



# A magas intenzitású mikromozgások és az ütés pontosság közötti kapcsolat vizsgálata a 'PlayerLoad' és 'IMA' mechanikai mutatók segítségével korosztályos teniszezőknél

## Investigation of relationship between high-intensity micromovements and stroke accuracy using 'PlayerLoad' and 'IMA' mechanical indicators in junior tennis players

Tóth Péter János<sup>1,2</sup>, Sáfár Sándor<sup>3</sup>, Dobos Károly<sup>1</sup>, Horváth Dávid<sup>2</sup>, Győri Tamás<sup>1</sup>, Ökrös Csaba<sup>1</sup>

1 Testnevelési Egyetem, Sportjáték Tanszék, Budapest

2 Testnevelési Egyetem, Sporttudományok Doktori Iskola, Budapest

3 Testnevelési Egyetem, Edzéselméleti és Módszertani Kutató Központ, Budapest

**Absztrakt:** Kutatásunk célja az volt, hogy megvizsgáljuk milyen kapcsolat áll fenn a magas intenzitású mikromozgások és az ütések pontossága között korosztályos teniszezőknél a 'PlayerLoad' és az 'IMA' mechanikai mutatók segítségével. A vizsgálatban 14 rendszeresen versenyző magyar, utánpótláskorú fiú teniszező vett részt (14,13 ± 2,03 év). A mérkőzések alatt leggyakrabban előforduló ütések (támadó, védekező és semleges), valamint az eközben végrehajtott magas intenzitású mikromozgások terjedelmi változóit két specifikus pályateszttel ('1-6' teszt és 'Big X' teszt) mértük fel. Az '1-6' teszt esetében a tenyeres támadó ütésnél, a 'Total PlayerLoad' paraméternél jött létre szignifikáns kapcsolat ( $\chi^2 = 4,31$ ;  $p = 0,04$ ), míg a 'Big X' tesztnél a fonák védekező ütés alatt, a 'Total IMA Events' mutató szignifikáns összefüggést a pontossággal ( $\chi^2 = 6,51$ ;  $p = 0,04$ ). Következtetésünk szerint ebben a korcsoportban az egyes ütések hatékonysága mögött elsősorban a megfelelő, stabil ütőállás és a mozdulatoknak a pontos technikája áll, és kevésbé súlyozható a magas intenzitású, kis terjedelmű mozgások teljesítménye.

**Kulcsszavak:** GPS, tenisz, utánpótlás, mechanikai terhelés

**Abstract:** Aim of our research was to investigate the relationship between high-intensity micromovements and accuracy of strokes in junior tennis players using the 'PlayerLoad' and 'IMA' mechanical indicators. The study involved 14 regularly competing Hungarian boy tennis players (14.13 ± 2.03 years). The most common (offensive, defensive and neutral) strokes during matches, as well as volume variables of high-intensity micromovements performed during matches, were measured with two specific court tests ('1-6' test and 'Big X' test). In case of '1-6' test, a significant relationship was established for forehand offensive stroke and 'Total PlayerLoad' parameter ( $\chi^2 = 4.31$ ;  $p = 0.04$ ), while in case of 'Big X' test, during the backhand defensive stroke, 'Total IMA Events' showed a significant correlation with accuracy ( $\chi^2 = 6.51$ ;  $p = 0.04$ ). We conclude that in this age group, effectiveness of each stroke is primarily due to the proper, stable impact position and precise technique of movements, and performance of high-intensity, small-scale movements are less weighted.

**Keywords:** GPS, tennis, youth, mechanical load



## Bevezetés

A mai teniszmérkőzések közben látható, hogy a játékosoknak rendkívül rövid távolságokon belül kell felgyorsulniuk, lelassítaniuk és megfelelő ütőállást biztosítaniuk, elsősorban oldal irányba történő mozgásminták alkalmazásával (*Dobos, 2018*). Tehát az, ahogyan a játékos a pályán mozog alapvetően meghatározza a sikerességét (*Crespo és Miley, 2002*), mivel a megfelelő lábmunka lehetőséget teremt az ütések hatékony végrehajtásához (*Reid és Crespo, 2003*). Összességében a tenisz lábmunka egy olyan játékelem, melynek birtokában a teniszező minden irányba képes robbanékonyan mozogni, hirtelen megállni és irányt váltani mialatt fenntartja az egyensúlyát és hatékonyan kontrollálja az ütést (*Crespo és Miley, 2002*). A szakirodalomban ezeket az előbb említett gyorsulásokat, lassulásokat és irányváltásokat összefoglaló néven magas intenzitású mikromozgásoknak nevezik (*Schuth, Marczinka és Ökrös, 2019*). Ezek a mechanikai terhelési tényezők csoportjába tartozó kis területen végzett intenzív mozgások jelentős terhelést rónak mind a mozgató-, mind a keringési rendszerre.

