez.

A negyedik hipotézist a feladatok megfelelő módon való végrehajtásának igazolásához végeztük el, ami azt igazolja, hogy a résztvevők megértették és végre tudták hajtani a feladatokat (nincs sarok fordulás, ezért fizikailag képtelen csípővel is annyira belefördulni).

Az ötödik hipotézisünk alapja az volt, hogy a váll- és a csípőövet egy merev testként akartuk tekinteni a további vizsgálatokhoz. A csípő-váll együtt mozgásának igazolásához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk, ami nem igazolta a hipotézisünket. Ha pontosabb eredményeket szeretnénk kapni, akkor érdemes lenne egy olyan kutatást elvégezni, amiben csak magas szintű

ökölvívók vesznek részt (magas technikai tudással rendelkeznek). Addig is nem tekinthetjük a váll- és medenceövet egy testnek.

Összefoglalás

A kutatásunk fő célja, hogy megállapítsuk, hogy a sarok belefördülésének milyen szerepe van a hátsókezes egyenes mozgásdinamikájára, beleértve az ütés hosszát, sebességét, medence- és vállöv szögeinek szerepét. További célunk a rotációs energia sportban való használatának megfogalmazás és szerepének meghatározása. A kutatás eredményei felhasználhatók az ökölvívás oktatásban, illetve olyan sportágakban, ahol a rotációs energiának szerepe van.

Összességében az eredmények arra mutattak rá, hogy a sarok forgató-toló mozgása jelentős hatással van az ütés sebességére és hosszára, a talaj reakcióerőkre és a csípő elfordulásának szögére. Ez által kijelenthetjük, hogy a sportolók képzésénél kiemeltebb szerepet kell kapnia a lábnak, ami a mostani ökölvívás oktatást nagyban megváltoztatná.

A sarok forgása szinte az összes általunk vizsgált területre pozitívan hatott, tehát ezzel azt szeretnénk hangsúlyozni, hogy minden olyan sportágban, ahol ezt a rotációs (forgató-toló) mozgás előfordul, érdemes lenne részletes méréseket végezni, hogy kiderüljön mekkora jelentőséggel bír.

Irodalomjegyzék

- Ashker, S. El. (2011). Technical and tactical aspects that differentiate winning and losing performances in boxing. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(2), 356–364. <https://doi.org/10.1080/24748668.2011.11868555>
- Buśko, K., Staniak, Z., Szark-Eckardt, M., Nikolaidis, P., Mazur-Różycka, J., Łach, P., Michalski, R., Gajewski, J., & Górski, M. (2016). *Measuring the force of punches and kicks among combat sport athletes using a modified punching bag with an embedded accelerometer*. 18, 47–54. <https://doi.org/10.5277/ABB-00304-2015-02>
- Chadli, S., Ababou, N., & Ababou, A. (2014). A New Instrument for Punch Analysis in Boxing. *Procedia Engineering*, 72, 411–416. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.06.073>
- Cheraghi, M., Alinejad, H. A., Arshi, A. R., & Shirzad, E. (2014). Kinematics of Straight Right Punch in Boxing. *Annals of Applied Sport Science*, 2(2), 39–50.
- Dyson, R., Smith, M. S., Martin, C., & Fenn, L. (2007). *MUSCULAR RECRUITMENT DURING REAR HAND PUNCHES DELIVERED AT MAXIMAL FORCE AND SPEED BY AMATEUR BOXERS*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:108208093>
- Estevan, I., Falco, C., Silvernail, J. F., & Jandacka, D. (2015). Comparison of Lower Limb Segments Kinematics in a Taekwondo Kick. An Approach to the Proximal to Distal Motion. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 41–49. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0060>
- Filimonov, V. I., Koptsev, K. N., Husyanov, Z. M., & Nazarov, S. S. (1985). Boxing: Means of increasing strength of the punch. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 7, 65. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:71982107>
- Hickey, K. (1980). *Boxing: The Amateur Boxing Association Coaching Manual*. Kaye and Ward.
- Lenetsky, S., Nates, R., Brughelli, M., & Schoustra, A. (2016, január). *Measurement of striking impact kinetics via inertial modelling and accelerometry*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34145.92008>
- Mack, J., Stojših, S., Sherman, D., Dau, N., & Bir, C. (2010, június). AMATEUR BOXER BIOMECHANICS AND PUNCH FORCE. *28th International Conference on Biomechanics in Sport*.
- MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, M. K., Chao, E. Y. S., & McFarland, E. G. (1998). Characteristic Ground-Reaction Forces in Baseball Pitching. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(1), 66–71. <https://doi.org/10.1177/03635465980260014101>

