

# Különböző stratégiájú és korú férfi élvonalbeli teniszezők terhelési profiljának vizsgálata a technikai- taktikai cselekvések viszonyában

Doktori tézisek

**Tóth Péter János**

Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem  
Sporttudományok Doktori Iskola



MAGYAR TESTNEVELÉSI  
ÉS SPORTTUDOMÁNYI  
EGYETEM  
BUDAPEST

Témavezető: Dr. Ökrös Csaba egyetemi docens, PhD

Hivatalos bírálók: Dr. Atlasz Tamás egyetemi tanár, PhD  
Dr. Ihász Ferenc egyetemi tanár, PhD

Budapest  
2026

## 1. BEVEZETÉS

A tenisz az egyik legkomplexebb és legnépszerűbb ütős sportág, amely az 1968-as „Open Era” kezdete óta töretlen és látványos fejlődésen megy keresztül, mind technikai, mind fizikai, mind pedig gazdasági értelemben. Napjainkban világszerte több mint 100 millióan üzik aktívan, népszerűsége pedig nem csupán rekreációs értékeiben és vitathatatlan egészségmegőrző hatásában rejlik, hanem abban a rendkívüli összetettségben is, amely a versenysport szintjén mutatkozik meg. A modern teniszben a sikeresség ma már elválaszthatatlan a tudományos alapú megközelítéstől; ahogy Dobos (2023) fogalmaz, a sportág egy olyan taktikai és technikai dominanciájú játék, amely speciális, szakaszos játékrítmust eredményez. Ebben a környezetben az edzőmunka hatékonysága már nem alapozható kizárólag szubjektív edzői megfigyelésekre. Ebből adódóan a sportág elemzésekor elengedhetetlen a Kulcs Teljesítmény Mutatók (Key Performance Indicators – KPIs) meghatározása, amelyek a technikai-taktikai készségek, a motorikus képességek és a mentális faktorok mentén jelölik ki a fejlődés útját. Ahogy az üzemenyagszint-mérő nélküli autóvezetés, úgy a KPI-ok nélküli edzésvezetés is csupán bizonytalan találgatás maradna; az objektív monitorozás és tesztelés a megalapozott edzői döntéshozatal és a hosszú távú stratégiai tervezés alapköve.

Élsportolói múltam és edzői pályafutásom során korán felismertem, hogy a fizikális képességek, mint az erő, az állóképesség vagy a gyorsaság izolált fejlesztése önmagában nem garantálja a győzelmet, még a legmagasabb szintű nyers erőnlét mellett sem. A sporttudomány globális fejlődése egyértelműen az integrált megközelítés felé mutat (Ju, 2022), amelynek lényegi eleme, hogy a fizikális teljesítményt soha nem szabad elvonatkoztatni a taktikai kontextustól, amelyben az megnyilvánul. Ahogy a modern sportanalitika egyik alapvetése tartja: „A kontextus mindig jobban számít, mint maga a tartalom.” (Buchheit és Harder, 2025). Ez a szemléletmód vezérelt kutatásaim során is: a pályán leadott teljesítményt a különböző játéktílusok, mérkőzések és alkalmazott stratégiák tükrében vizsgáltam, abból a felismerésből kiindulva, hogy a professzionális teniszben a motorikus képességek magas szintje ma már alapkövetelmény, a további fejlődés kulcsa pedig a specifikus, játékosra szabott analízisban rejlik. Disszertációmban különböző korcsoportú, eltérő játéktípust képviselő és különböző stratégiát alkalmazó élvonalbeli férfi teniszezők terhelési profilját vizsgálom, célul tűzve ki, hogy a tudományos eredményeket szervesen összekapcsoljam a hazai és nemzetközi edzőmódszertani gyakorlattal, ezzel segítve a szakembereket az eredményesebb versenyzők képzésében és a sportolói karrier meghosszabbításában.

Az elit versenysportban mindig is az volt és lesz a legfontosabb kérdés, hogy mely képességeknek a magas szintje szükséges a győzelemhez és a fenntartható sikerességhez (Tóth és mtsai., 2025a,b). Ezek alatt a motorikus, technikai, taktikai és mentális képességeket és készségeket egyaránt értjük, amelyek szinergiája alkotja a versenyteljesítményt. A legtöbb labdajátékban mindezt direkt módon, magukon a mérkőzéseken végrehajtott külső és belső terhelési értékek, technikai és taktikai akciók monitorozásával, vagy indirekt módon, például a motorikus képességek izolált – tehát játékon kívüli – laboratóriumi vagy pályatesztekkel végzett mérésével szokták megállapítani. A világ legerősebb csapatsportágában, a labdarúgásban az egyes csapatok sikeressége és a külső terhelés vagy futási aktivitások közötti kapcsolat megállapításához a leggyakrabban a magas intenzitású futásokat szokták összehasonlítani a csapatok tabellán való elhelyezkedésével (Mohr és mtsai., 2003; Di Salvo és mtsai., 2009; 2013; Rampinini és mtsai., 2009; Bradley és mtsai., 2013, 2016). Ezzel kapcsolatban Mohr és kollégái (2003) azt találták, hogy a legmagasabb szintű profi labdarúgók szignifikánsan nagyobb távolságot tesznek meg magas intenzitású futással egy mérkőzésen, mint az alacsonyabb szinten lévők, valamint az aerob állóképességet felmérő kondicionális teszteken is kiemelkedőbb eredményt értek el. Ezzel ellentétben az Angol Premier League-t vizsgálva az derült ki, hogy az alacsonyabban jegyzett csapatok játékosai olykor nagyobb távolságot tesznek meg összesen, valamint a magas intenzitású futási zónában is többet futnak, mint a dominánsabb, magasabb szinten lévő csapatok tagjai (Bradley és mtsai., 2013). Mindezekből is látszódik, hogy a sportjátékokban a sikeresség elsősorban a technikai és taktikai tudás hatékony alkalmazásán múlik, és nem feltétlenül a fizikai kvalitások pusztá mennyiségén, ami a teniszre vetítve még inkább felértékeli a taktikai fegyelem szerepét (Bradley és mtsai., 2013; Carling, 2013).