A különböző mikroszenzoros technológiák segítségével ma már egyre többet tudhatunk meg a versenyzők által leadott mechanikai teljesítményről. Az ilyen GPS alapú mozgáselemző rendszereknek a használata egyre elterjedtebb az olyan szakaszos jellegű sportágakban, mint például a kézilabda (*Luteberget, Trollerud és Spencer, 2018*) vagy a labdarúgás (*Beenham, Baron, Fry, Hurst, Figueirido és Atkins, 2017*). A tenisznél ez még nem egy elterjedt módszer az edzés- és mérkőzéssterhelés nyomonkövetésénél. Néhány szerző (*Galé-Ansodi, Castellano és Usabiaga, 2017; Hoppe, Baumgart, Bornefeld, Sperlich, Freiwald és Holmberg, 2014; Hoppe, Baumgart és Freiwald, 2016*) használta már a tenisznél is a GPS technológiát a futási aktivitások jellemzésére. *Hoppe és munkatársai (2014)* szimulált mérkőzések közben elemezték a sebesség és a gyorsulás-lassulás paramétereit, illetve ezek kapcsolatát a sikerességgel utánpótláskorú teniszezőknél. Az eredmények azt mutatták, hogy a mérkőzések vesztese és győztese között nem volt szignifikáns különbség

a gyorsasági mutatókat vizsgálva, valamint, hogy a megtett távolság közel 90 %-át a gyorsulások és lassulások alkották. Ehhez hasonlóan egy másik vizsgálatban sem találtak szignifikáns korrelációt a mikromozgások teljesítménye és a mérkőzések végkimenetele között korosztályos teniszezőknél. Azonban a felnőtt, győztes játékosok szignifikánsan több gyorsulást hajtottak végre a tenyeres oldalra, mint a mérkőzések vesztese (*Hoppe és mtsai, 2016*).

Mára több sportjátékban (*Galé-Ansodi, Langarika-Rocafort, Usabiaga és Castellano, 2016*) egyre elterjedtebb lett a magas intenzitású mikromozgásokat úgynevezett integrált mechanikai mutatókkal jellemezni. Ezek a több síkban mért mechanikai mutatók a mikromozgásokat egy integrált számként összesítik, vagy több mikroszenzor egyidejű mérési eredményeit integrálják egy közös paraméterbe (*Catapult, 2013*). Az egyik ilyen paraméter a 'PlayerLoad', amely a gyorsulásmérő által mért vektormennyiség és a három mozgássíkban létrejövő gyorsulásváltozásokból tevődik össze (*Catapult, 2013*). A másik, ehhez hasonló integrált mechanikai változó az inerciális mozgáselemzés (Inertial Movement Analysis, IMA), amelynek az értékét három mikroszenzor (gyorsulásmérő, magnetométer és giroszkóp) által rögzített adatok integrálásából kapjuk meg speciális Kalman-szűrő segítségével, vagyis a gravitációs komponens kivonásával (*Catapult, 2013*).

Jelenlegi tudásunk szerint olyan kutatás eddig még nem született, melyben ezeket az integrált mechanikai paramétereit és az egyes ütések pontossága közötti kapcsolatot mérték volna fel. Éppen ezért kutatásunk célja az volt, hogy adatokat gyűjtsünk a mechanikai terhelési értékekről a 'PlayerLoad' és az 'IMA' mutatók bevonásával, valamint, hogy megvizsgáljuk milyen kapcsolat áll fenn a magas intenzitású mikromozgások és az ütések pontossága között korosztályos teniszezőknél. Feltételezésünk szerint a leggyakrabban előforduló támadó, védekező és semleges ütések pontossága és a magas intenzitású mikromozgások teljesítménye között nincs szignifikáns kapcsolat a korosztályos teniszezőknél.