- Oliver, G. D., & Keeley, D. W. (2010). Pelvis and Torso Kinematics and Their Relationship to Shoulder Kinematics in High-School Baseball Pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3241–3246. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc22de>
- Pesce, V., Colagrossi, A., & Silvestrini, S. (2023). Modern Spacecraft Guidance, Navigation, and Control, From System Modeling to AI and Innovative Applications.
- Pierce, J. D., Reinbold, K. A., Lyngard, B. C., Goldman, R. J., & Pastore, C. M. (2006). Direct Measurement of Punch Force During Six Professional Boxing Matches. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 2(2). <https://doi.org/10.2202/1559-0410.1004>
- Piorkowski, B. A., Lees, A., & Barton, G. J. (2011). Single maximal versus combination punch kinematics. *Sports Biomechanics*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.547590>
- Reid, M., Elliott, B., & Alderson, J. (2008). Lower-Limb Coordination and Shoulder Joint Mechanics in the Tennis Serve. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(2), 308–315. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815c6d61>
- Smith, M. S. (2006). Physiological profile of senior and junior England international amateur boxers. *Journal of sports science & medicine*, 5(CSSI), 74–89.
- Smith, M. S., Dyson, R. J., Hale, T., & Janaway, L. (2000). Development of a boxing dynamometer and its punch force discrimination efficacy. *Journal of Sports Sciences*, 18(6), 445–450. <https://doi.org/10.1080/02640410050074377>
- Sorensen, H., Zacho, M., Simonsen, E. B., Dyhre-Poulsen, P., & Klausen, K. (1996). Dynamics of the martial arts high front kick. *Journal of Sports Sciences*, 14(6), 483–495. <https://doi.org/10.1080/02640419608727735>
- Terzis, G., Georgiadis, G., Vassiliadou, E., & Manta, P. (2003). Relationship between shot put performance and triceps brachii fiber type composition and power production. *European Journal of Applied Physiology*, 90(1), 10–15. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0847-x>
- Turner, A., Baker, E., & Miller, S. (2011). Increasing the Impact Force of the Rear Hand Punch. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 2–9. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318232fdcb>
- Vences Brito, A. M., Rodrigues Ferreira, M. A., Cortes, N., Fernandes, O., & Pizarat-Correia, P. (2011). Kinematic and electromyographic analyses of a karate punch. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(6), 1023–1029. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.09.007>
- Walilko, T. J., Viano, D. C., & Bir, C. A. (2005). Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 710–719. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.014126>

- Whiting, W. C., Gregor, R. J., & Finerman, G. A. (1988). Kinematic analysis of human upper extremity movements in boxing. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 130–136. <https://doi.org/10.1177/036354658801600207>
- Whiting, W. C., Gregor, R. J., & Halushka, M. (1991). Body Segment and Release Parameter Contributions to New-Rules Javelin Throwing. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7(2), 111–124. <https://doi.org/10.1123/ijsb.7.2.111>

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk kifejezni hálánkat és köszönetünket azért a támogatásért és együttműködésért, amelyet Dr. Tóth Brigitta egyetemi docens, a Budapesti Műszaki Egyetem Tartószerkezetek Mechanikája Tanszékéről, a kutatás során tanúsított. Nagyra értékeljük, hogy Prof. Dr. Kiss Rita Mária tanszékvezető asszony rendelkezésünkre bocsátotta a BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszéken rendelkezésre álló, számunkra szükséges eszközöket, valamint hogy lehetővé tették, hogy az oktatóik és diákjaik (Rácz Kristóf, Ágoston Dorottya, Tráser László, Nagy Bertalan) szakértelmét igénybe vehessük.

Szeretnénk megköszönni a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Kineziológia Tanszékről Dr. Rácz Leventének, hogy részesei lehettünk ennek az inspiráló akadémiai környezetnek és remélem ez a kutatást még sok együtt elvégzett munka követ.

Függelék

1. ábra: maximális ökölsebesség (m/s) a különböző ütéstechnikára lebontva	8
2. ábra: Ütэшossz (mm) a különböző ütéstechnikákra lebontva	9
3. ábra: Csípő elfordulásának szöge (°) a különböző ütéstechnikákra lebontva	11
4. ábra: Váll elfordulásának szöge (°) a különböző ütéstechnikákra lebontva.....	11
1. táblázat: ANOVA elemzés elülső láb reakcióereje	9
2. táblázat: ANOVA elemzés felsőtest dőlési szöge	9
3. táblázat: ANOVA elemzés hátulsó láb reakcióereje	10
4. táblázat: ANOVA elemzés csípő elfordulásának szöge	10
5. táblázat: ANOVA elemzés váll elfordulásának szöge	10