A teniszspecifikus kutatásokban is relatíve több vizsgálat kereste a különbségeket a sikeresebb és kevésbé sikeres játékosok, valamint a mérkőzések győztesei és vesztesei között a kondicionális képességek szempontjából (Girard és Millet, 2009; Filipcic és mtsai., 2010; Baiget és mtsai., 2014; Kramer és mtsai., 2016, 2017; Ulbricht és mtsai., 2016; Dobos és mtsai., 2021). Dobos és kollégái (2021) például azt vizsgálták, hogy a ranglistán előrébb rangsorolt játékosok a teniszspecifikus fizikális képességekben jobbnak bizonyulnak-e. Az eredményekből az derült ki, hogy a lányoknál az U14 és U18-as korosztályokban az alsó- és felső végtagi robbanékony erő és a ranglista-helyezés között pozitív kapcsolat van, tehát a korosztályos női mezőnyben az extra robbanékonyág közvetlen versenyelőnyt jelent. Ezzel ellentétben a fiúknál egyik képesség esetében sem találtak ilyen jellegű szignifikáns összefüggést, melyet a szerzők azzal magyaráztak, hogy a férfi teniszben – már utánpótlás

szinten is – elsősorban a technikai és taktikai készségek komplexitása dominál, míg a nőknél az egyszerűbb taktikai megoldások miatt a neuromuszkuláris képességek szerepe jobban felértékelődik. Ulbricht és munkatársai (2016) munkája szintén alátámasztja ezen eredményeket, rámutatva, hogy a robbanékony erő, különösen a felsőtesté, a legmeghatározóbb prediktor tényező a junior teniszezők sikeressége szempontjából. Kramer és mtsai. (2017) szintén hasonló következtetésre jutottak, hangsúlyozva az érési státusz és az alsó végtagi explozivitás döntő szerepét a korosztályos sikerességben. Természetesen hangsúlyozni kell, hogy ezek az eredmények elsősorban az utánpótlás-korosztályra érvényesek, és további vizsgálatok szükségesek annak tisztázására, hogy a felnőtt profi mezőnyben mely fizikális tényezők, valamint a technikai-taktikai tudás és mentális faktorok milyen arányban járulnak hozzá a végső sikerhez. Ehhez elengedhetetlen a mérkőzések közbeni aktivitások monitorozása külső és belső terhelési szempontból, valós versenykörülmények között.

Galé-Ansodi és munkatársai (2017b) kutatásukban már a mérkőzés-kontextusban hasonlították össze a játékosokat, megállapítva, hogy a magasabban jegyzettek nagyobb távolságot tettek meg percenként, és magasabb maximális sebességet értek el. Martínez-Gallego és munkatársai (2013) szintén azt kapták, hogy a győztes kondíciókban a teniszezők többet futottak, mint vesztes helyzetben. Ezzel szemben Fernandez-Fernandez és kollégái (2009b) azt tapasztalták, hogy az alacsonyabban rangsorolt játékosok futottak többet a magas intenzitású zónában, ami arra utal, hogy a gyengébb technikai tudást extra fizikai erőfeszítéssel próbálták kompenzálni. Fontos azonban megjegyezni, hogy ezek a mutatók elsősorban lokomotív jellegűek, tehát a futási sebességről és távolságról adnak képet, miközben a teniszben a mikromozgások – a gyorsulások és lassulások – vizsgálata sokkal relevánsabb információval szolgál (Tóth és mtsai., 2021a). Hoppe és munkatársai (2014) igazolták, hogy az utánpótlás mérkőzéseken a magas intenzitású gyorsulások és lassulások háromszor sűrűbben fordulnak elő, mint a nagy sebességű lineáris futások. Későbbi vizsgálataikban (Hoppe és mtsai., 2016) azt is kimutatták, hogy a győztesek szignifikánsan több gyorsulást hajtottak végre a tenyeres oldal irányába, ami taktikai dominanciára utal. Tóth és kollégái (2021a) „zárt” körülmények között végzett vizsgálatai pedig rámutattak, hogy a több mikromozgás nem feltétlenül korrelál a jobb ütési pontossággal, ami ismét a technikai stabilitás fontosságát húzza alá. Mindezen eredmények és a gyakorlati tapasztalat azt mutatják, hogy a sikerességhez a technikai-taktikai tudás magas szintje elengedhetetlen, a kondicionális képességek pedig alapkövetelményként szolgálnak az elit szint eléréséhez (Birrer és mtsai., 1986; Reid és mtsai., 2007).