## Anyag és módszer

### Vizsgálati személyek

A kutatásunkban U12, U14 és U16-os korosztályban versenyző, jobb kéz domináns magyar, fiú, teniszezőket vizsgáltunk ( $N_{\text{összes}} = 14$ ;  $n_{\text{u12}} = 3$ ;  $n_{\text{u14}} = 5$ ;  $n_{\text{u16}} = 6$ ; életkor:  $14,13 \pm 2,03$  év; sportéletkor:  $7,25 \pm 3,30$  év; testtömeg:  $49,51 \pm 13,14$  kg; testmagasság:  $165,31 \pm 12,68$  cm), akiket rétegzett kényelmi mintavétellel választottunk ki. A mintaválasztásnál a következő kritériumoknak kellett megfelelni: (i) férfi (ii) U12 - U16-os korcsoportban versenyző; (iii) jobb kéz domináns teniszező. Az összes résztvevő – egy heti mikrociklusra lebontva – 10-12 óra teniszedzésen, valamint 4-5 óra erőnléti edzésen vett részt és évente körülbelül 20-25 tétmérkőzést játszott. Azért szerepelhetett vizsgálati alany egyszerre ebből a három különböző korcsoportból a kutatásban az eredmények befolyásolása nélkül, mert ezeknél a korosztályoknál még nem alakultak ki a végleges technikai sajátosságok, valamint egyik csoport esetében sincs kapcsolat a neuromuskuláris képességek és a versenyteljesítmény között (Dobos, Novak és Barbaros, 2021). Kutatásunk megkezdése előtt a teniszezőket, szülőket és az edzőket írásban és szóban is tájékoztattuk a vizsgálat folyamatáról és céljáról, valamint írásbeli beleegyezést kértünk a teniszezők törvényes képviselőitől. Mindemellett a vizsgálat megfelelt a Helsinki határozat humán vizsgálatára vonatkozó előírásainak (Harriss, MacSween és Atkinson, 2019).

### Vizsgálati eljárás

A vizsgálatot egész, délutáni időpontban, megfelelő időjárási viszonyok között ( $25-28$  °C; 36-44 % páratartalom és szélcsend), kültéri, salakos tenispályán hajtottuk végre. A felmérést egy megterhelő edzés vagy mérkőzés után 48 óra elteltével végeztük el, annak érdekében, hogy minél jobban elkerüljük a fáradtság befolyásoló szerepét (Fernandez-Fernandez, De Villareal, Sanz-Rivas és Moya, 2016). Mielőtt elkezdtük a vizsgálatot, a teniszezőket két csoportra osztottuk (egy csoportban hét fő szerepelt) az egyszerűbb kivitelezhetőség, valamint a terhelés intenzitásából kiindulva a teljes regeneráció érdekében.

Az egyes csoportokat egymás után mértük fel két külön álló blokkban. A felmérés megkezdése előtt a résztvevők egy általános- és egy speciális részből álló bemelegítést hajtottak végre (10-15 perc). A bemelegítés után felhelyeztük a vizsgálati személyekre a hordozható mikroszenzorokat (Catapult Vector S7, Ausztrália, Melbourne), amely a GPS és az inerciális adatokat rögzítette 10 és 100 Hz-en. A jeladó rögzítését Catapult „S” méretű mellény viselésével oldottuk meg. Ezt követően a játékosoknak elmagyaráztuk és bemutattuk az adott teszteket, majd egy gyakorló kör után megkezdtük a felmérést. A mérést megelőző instrukcióknál arra hívtuk fel a játékosok figyelmét, hogy törekedjenek elsősorban a pontos ütések kivitelezésére, valamint a lehető legnagyobb intenzitású mozgásokra. A támadó, védekező és semleges ütési pontosság megállapításához, illetve a pályán végzett mikromozgások felméréséhez két nemzetközileg elfogadott, validált pályatesztet alkalmaztunk. Az egyik ilyen pályateszt az ún. '1-6' teszt (Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, Sanchez-Munoz, de la Aleja Tellez, Buchheit és Mendez-Villanueva, 2011), a másik pedig az ún. 'Big X' teszt (Reid, Duffield, Dawson, Baker és Crespo, 2008) volt. A tesztek végrehajtási sorrendje a következő volt: 1. '1-6' teszt; 2. 'Big X' teszt. Az ütések pontosságát az alapvonal mögött elhelyezett kamerával (GoPro HERO4 Silver, USA, Los Angeles) rögzítettük 4K felbontással. A méréseket végző vizsgálati személyzet egyik teszt esetében sem változott.

### '1-6' teszt

Ez a teszt a mérkőzéseken leggyakrabban megjelenő támadó, védekező és semleges ütések pontosságát vizsgálja. Összesen hat ütezből áll, melyben a semleges (1. és 4. ütés) és támadó (3. és 6. ütés) ütések egyenes, a védekezőket (2. és 5. ütés) pedig kereszt irányba kellett ütniük a vizsgálati személyeknek az erre bójákkal kijelölt célterületekre. A labdaadás módját szakképzett teniszedzővel oldottuk meg, akinek a T vonalról kézből, a játékosok ritmusához igazodva kellett adogatnia az egyes labdákat az erre kijelölt területekre (Reid és mtsai, 2008). A résztvevő teniszezőknek egy gyakorló kör után két fő sorozat állt rendelkezésükre. Az egyes sorozatok között

30 másodperces pihenőidőt biztosítottunk, mely megfelelt a teniszre jellemző terhelés-pihenés arányoknak (Kovacs, 2006). Mind a két sorozatban mért eredményeket felhasználtuk a statisztikai számításokhoz.