Ahogy a játékos fejlődik, egyre fontosabbá válik a játéktudásához és személyiségéhez illeszkedő egyéni játéktípus és stratégia kialakítása, ami az edzésfolyamatban is stílus-specifikus felkészítést igényel (Hoppe és mtsai., 2019, 2020). A játéktípusok terhelési profiljai korábban leginkább szubjektív edzői tapasztalatokon alapultak, de a modern teljesítményelemzés lehetővé teszi ezek objektív számszerűsítését. Bernardi és munkatársai (1998) kimutatták, hogy a támadó stílusú játékosok labdamenetei szignifikánsan rövidebbek (4,8 mp), mint a védekezőké (15,7 mp), ami a belső terhelésben (pulzusválaszokban) is markáns különbségeket okoz. Hoppe és kollégái (2019, 2020) rávilágítottak, hogy az aktív és passzív stratégiák szimulált mérkőzéseken szignifikánsan eltérő futási aktivitást, technikai válaszokat és élettani terhelést eredményeznek. Jelen értekezés célja, hogy feltárja azokat a specifikus technikai-taktikai elemeket, külső és belső terhelési tényezőket, amelyekben eltérés mutatkozik a különböző stratégiai kontextusok között, különös tekintettel az elit utánpótlás korú férfi teniszezőkre, ahol a sikeresség és a hosszú távú karrier szempontjából kulcsfontosságú a tudományosan megalapozott, egyénre szabott terhelésadagolás és módszertani fejlesztés.

## 2. CÉLKITŰZÉSEK

Az első vizsgálatunk fő célja az volt, hogy megállapítsuk a „zárt” mérkőzés körülmények alatt fellelhető különbségeket a támadó (offenzív) és a védekező (defenzív) játékstratégiai szituációk között korosztályos férfi teniszezőknél a külső- és belső edzésterhelési mutatók alapján. Ezek alapján a következő hipotéziseket fogalmaztuk meg (ezekhez a hipotézisekhez kapcsolódó saját tanulmány: Tóth és mtsai., 2025a):

**H<sub>1/1</sub>:** A defenzív játékstratégiai kondícióban lévő utánpótláskorú teniszezők magasabb PlayerLoad™ értékeket érnek el, vagyis több gyorsulást hajtanak végre mind a három mozgássíkba, mint az offenzív stratégiát alkalmazók.

**H<sub>1/2</sub>:** A defenzív játékstratégiai kondícióban lévő utánpótláskorú teniszezők több alacsony- és magas intenzitású irányváltást hajtanak végre a bal és a jobb oldalra egyaránt, mint az offenzív stratégiát alkalmazók.

**H<sub>1/3</sub>:** A defenzív játékstratégiai kondícióban lévő utánpótláskorú teniszezők nagyobb ütési pörgetéssel ütik meg a tenyeres- és fonák ütéseket egyaránt, mint az offenzív szituációban. Azonban az ütések sebességében nincsen jelentős különbség a két kondíció között.

**H<sub>1/4</sub>:** A defenzív játékstratégia szerint játszó utánpótláskorú teniszezők magasabb RPE értékeket érnek el, hiszen a mikromozgásaik terjedelme is jelentősen nagyobb, mint az offenzív játékosoknál.

A második vizsgálatunk fő célja pedig az volt, hogy megállapítsuk a „nyílt” körülmények között mutatkozó eltéréseket a támadó alapvonal- és a védekező alapvonal játéktílus szerint játszó utánpótláskorú férfi teniszezők külső- és belső edzésterhelési paraméterei alapján. Továbbá választ kerestünk arra is, hogy melyek a fő különbségek a mérkőzések győztesei és vesztesei között. Mindemellett, hogy meghatározzuk az elit korosztályos magyar mérkőzések aktivitási profiljait, és elemezzük azok külső edzésterhelési mutatóit egy új fajta elemzési módszerrel. Ezek alapján a következő hipotéziseket fogalmaztuk meg (ezekhez a hipotézisekhez kapcsolódó saját tanulmány: Tóth és mtsai., 2025b):

**H<sub>2/1</sub>:** A védekező alapvonal játékosok több magas-intenzitású gyorsulást, lassulást és irányváltást produkálnak, mint a támadó alapvonal játékosok, és ezáltal az összes külső tenisz-specifikus terhelésük is nagyobb.

**H<sub>2/2</sub>:** A védekező alapvonal játékosok magasabb RPE értékeket mutatnak, mint a támadó alapvonal stílus szerint játszó teniszezők.

**H<sub>2/3</sub>:** A mérkőzések vesztesei több magas-intenzitású gyorsulást, lassulást és irányváltást produkálnak, mint a mérkőzések győztesei, és ezáltal az összes külső tenisz-specifikus terhelésük is nagyobb.

**H<sub>2/4</sub>:** A mérkőzések vesztesei magasabb RPE értékeket mutatnak, mint a mérkőzések győztesei.

### **3. MÓDSZEREK**

#### **3.1. A támadó (offenzív) és védekező (defenzív) játéktaktikák összehasonlító vizsgálata**

Ebben a keresztmetszeti kutatásban a teniszben leggyakrabban előforduló két játéktaktika, az offenzív és a defenzív helyzetek közötti különbségeket vizsgáltuk a futási és ütési aktivitások, valamint a szubjektív belső terhelés tükrében. A mérések 2023 májusában, szabadtéri salakos tenispályán zajlottak délután 14:00 és 16:00 óra között, ellenőrzött környezeti tényezők mellett (hőmérséklet: 21,2-24,5 °C; relatív páratartalom: 44-56%; Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker, Nielsen Kellerman, USA, Boothwyn, PA). A vizsgálatban 6 elit korosztályos férfi teniszező vett részt (naptári életkor:  $15,7 \pm 1,0$  év; testmagasság:  $180,7 \pm 6,5$  cm; testtömeg:  $71,0 \pm 10,8$  kg), akiket szakmai mintavétellel választottunk ki egy utánpótlásnevelő egyesületből, biztosítva a megszokott környezetet a mérésekhez. A beválasztási kritériumok a következők voltak: (i) U16-U18-as korosztályba tartozó férfi játékosok, (ii) magyar nemzeti korosztályos ranglista  $\leq 10$ , (iii) jobbkez dominancia, (iv) képes támadó és védekező játéktaktika alkalmazására egyaránt. A kizárási kritériumok pedig az

alábbiak voltak: (i) sérüléssel/betegséggel szenved, (ii) ortopédiai műtét az elmúlt 12 hónapban, (iii) magas-intenzitású edzésen részvétel az előző 48 órában. A résztvevők komoly versenyzői múlttal rendelkeztek, többen szerepeltek az ITF junior világranglista élmezőnyében vagy rendelkeztek már felnőtt ATP pontokkal, heti edzőmunkájuk pedig meghaladta a tíz óra teniszspecifikus és három óra erőnléti felkészítést. A mérések előtt minden résztvevő és gondviselő írásos beleegyezését adta a kutatáshoz, valamint a vizsgálatot a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Tudományos és Kutatásetikai Bizottsága hagyta jóvá (jóváhagyási szám: TE-KEB/02/2022; jóváhagyás dátuma: 2022. február 6.) és megfelelt a Helsinkii Dekrétum humán vizsgálatokra vonatkozó előírásainak.

A mérési nap antropometriai vizsgálatokkal kezdődött, majd egy tizenöt perces általános és egy tízperces teniszspecifikus bemelegítés következett. A játékosokat tudásszintjük és ranglistahelyezésük alapján párosították, majd mindenki két, egyenként tízperces szimulált mérkőzést játszott ötperces passzív pihenőidő beiktatásával tie-break formátumban, vadonatúj Slazenger Ultra Vis labdákkal. A stratégiai kondíciók érvényesülését írásos taktikai utasításokkal biztosítottuk; támadó helyzetben a pontok aktív befejezése, védekező helyzetben pedig a saját hibák minimalizálása volt a feladat. A pályán történő mozgások rögzítésére GNSS alapú mikroszenzorokat (Catapult OptimEye S5, Catapult Innovations, Ausztrália, Melbourne) alkalmaztunk, amelyek 10 Hz-es mintavételezési frekvenciával dolgoztak, kiegészülve egy 100 Hz-en működő háromtengelyű piezoelektromos gyorsulásmérővel, giroszkóppal és magnetométerrel. Az eszközt neoprén mellényben a lapockák között rögzítettük, és a mérések során végig ugyanazt a szenzort rendeltük ugyanahhoz a játékoshoz az inter-eszköz variabilitás kiküszöbölésére. A külső terhelés jellemzésére a PlayerLoad™ (PL) integrált mutatót használtuk, amely a minden irányba végzett gyorsulások összességét méri, és a sportolót ért neuromuszkuláris terhelést jellemzi mértékegység nélküli egységekben (Arbitrary Unit, AU). Emellett az inerciális mozgáselemzés (Inertial Movement Analysis, IMA) segítségével vizsgáltuk az irányváltások számát alacsony és magas intenzitási zónákban, ahol a magas intenzitást a  $2,5 \text{ m/s}^2$  feletti értékek jelentették, az alacsonyt pedig a  $2,5 \text{ m/s}^2$  alatti eredmények.

Az ütési aktivitások mérésére a teniszütőre felszerelhető okosszenzorokat (Zepp Tennis 2.2.1, Zepp Labs, USA, San Jose, CA) alkalmaztunk, amelyeket a gyártó által biztosított flex-mount adapterrel rögzítettünk az ütők végére. Ez a rendszer gyorsulásmérő és giroszkóp segítségével rögzítette a tenyeres és fonák ütések sebességét kilométer per órában, valamint a pörgetési rátát percenkénti fordulatszámban kifejezve. A szenzorok Bluetooth-on keresztül kapcsolódtak különálló okostelefonokhoz az interferencia elkerülése érdekében, az adatokat pedig a szenzorhoz tartozó mobilalkalmazásban (Zepp Tennis, Zepp Inc., USA, Milpitas, CA)

rögzítettük. A belső terhelés meghatározásához a mérkőzések után közvetlenül a Borg-féle CR-10 skálát alkalmaztuk, ahol a játékosok a 0-tól 10-ig terjedő Likert-skálán értékelték az átélt erőfeszítés nagyságát (Rating of Perceived Exertion, RPE) a „*Mennyire volt megterhelő a mérkőzés?*” kérdésre válaszolva (Murphy és mtsai., 2014). Az így nyert adatokat Catapult OpenField szoftverrel (v1.22.2; Catapult Innovations, Ausztrália, Melbourne) és Excel táblázatok (Microsoft Excel, 16.49, Microsoft Inc., USA, Washington, DA) segítségével dolgoztuk fel a későbbi statisztikai elemzésekhez.