#### 'Big X' teszt

Ez a pályateszt a mérkőzéseken leggyakrabban előforduló támadó és védekező ütések pontosságát vizsgálja keresztezett irányú mozgással, a semleges ütések kivételével. Ebben a felmérési protokollban összesen négy ütés szerepelt. A védekező ütések az előző tesztől eltérően nem csak laterális, hanem diagonális mozgással kell végrehajtani, valamint a támadó labdákat nem laterális, hanem diagonális visszahelyezkedés után kell megjátszani. A védekező ütések (1. és 3. ütés) kereszt, a támadó ütések (2. és 4. ütés) pedig egyenes irányba kellett irányítaniuk a vizsgálatban résztvevőknek az erre bójákkal kijelölt célterületekre. Az előző teszthez hasonlóan az egyes labdákat szakképzett teniszedző adogatta a T vonalról kézből, a játékosok ritmusához igazodva (Reid és mtsai, 2008). A vizsgálati személyeknek egy próbakör után két fő sorozat állt rendelkezésükre. A két sorozat között itt is 30 másodperces pihenőidőt biztosítottunk. Jelen esetben is mind a két sorozat eredményét felhasználtuk a statisztikai számításokhoz.

#### Adatelemzés

A mikroszenzorok által mért adatokat a mozgáselemző rendszerhez tartozó hitelesített szoftver (Catapult, OpenField Version 3.1.0) segítségével dolgoztuk fel és továbbítottuk Excel táblázatkezelőbe (Microsoft Office, Version 2111) a további felhasználáshoz. A magas intenzitású mikromozgások teljesítményének a megállapításához öt integrált mechanikai változót használtunk. Ezek mind terjedelem alapú mutatók, tehát az összes elvégzett munka mennyiségét jelölik egy-egy ütési ciklusra lebontva. Az 'IMA' adatok közül a 'Total IMA Events' a 100 Hz mintavételi frekvencián rögzített mikromozgások (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás) számát jelöli. A másik típusa a 'Total IMA Events High', amely csak a magas intenzitás (>2,5 m/

s<sup>2</sup>) feletti mikromozgások darabszámát jelenti. A harmadik típusa pedig az 'IMA Acceleration High', amely a 2,5 m/s<sup>2</sup> feletti magas intenzitású gyorsulások számát jelöli (Catapult, 2013). A 'PlayerLoad' adatoknál a 'Total PlayerLoad' a gyorsulásmérő által 100 Hz frekvenciával a tér 3 tengelye (anterior-posterior, medio-lateral, superior-inferior) segítségével rögzített gyorsulásadatok integrálásából kapott dimenzió nélküli paraméter (Arbitrary Unit, AU). A 'PlayerLoad (2D)' változó pedig az előzőből küszöböl ki a superior-inferior tengely mentén történő erőhatásokat és szintén egy dimenzió nélküli eredményt kapunk (Catapult, 2013).

#### Statisztikai számítások

A minta jellemzéséhez és az egyes ütési ciklusok alatt mért mechanikai változók átlag és szórás eredményeinek a bemutatásához leíró statisztikát használtunk. Az egyes ütések hatékonysága és a mozgások mechanikai teljesítménye közötti összefüggés megállapításához pedig chí-négyzet próbát (Chi-square test) alkalmaztunk és szignifikánsnak tekintettük a kapcsolatot  $p < 0,05$  szintnél. A statisztikai számításokat SPSS 20.0 (IBM, Armonk, NY, USA) statisztikai programmal végeztük.

#### Eredmények

##### '1-6' teszt

Az „1-6” tesztben végrehajtott ütések és az öt mechanikai változó terjedelmi mutatóinak a kapcsolatát megvizsgálva azt láthatjuk, hogy a 'Total IMA Events', a 'Total IMA Events High' és az 'IMA Acceleration High' mechanikai változók eredményei egyik ütés esetében sem mutattak szignifikáns kapcsolatot a pontossággal ( $p > 0,05$ ) (1. és 2. táblázat). A másik két integrált mechanikai mutató esetében a 'Total PlayerLoad' eredményeinél a harmadik, vagyis a tenyeres támadó ütés esetében szignifikáns kapcsolat mutatkozott az ütési pontossággal ( $\chi^2 = 4,31$ ;  $p = 0,04$ ), de a többi ütés esetében nem volt szignifikáns összefüggés ennél a változónál, úgy mint ahogyan a 'PlayerLoad (2D)' mutató eredményeinél sem ( $p > 0,05$ ).

**1. táblázat:** Az '1-6' testben mért integrált mechanikai változók átlag és szórás értékei a tenyeres oldali ütési ciklusokra (1-3. ütés) lebontva, illetve kapcsolatuk az ütések pontosságával.