### **3.2. A támadó alapvonal és védekező alapvonal játéktílusok, és a mérkőzések győztesének és vesztesének összehasonlító vizsgálata**

A disszertációm második vizsgálata szintén egy keresztmetszeti kutatás volt, amely az első szakasztól eltérően már „nyílt” körülmények között zajló szimulált mérkőzésekre épült. A „nyílt” kifejezés alatt azt értjük, hogy a teniszezők korlátozás nélkül, a saját egyéni stílusuknak megfelelően játszhatták végig az összes mérkőzést, ellentétben az első vizsgálattal, ahol meg volt számukra határozva az alkalmazandó stratégia. Ennél a vizsgálatnál a fő cél az volt, hogy azonosítsuk a különbségeket a két leggyakrabban használt játéktílus, a támadó alapvonal és a védekező alapvonal játékosok, valamint a mérkőzések győztesei és vesztesei között a futási aktivitások és a belső edzésterhelés viszonylatában. Mindemellett stílustól függetlenül meg kívántuk határozni a legjellemzőbb aktivitási profilokat ebben az elit utánpótlás korosztályban. A kutatás 2024 decemberének elején zajlott, fedett salakos teniszpályán, ellenőrzött környezeti tényezők mellett (hőmérséklet: 18,0-19,5 °C; relatív páratartalom: 45-51%; Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker, Nielsen Kellerman, USA, Boothwyn, PA). A vizsgálatban 16 elit korosztályos férfi teniszező szerepelt egy azonos fővárosi egyesületből (naptári életkor:  $16,0 \pm 1,1$  év; testmagasság:  $179,2 \pm 9,9$  cm; testtömeg:  $67,0 \pm 10,4$  kg), akiket szakmai mintavétellel választottunk ki. A beválasztási kritériumok a következők voltak: (i) U16-U18-as korosztályba tartozó férfi játékosok, (ii) magyar nemzeti korosztályos ranglista  $\leq 30$ , (iii) támadó alapvonal- vagy védekező alapvonal játékos. A kizárási kritériumok pedig az alábbiak voltak: (i) sérüléssel/betegséggel szenved, (ii) ortopédiai műtét az elmúlt 12 hónapban, (iii) magas-intenzitású edzésen részvétel az előző 48 órában. A játéktílusok szerinti besorolás egy korábban validált protokoll alapján történt (Pokharel és Zhu, 2021), amelyben a játékosok és edzőik egymástól függetlenül azonosították a stílust; amennyiben a két választás eltért, egy második szakértő edző hozta meg a végső döntést. A folyamat végén 9 támadó és 7 védekező alapvonal játékos került a mintába. A résztvevők átlagosan heti  $11,2 \pm 1,0$  tenisz- és  $3,5 \pm 0,5$

erőnléti edzésen vettek részt, a szezon során pedig átlagosan  $24,3 \pm 4,1$  versenyen indultak. A vizsgálat előtt a teniszezőket és a törvényes képviselőiket részletesen tájékoztattuk a kutatás menetéről, majd az írásos beleegyezésüket is kértük. A vizsgálatot a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Tudományos és Kutatásetikai Bizottsága hagyta jóvá (jóváhagyási szám: TE-KEB/02/2022; jóváhagyás dátuma: 2022. február 6.) és megfelelt a Helsink Dekrétum humán vizsgálatokra vonatkozó előírásainak.

A mérési protokoll három napot ölelt fel, melynek során minden résztvevő három szimulált mérkőzést játszott a tudásszintje alapján kialakított négyfős csoportokban, biztosítva a magas színvonalú mérkőzéseket. Összesen 24 szimulált mérkőzés zajlott le, melyek egyenként 30 percig tartottak az ITF hivatalos szabályai szerint, vadonatúj Slazenger Ultra Vis labdákkal. Az aktivitási profilok rögzítéséhez a pálya szélén elhelyezett videokamerákat alkalmaztunk 60 képkocka/másodperc sebességgel (GoPro, Hero10 Black, GoPro Inc., USA, San Mateo, CA), a pálya szélén 6 méter magasságban elhelyezve. A videófelveteleket Kinovea 0.8.15 szoftverrel elemezte egy ITF minősített szakember, rögzítve a labdamenetek számát (number of rallies, NR), az ütésszámot (strokes per rally, SPR), a labdamenetek időtartamát (duration of the rallies, DR), a pihenőidőket (rest time between rallies, RT) és az effektív játékidőt (effective playing time, EPT). Emellett differenciáltuk a labdameneteket hosszuk szerint: 0-4 ütéses, 5-8 ütéses és 9 feletti ütéses kategóriákra. A mozgásos aktivitás mérésére hordozható mikroszenzorokat (Catapult Vector S7, Catapult Innovations, Ausztrália, Melbourne) alkalmaztunk, amelyek 10 Hz-es GNSS és 100 Hz-en működő inerciális mérőegységgel (Inertial Measurement Unit, IMU) rendelkeztek. Az eszközöket neoprén mellényben rögzítettük a lapockák között, és minden játékos ugyanazt a szenzort viselte a teljes vizsgálat alatt.

A Catapult szenzor gépi tanulási modellje segítségével összesen 14 futási és ütési mutatót vizsgáltunk. Az ütésalapú PlayerLoad™ (stroke-based PlayerLoad™, sPL) mutató tartalmazta a tenyeres (forehand stroke load, FHSL), fonák (backhand stroke load, BHSL), adogatás (serve load, SL) és egyéb ütések (other stroke load, OSL) terhelését. Az „egyéb ütés” kategóriába a hálónál végzett röpték és a kiszorított helyzetű ütések tartoztak. Ezzel párhuzamosan mértük a mozgásalapú PlayerLoad™ (movement-based PlayerLoad™, mPL) értéket, amely négy kategóriára osztja a mozgásokat: alacsony intenzitású (low-intensity load, LIL), figyelmeztetési (alert load, AL), dinamikus (dynamic load, DL) és futó terhelés (running load, RL). A teljes körű külső terhelést az összes tenisz-specifikus terhelési változó (total tennis load, TTL) adta meg. Az inerciális mozgáselemzés (IMA) segítségével vizsgáltuk a magas intenzitású gyorsulásokat (high-intensity accelerations, HiA), lassulásokat (high-intensity

decelerations, HiD) és irányváltásokat (high-intensity change-of-directions, HiCoD), ahol a küszöbértékeket  $2 \text{ m/s}^2$  felett határoztuk meg, egy óra-alapú modell segítségével elkülönítve az irányokat (Galé-Ansodi és mtsai., 2019). A belső edzésterhelés meghatározására a Borg-féle CR-10 skálát használtuk az előző vizsgálathoz hasonlóan (Murphy és mtsai., 2014), ahol a játékosok tíz perccel a mérkőzések után értékelték az átélt erőfeszítés nagyságát (RPE). Az így nyert adatokat Catapult OpenField szoftverrel (v1.22.2; Catapult Innovations, Ausztrália, Melbourne) és Excel táblázatok (Microsoft Excel, 16.49, Microsoft Inc., USA, Washington, DA) segítségével dolgoztuk fel a későbbi statisztikai elemzésekhez.

### 3.3. Statisztikai számítások

A statisztikai elemzéseket az SPSS Statistics szoftverrel végeztük (20.0 verzió, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Mindkét vizsgálat esetében az adatok eloszlását első lépésben normalitásvizsgálatnak vetettük alá. Ennek során a Shapiro–Wilk-próbát alkalmaztuk, amely kis és közepes elemszámú minták esetében megfelelő statisztikai erővel rendelkezik, továbbá figyelembe vettük a ferdeség és csúcsosság értékeit, valamint az eloszlások vizuális ellenőrzését hisztogramok és Q-Q plotok segítségével. A normalitás megítélése nem egyetlen kritérium alapján történt, hanem a statisztikai próbák és a grafikus módszerek együttes értelmezésével. Mivel egyik függő változó sem mutatott normális eloszlást egyik vizsgálat adatainál sem, a további elemzésekhez nem-paraméteres statisztikai eljárásokat alkalmaztunk. Az első vizsgálatban a támadó (offenzív) és védekező (defenzív) stratégiai kondíciók közötti különbségek meghatározására Wilcoxon-féle előjeles rang-tesztet használtunk. A második vizsgálatban a győztes és vesztes mérkőzés-kondíciók összehasonlításához szintén Wilcoxon-tesztet alkalmaztunk, míg az egymástól független játéktípus-csoportok (támadó alapvonal vs. védekező alapvonal) közötti különbségek vizsgálatára Mann–Whitney U-tesztet végeztünk. A második vizsgálat során a futási aktivitások és a belső edzésterhelés (RPE) változók interindividuais variabilitását a különböző játéktípusok, valamint a győztes és vesztes mérkőzések összehasonlításában a variációs együttható (CV) segítségével számszerűsítettük. Emellett a szimulált mérkőzések aktivitási profiljait leíró statisztika alkalmazásával jellemeztük, az ütési aktivitások és az idődimenziók figyelembevételével. A statisztikai eredmények gyakorlati jelentőségének értelmezésére minden összehasonlítás esetében hatásméreteket (effect size, ES) számítottunk. A nem-parametrikus próbák esetében az  $r$ -alapú hatásméretet alkalmaztuk ( $r = Z/\sqrt{N}$ ), amely lehetővé teszi az eltérések nagyságának összehasonlítható értelmezését. Az effect size értékeket Cohen (1992) ajánlásai alapján az

alábbiak szerint értelmeztük: nagyon kicsi ( $<0,1$ ), kicsi ( $0,1-0,3$ ), közepes ( $0,3-0,5$ ) és nagy ( $>0,5$ ). A statisztikai szignifikancia szintet  $p < 0,05$ -nél határoztuk meg.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. A támadó (offenzív) és védekező (defenzív) játékstratégiák összehasonlító vizsgálata

A futási aktivitások tekintetében statisztikailag szignifikáns különbség mutatkozott nagy hatásnagysággal az offenzív és a defenzív játékstratégiák között a PlayerLoad™ ( $T = 0,0$ ;  $Z = 2,201$ ;  $p = 0,031$ ;  $r = 0,90$ ; nagy ES), valamint az alacsony-intenzitású ( $< 2,5 \text{ m/s}^2$ ) jobbra történő irányváltás ( $T = 0,0$ ;  $Z = 2,201$ ;  $p = 0,031$ ;  $r = 0,90$ ; nagy ES). Nem volt kimutatható szignifikáns különbség a két kondíció között az alacsony-intenzitású ( $< 2,5 \text{ m/s}^2$ ) balra történő irányváltás ( $T = 2,0$ ;  $Z = 1,782$ ;  $p = 0,090$ ;  $r = 0,73$ ; nagy ES), a magas-intenzitású ( $\geq 2,5 \text{ m/s}^2$ ) jobbra történő irányváltás ( $T = 3,0$ ;  $Z = 1,572$ ;  $p = 0,140$ ;  $r = 0,64$ ; nagy ES), valamint a magas-intenzitású ( $\geq 2,5 \text{ m/s}^2$ ) balra történő irányváltás ( $T = 12,0$ ;  $Z = 1,214$ ;  $p = 0,279$ ;  $r = 0,50$ ; közepes ES) futási paraméterek esetében.