Mechanikai változó	1. Ütés			2. Ütés			3. Ütés		
	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p
1. Total IMA Events (db)	1,53±0,88	0,51	0,92	2,00±0,88	5,98	0,22	2,56±1,19	3,83	0,71
2. Total IMA Events High (db)	0,66±0,48	2,26	0,13	0,53±0,51	1,00	0,32	0,75±0,51	2,09	0,35
3. IMA Acceleration High (db)	0,53±0,51	0,38	0,54	0,44±0,50	0,08	0,77	0,53±0,51	0,21	0,65
4. Total PlayerLoad (AU)	0,84±0,37	0,08	0,78	0,81±0,40	1,72	0,19	1,03±0,18 *	4,31	0,04
5. PlayerLoad (2D) (AU)	0,38±0,49	0,33	0,57	0,16±0,37	2,69	0,10	0,59±0,50	0,71	0,41

Megjegyzések:  $\chi^2$  = khi-négyzet próba; p = szignifikanciaszint; \* = szignifikáns kapcsolat ( $p < 0,05$ ); db = darabszám; AU = Arbitrary Unit; Total IMA Events = mikromozgások mennyisége (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás); Total IMA Events High =  $>2,5 \text{ m/s}^2$  mikromozgások mennyisége (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás); IMA Acceleration High =  $>2,5 \text{ m/s}^2$  gyorsulások mennyisége; Total PlayerLoad = a tér 3 tengelye mentén mért gyorsulások dimenzió nélküli paramétere; PlayerLoad (2D) = az anterior-posterior és medio-lateral tengelyek mentén mért gyorsulások dimenzió nélküli paramétere.

**2. táblázat:** Az '1-6' testben mért integrált mechanikai változók átlag és szórás értékei a fonák oldali ütési ciklusokra (4-6. ütés) lebontva, illetve kapcsolatuk az ütések pontosságával.

Mechanikai változó	4. Ütés			5. Ütés			6. Ütés		
	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p
1. Total IMA Events (db)	0,88±0,79	2,51	0,48	0,94±0,91	1,57	0,67	1,13±0,98	2,62	0,62
2. Total IMA Events High (db)	0,28±0,46	0,08	0,78	0,34±0,48	0,37	0,54	0,25±0,44	0,17	0,68
3. IMA Acceleration High (db)	0,25±0,44	0,39	0,53	0,28±0,46	2,36	0,13	0,22±0,42	0,01	0,96
4. Total PlayerLoad (AU)	1,13±0,34	2,24	0,14	1,01±0,11	1,31	0,26	1,03±0,18	1,33	0,25
5. PlayerLoad (2D) (AU)	0,66±0,48	0,13	0,72	0,34±0,48	0,02	0,89	0,59±0,50	0,25	0,62

Megjegyzések:  $\chi^2$  = khi-négyzet próba; p = szignifikanciaszint; db = darabszám; AU = Arbitrary Unit; Total IMA Events = mikromozgások mennyisége (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás); Total IMA Events High =  $>2,5 \text{ m/s}^2$  mikromozgások mennyisége (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás); IMA Acceleration High =  $>2,5 \text{ m/s}^2$  gyorsulások mennyisége; Total PlayerLoad = a tér 3 tengelye mentén mért gyorsulások dimenzió nélküli paramétere; PlayerLoad (2D) = az anterior-posterior és medio-lateral tengelyek mentén mért gyorsulások dimenzió nélküli paramétere.

**'Big X' teszt**

A „Big X” tesztben szereplő ütések és a már előzőekben bemutatott öt mechanikai változó terjedelmi mutatóinak a kapcsolatát vizsgálva azt láthatjuk, hogy a 'Total IMA Events' mechanikai változónál a harmadik, fonák védekező ütés esetében szignifikáns összefüggés jött létre az ütési pontossággal ( $\chi^2 = 6,51$ ;  $p = 0,04$ ), a többi három ütésnél viszont nem ( $p > 0,05$ ) (3. táblázat). Ennek

a változónak a magasabb intenzitású, vagyis a 'Total IMA Events High' adatait vizsgálva azt vehetjük észre, hogy a négy ütés közül semelyik esetében sem volt szignifikáns kapcsolat, úgy ahogy az 'IMA Acceleration High' mutatónál sem. A 'PlayerLoad' mechanikai csoport esetében a 'Total PlayerLoad' és a 'PlayerLoad (2D)' mért eredményei és az egyes ütések pontossági mutatói között nem volt szignifikáns korreláció ( $p > 0,05$ ).

**3. táblázat:** A 'Big X' tesztben mért integrált mechanikai változók átlag és szórás értékei a tenyeres- (1-2. ütés) és fonák (3-4. ütés) oldali ütési ciklusokra lebontva, illetve kapcsolatuk az ütések pontosságával.

Mechanikai változó	1. Ütés			2. Ütés			3. Ütés			4. Ütés		
	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p	Átlag±szórás	$\chi^2$	p
1. Total IMA Events (db)	1,44±0,67	3,65	0,30	2,22±1,10	2,64	0,62	0,91±0,78 *	6,51	0,04	0,66±0,48	0,01	0,94
2. Total IMA Events High (db)	0,66±0,48	0,16	0,69	0,72±0,58	0,51	0,78	0,38±0,49	2,13	0,14	0,19±0,40	0,10	0,75
3. IMA Acceleration High (db)	0,68±0,47	0,11	0,65	0,47±0,57	0,44	0,80	0,34±0,48	1,25	0,26	0,19±0,40	0,99	0,75
4. Total PlayerLoad (AU)	0,97±0,18	0,71	0,40	1,09±0,30	1,30	0,26	1,16±0,37	0,24	0,63	1,06±0,25	0,51	0,48
5. PlayerLoad (2D) (AU)	0,35±0,49	0,33	0,57	0,73±0,45	0,66	0,42	0,77±0,43	0,05	0,82	0,71±0,44	1,12	0,29

*Megjegyzések:  $\chi^2$  = khi-négyzet próba; p = szignifikanciaszint; \* = szignifikáns kapcsolat ( $p < 0,05$ ); db = darabszám; AU = Arbitrary Unit; Total IMA Events = mikromozgások mennyisége (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás); Total IMA Events High =  $>2,5 \text{ m/s}^2$  mikromozgások mennyisége (gyorsulás, lassulás, jobb és bal irányváltás); IMA Acceleration High =  $>2,5 \text{ m/s}^2$  gyorsulások mennyisége; Total PlayerLoad = a tér 3 tengelye mentén mért gyorsulások dimenzió nélküli paramétere; PlayerLoad (2D) = az anterior-posterior és medio-lateral tengelyek mentén mért gyorsulások dimenzió nélküli paramétere.*

**Megbeszélés**

Kutatásunk elsődleges célja az volt, hogy adatokat gyűjtsünk a mechanikai terhelési értékekről a 'PlayerLoad' és az 'IMA' mutatók bevonásával, valamint, hogy megvizsgáljuk milyen kapcsolat áll fenn a magas intenzitású mikromozgások és az ütések pontossága között korosztályos teniszezőknél. A jelen kutatásunkhoz hasonlóan születtek korábban olyan vizsgálatok melyben a pályán elért sikeresség, hatékonyság és a futási aktivitások közötti összefüggéseket mérték fel, azonban ezeknek a kutatásoknak a száma csekély. Egy labdarúgásról szóló tanulmányban (Hoppe, Slomka, Baumgart, Weber és Freiwald, 2015) azt vizsgálták, hogy a mérkőzésen teljesített futási aktivitás csapatszinten hogyan függ össze a szezon végi sikerességgel a Német Bundesligában. Az eredmények azt

mutatták, hogy a mérkőzésen végrehajtott futási teljesítmény és a szezon végi összpontszám között nem volt szignifikáns kapcsolat ( $r = 0,24$ ;  $p = 0,34$ ). Ezzel ellentétben a futási teljesítmény és a labdabirtoklás között szignifikáns kapcsolat mutatkozott ( $r = 0,77$ ;  $p < 0,01$ ). A szerzők ebből azt a következtetést vonták le, hogy nem a mérkőzésen mutatott futási teljesítmény a fő meghatározó tényező a sikeresség szempontjából, hanem sokkal inkább a technikai-taktikai tudás. Ezen kutatási eredmények, valamint a saját eredményeink között jelentős hasonlóság figyelhető meg, mivel az általunk felmért gyorsasági mutatók és az ütési pontosság között - amely sikerességet befolyásoló paraméter - szintén nem volt szignifikáns kapcsolat a legtöbb ütési ciklus esetében.

Egy másik sportági teljesítményt vizsgáló kutatásban (Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas és

*Mendez-Villanueva*, 2009), amelyet a tenisz sportágban végeztek, azt állapították meg, hogy az alacsonyabban rangsorolt játékosok nagyobb távolságot tettek meg magas intenzitású futással (>6,7 m/s), mint a magasabban jegyzett társaik. *Galé-Ansodi* és munkatársai (2017) azonban azt találták, hogy a ranglistán előrébb jegyzett játékosok nagyobb távolságot tettek meg percenként, mint az alacsonyabban rangsoroltak, illetve szignifikánsan magasabb maximális sebességet is értek el. Az előbbieken ismertetett kutatási eredmények és a saját vizsgálatunk között nehezen vonható párhuzam, mivel ezekben a tanulmányokban elsősorban a lokomotorikus terhelési csoportba tartozó futási adatokat mérték fel, mi pedig ezzel ellentétben a mechanikai terhelések közé csoportosítandó magas intenzitású mikromozgásokat vizsgáltuk. *Hoppe* és munkatársai (2014, 2016) utánpótláskorú- és felnőtt teniszezőkkel végzett munkái azonban teljes mértékben megerősítik az általunk kapott eredményeket, mely szerint nincs számottevő összefüggés a pályán elért sikeresség - ami a mi esetünkben az egyes ütések pontosságát jelentette - és a magas intenzitású mikromozgások teljesítménye között a fiatal korosztályokban, de még a felnőtt játékosoknál is kevés kapcsolat mutatkozott a kutatócsoport szerint. Ezt a következtetést tovább erősíti *Kilit és Arslan* (2017) kutatása is, melyben utánpótláskorú teniszezők futási aktivitásait mérték fel mérkőzések közben. Az eredmények szerint sem a mérkőzése vesztese és győztese, sem az adogató és fogadó játékos között egyik paraméter esetében sem volt szignifikáns különbség.