A tenisz ütési aktivitások vonatkozásában statisztikailag szignifikáns különbség jelentkezett nagy hatásnagysággal a támadó és a védekező stratégiai feltételek között a tenyeres pörgetés ( $T = 0,0$ ;  $Z = 2,201$ ;  $p = 0,031$ ;  $r = 0,90$ ; nagy ES), illetve a fonák pörgetés ( $T = 0,0$ ;  $Z = 2,201$ ;  $p = 0,031$ ;  $r = 0,90$ ; nagy ES) esetében. Ezzel szemben nem volt szignifikáns különbség a tenyeres ütési sebesség ( $T = 6,0$ ;  $Z = 0,365$ ;  $p = 0,855$ ;  $r = 0,15$ ; kicsi ES) és a fonák ütési sebesség ( $T = 16,0$ ;  $Z = 1,153$ ;  $p = 0,313$ ;  $r = 0,47$ ; közepes ES) között.

A belső edzésterhelés vizsgálatok az RPE változó esetében nem volt kimutatható statisztikailag szignifikáns különbség a két játékstratégiai kondíció között ( $T = 1,5$ ;  $Z = 1,633$ ;  $p = 0,102$ ;  $r = 0,67$ ; nagy ES).

### 4.2. A támadó alapvonal és a védekező alapvonal játéktípusok, és a mérkőzések győztesének és vesztesének összehasonlító vizsgálata

#### 4.2.1. Játéktípusok

A labdamenetenkénti ütések számát vizsgálva a 0-4 ütéses menetek fordultak elő a legnagyobb arányban ( $67,84 \pm 5,73$ ), majd ezt követte az 5-8 ütéses menetek ( $22,83 \pm 6,08$ ), végül pedig a 9+ ütéses labdamenetek ( $8,63 \pm 4,49$ ). Az egyes labdamenetek átlagosan  $7,15 \pm 1,04$  másodpercig tartottak, átlagosan  $23,84 \pm 2,15$  másodperces pihenőidővel, amely azt

jelentette, hogy az effektív játékidő  $20,61 \pm 3,23\%$ -ra jött ki a szimulált mérkőzéseken. A futási aktivitások tekintetében a támadó alapvonal játékosok statisztikailag szignifikánsan több magas-intenzitású ( $\leq -2 \text{ m/s}^2$ ) lassulást ( $U = 268$ ;  $Z = -2,435$ ;  $p = 0,015$ ;  $r = 0,35$ ; közepes ES) és egyéb ütési terhelést ( $U = 158$ ;  $Z = -2,628$ ;  $p = 0,009$ ;  $r = 0,38$ ; közepes ES) hajtottak végre közepes hatásmagysággal, mint a védekező társaik. Nem mutatkozott szignifikáns különbség a két stílus mérkőzései között egyéb, magas-intenzitású mikromozgások paraméterei esetében, mint például a magas-intenzitású ( $\geq 2 \text{ m/s}^2$ ) gyorsulások ( $U = 268$ ;  $Z = -0,322$ ;  $p = 0,747$ ;  $r = 0,05$ ; nagyon kicsi ES) és a magas-intenzitású ( $\geq 2 \text{ m/s}^2$ ) irányváltások ( $U = 263$ ;  $Z = -0,426$ ;  $p = 0,670$ ;  $r = 0,06$ ; nagyon kicsi ES) előfordulása között. Az IMU szenzor által mért tenisz-specifikus mozgásalapú PlayerLoad™ értékben ( $U = 254$ ;  $Z = -0,624$ ;  $p = 0,533$ ;  $r = 0,09$ ; nagyon kicsi ES) sem volt tapasztalható statisztikailag szignifikáns különbség a két stílus között. Az ezt a PlayerLoad™ paramétert kiadó alacsony-intenzitású terhelés ( $U = 266$ ;  $Z = -0,366$ ;  $p = 0,714$ ;  $r = 0,05$ ; nagyon kicsi ES), figyelmeztetési terhelés ( $U = 201$ ;  $Z = -1,731$ ;  $p = 0,084$ ;  $r = 0,25$ ; kicsi ES), dinamikus terhelés ( $U = 266$ ;  $Z = -0,364$ ;  $p = 0,716$ ;  $r = 0,09$ ; nagyon kicsi ES) és futó terhelés ( $U = 247$ ;  $Z = -0,770$ ;  $p = 0,442$ ;  $r = 0,11$ ; kicsi ES) változóiban szintén nem mutatkozott szignifikáns különbség a támadó és védekező stílusok között.

Mindezekhez hasonlóan az ütésalapú PlayerLoad™ értékben ( $U = 252$ ;  $Z = -0,665$ ;  $p = 0,506$ ;  $r = 0,10$ ; kicsi ES) szintén nem volt szignifikáns eltérés a két kondíció tekintetében. Ezen PlayerLoad™ változót kiadó tenyeres ütés terhelés ( $U = 219$ ;  $Z = -1,354$ ;  $p = 0,176$ ;  $r = 0,20$ ; kicsi ES), fonák ütés terhelés ( $U = 221$ ;  $Z = -1,300$ ;  $p = 0,194$ ;  $r = 0,19$ ; kicsi ES), és adogatás terhelés ( $U = 194$ ;  $Z = -1,862$ ;  $p = 0,063$ ;  $r = 0,27$ ; kicsi ES) mutatókban sem volt differencia. Nem utolsósorban pedig a mozgásalapú- és az ütésalapú PlayerLoad™ csoportosított változók összegében, tehát az összes tenisz-specifikus terhelésben ( $U = 280$ ;  $Z = -0,083$ ;  $p = 0,934$ ;  $r = 0,01$ ; nagyon kicsi ES) sem volt jelentős eltérés.