Mindezekből kiindulva tehát a hipotézisünket elfogadjuk, mely szerint a támadó, védekező és semleges ütések pontossága és a magas intenzitású mikromozgások teljesítménye között nincs szignifikáns kapcsolat a korosztályos teniszezőknél. Az eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a támadó, védekező és a semleges ütések hatékonysága, pontossága és a mikromozgások közötti kapcsolat alacsonyabb az általunk vizsgált korosztálynál. Összevetve tehát a kapott eredményeinket az előzőekben felsorolt kutatási eredményekkel azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az U12, U14 és U16-os korcsoportokban versenyző fiú teniszezőknél az egyes ütések hatékonysága mögött elsősorban a megfelelő, stabil ütőállás és a mozdulatoknak a pontos technikája

áll, és kevésbé súlyozható a magas intenzitású, kis terjedelmű mozgások magas teljesítménye. Az teljesen egyértelmű lehet mindenki számára, hogy a teniszben való sikeresség többszörözős (*Kovacs*, 2006), de még az elit szinten is a technikai-taktikai tudás a döntő képesség (*Reid, Crespo, Lay és Berry*, 2007). A minél pontosabb mozgákszabályozás megléte elengedhetetlen az effektív ütési technikák kivitelezésénél. Ehhez pedig az idegrendszer szerepe megkérdőjelezhetetlen, mivel a vizuális, a vestibuláris és a proprioceptív afferens bemenetet is integrálnia kell a tökéletes mozgásvégrehajtáshoz (*Wolpert*, 2007). Még profi szinten sem mindig számottevő a sikeresség szempontjából a gyorsasági teljesítmény magas szintje (*Hulin, Gabbett, Kearney és Corvo*, 2015), de nagyobb előny szerezhető, ha ezek a képességek magasabb szinten vannak (*Hulin és mtsai*, 2015).

Kutatásunk limitációja, hogy vizsgálatunk egy nemre és kimondottan csak terjedelmi-integrált mechanikai mutatókra összpontosult, illetve a korcsoportokban eltérő elemszámmal vettek részt. Ezért, a jövő kutatásokban szükséges volna megvizsgálni, hogy van-e különbség a fiú- és a lányversenyzők között úgy, hogy mindegyik korcsoportban azonos és nagyobb elemszámmal szerepelnek. Továbbá, a magas intenzitású mikromozgásokat a terjedelmi paraméterek mellett, érdemes volna felmérni a mérkőzésszituációk közben is az intenzitáson alapuló változókkal.

Mindazonáltal, ezen kutatási eredmények segítségével az utánpótlásban dolgozó szakemberek megerősítést és/vagy új gyakorlati tudást nyerhetnek afelől, hogy ezekben a korosztályokban a sportági felkészítésnek elsősorban a tökéletes technika kialakítására, és az alap taktikai elemek elsajátítására kell fókuszálnia. Természetesen a kondicionális képzésben az általános- és sportágspecifikus gyorsasági munkának is kellő jelentőséget kell tulajdonítani ezeknél a korcsoportoknál is, csak nem feltétlenül a maximális intenzitású mozdulat végrehajtáson kell lennie a hangsúlynak addig, amíg a sportoló készség szinten nem tudja kivitelezni az adott mozgásmintát. Összeségében fontos, hogy az olyan alapvető sport-specifikus felkészülési alapelvek mentén történjen az utánpótláskorú sportolók teljesítményfokozása, amely figyelembe veszi a biológiai- és edzés életkorukat, és a terhelésadagolás fokozatos specializálódását.

**Irodalomjegyzék**

1. Beenham, M., Barron, D. J., Fry, J., Hurst, H. H., Figueirdo, A., Atkins, S. (2017): A comparison of GPS workload demands in match play and small-sided games by the positional role in youth soccer. *Journal of Human Kinetics*, 57. 1, 129-137. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0054>
2. Catapult (2013): *Sprint Manual*. Catapult Sports, Melbourne.
3. Crespo, M., Miley, D. (2002): *Advanced Coaches Manual*. International Tennis Federation, London.
4. Dobos, K. (2018): Tenisz-specifikus motoros tesztek áttekintése. *Testnevelés, Sport, Tudomány*, 3. 3-4, 19-29. <https://doi.org/10.21846/TST.2018.3-4.2>
5. Dobos, K., Novak, D., Barbaros, P. (2021): Neuromuscular fitness is associated with success in sport for elite female, but not male tennis players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18. 12, 6512. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126512>
6. Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Mendez-Villanueva, A. (2009): A review of the activity profile and physiological demands of tennis match play. *Strength and Conditioning Journal*, 31. 4, 15-26. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181ada1cb>
7. Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Sanchez-Munoz, C., De La Aleja Tellez, J. G., Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A. (2011): Physiological responses to on-court vs running interval training in competitive tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10. 3, 540-545.
8. Fernandez-Fernandez, J., De Villareal, E. S., Sanz-Rivas, D., Moya, M. (2016): The effects of a 8-week plyometric training on physical performance in young tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 28. 1, 77-86. <https://doi.org/10.1123/pes.2015-0019>
9. Galé-Ansodi, C., Castellano, J., Usabiaga, O., Casamichana, D. (2014): Metabolic power in tennis: New approach to understand the physical demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, IV International Conference, 9. 25, 44.
10. Galé-Ansodi, C., Langarika-Rocafort, A., Usabiaga, O., Castellano Paulis, J. (2016): New variables and new agreements between 10 Hz global positioning system devices in tennis drills. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 230. 2, 121-123. <https://doi.org/10.1177/1754337115622867>
11. Galé-Ansodi, C., Castellano, J., Usabiaga, O. (2017): Physical profile of young tennis players in the tennis match-play using global positioning systems. *Journal of Physical Education and Sport*, 17. 2, 826-832. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.02126>
12. Harriss, D. J., MacSween, A., Atkinson, G. (2019): Ethical standards in sport and exercise science research: 2020 update. *International Journal of Sports Medicine*, 40. 13, 813-817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
13. Hoppe, M. W., Baumgart, C., Bornefeld, J., Sperlich, B., Freiwald, J., Holmberg, H. C. (2014): Running activity profile of adolescent tennis players during match play. *Pediatric Exercise Science*, 26. 3, 281-290. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0195>
14. Hoppe, M. W., Slomka, M., Baumgart, C., Weber, H., Freiwald, J. (2015): Match running performance and success across a season in german Bundesliga soccer teams. *International Journal of Sports Medicine*, 36. 7, 563-566. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398578>
15. Hoppe, M. W., Baumgart, C., Freiwald, J. (2016): Do running activities of adolescent and adult tennis players differ during play? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11. 6, 793-801. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0141>
16. Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Kearney, S., Corvo, A. (2015): Physical demands of match-play in successful and less-successful elite rugby league teams. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10. 6, 703-710. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0080>
17. Kilit, B., Arslan, E. (2017): Physiological responses and time-motion characteristics of young tennis players: Comparison of serve vs. return games and winners vs. losers matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17. 5, 684-694. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1381470>



18. Kovacs, M. S. (2006): Applied physiology of tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40. 5, 381-386. <http://dx.doi.org/10.1136/bjms.2005.023309>
19. Luteberget, L. S., Trollerud, H. P., Spencer, M. (2018): Physical demands of game-based training drills in women's team handball. *Journal of Sports Sciences*, 36. 5, 592-598. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1325964>
20. Reid, M., Crespo, M. (2003): Biomechanics of on court movement. In: Elliot, B., Reid, M., Crespo, M. (szerk.): *Biomechanics of Advanced Tennis*. International Tennis Federation, London. 73-92.
21. Reid, M., Crespo, M., Lay, B., Berry, J. (2007): Skill acquisition in tennis: research and current practice. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10. 1, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.011>
22. Reid, M., Duffield, R., Dawson, B., Baker, J., Crespo, M. (2008): Quantification of the physiological and performance characteristics of on-court tennis drills. *British Journal of Sports Medicine*, 42. 2, 146-151. <http://dx.doi.org/10.1136/bjms.2007.036426>
23. Schuth, G., Marczinka, Z., Ökrös, Cs. (2019): A kézilabdázás mozgásanyaga, a kézilabdajáték kvantitatív és kvalitatív elemzése. In: Marczinka, Z., Pozsonyi, Zs., Schuth, G. (szerk.): *Erőnléti edzés a kézilabdázásban*. Kék Európa Stúdió, Budapest. 16-49.
24. Wolpert, D. M. (2007): Probabilistic models in human sensorimotor control. *Human Movement Science*, 26. 4, 511-524. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2007.05.005>