A belső edzésterhelésnél az RPE paraméter esetében nem volt kimutatható statisztikailag szignifikáns különbség a támadó és védekező stílusok szerint játszó teniszezők között ( $U = 277$ ;  $Z = -0,137$ ;  $p = 0,891$ ;  $r = 0,02$ ; nagyon kicsi ES).

#### 4.2.2. Mérkőzések kimenetele

A mérkőzés kimenetele szempontjából a futási aktivitások közül csak a futás terhelés változóiban ( $T = 29,0$ ;  $Z = -2,471$ ;  $p = 0,013$ ;  $r = 0,50$ ; közepes ES) volt tapasztalható statisztikailag szignifikáns különbség közepes hatásmagysággal a mérkőzések győztesei javára.

Az IMA alapú magas-intenzitású mikromozgásoknál a magas-intenzitású ( $\geq 2 \text{ m/s}^2$ ) gyorsulások ( $T = 85,5$ ;  $Z = -1,597$ ;  $p = 0,110$ ;  $r = 0,33$ ; közepes ES), a magas-intenzitású ( $\leq -2 \text{ m/s}^2$ ) lassulások ( $T = 76,0$ ;  $Z = -1,084$ ;  $p = 0,278$ ;  $r = 0,22$ ; kicsi ES), és a magas-intenzitású ( $\geq 2 \text{ m/s}^2$ ) irányváltások ( $T = 130,0$ ;  $Z = -0,243$ ;  $p = 0,808$ ;  $r = 0,05$ ; nagyon kicsi ES) számában nem volt jelentős különbség a győztes és a vesztes játékosok között. Hasonlóképpen a játéktílusok összehasonlításához, a tenisz-specifikus mozgásalapú PlayerLoad™ értékeknél ( $T = 110,5$ ;  $Z = -0,174$ ;  $p = 0,862$ ;  $r = 0,04$ ; nagyon kicsi ES) itt sem volt tapasztalható statisztikailag szignifikáns különbség a mérkőzések kimenetelében. Ezen PlayerLoad™ paramétert kiadó alacsony-intenzitású terhelés ( $T = 124,5$ ;  $Z = -0,411$ ;  $p = 0,681$ ;  $r = 0,08$ ; nagyon kicsi ES), figyelmeztetési terhelés ( $T = 101,5$ ;  $Z = -1,112$ ;  $p = 0,266$ ;  $r = 0,23$ ; kicsi ES), és dinamikus terhelés ( $T = 135,5$ ;  $Z = -0,076$ ;  $p = 0,939$ ;  $r = 0,02$ ; nagyon kicsi ES) paraméterek esetében sem volt jelentős különbség. Az összegzett ütéalapú PlayerLoad™ eredményében ( $T = 135,5$ ;  $Z = -0,076$ ;  $p = 0,939$ ;  $r = 0,02$ ; nagyon kicsi ES) a mozgásalapúhoz hasonlóan szintén nem jött létre szignifikáns eltérés a két kontextus között. Az ezt felépítő tenyeres ütés terhelés ( $T = 106,5$ ;  $Z = -0,650$ ;  $p = 0,516$ ;  $r = 0,13$ ; kicsi ES), fonák ütés terhelés ( $T = 137,0$ ;  $Z = -0,030$ ;  $p = 0,976$ ;  $r = 0,00$ ; nagyon kicsi ES), adogatás terhelés ( $T = 135,0$ ;  $Z = -0,091$ ;  $p = 0,927$ ;  $r = 0,02$ ; nagyon kicsi ES), és egyéb ütés terhelés ( $T = 71,0$ ;  $Z = -1,274$ ;  $p = 0,203$ ;  $r = 0,26$ ; kicsi ES) mutatóknál sem volt jelentős differencia. Legvégül pedig a mindezeket összesítő összes tenisz-specifikus terhelés paraméter ( $T = 126,0$ ;  $Z = -0,365$ ;  $p = 0,715$ ;  $r = 0,07$ ; nagyon kicsi ES) esetében szintén nem jött létre szignifikáns különbség a mérkőzések győztesei és vesztesei között.

Az eddigi eredményekkel ellentétben a belső edzésterhelés esetében az RPE paraméternél statisztikailag szignifikáns különbség mutatkozott nagy hatásnagysággal a győztes és vesztes mérkőzések között ( $T = 3,5$ ;  $Z = -3,815$ ;  $p = 0,000$ ;  $r = 0,79$ ; nagy ES) a vesztes mérkőzés kondíciók javára.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

A doktori kutatásom első vizsgálatának eredményei rávilágítottak arra, hogy az elit utánpótláskorú férfi teniszezők esetében a stratégiai kondíciók - az offenzív és defenzív játékhelyzetek - alapvetően meghatározzák a sportolók fizikai és technikai profilját. Megállapítható, hogy a stratégiai elvek változása eltérő terhelési válaszokat vált ki, amit az edzőmunkában is figyelembe kell venni, hiszen az integrált monitorozás segítségével láthatóvá válik, hogy a taktikai alapelvek más-más terhelési mintázatokat hoznak létre (Tóth és mtsai.,

2025b). Az eredmények igazolták, hogy a defenzív stratégia alkalmazásakor a játékosok szignifikánsan magasabb PlayerLoad™ értékeket értek el, ami a három mozgássíkban mért összegzett neuromuszkuláris terhelés növekedését jelzi (Cormack és mtsai., 2013). Ez alátámasztja azt az edzői tapasztalatot, miszerint a védekező stratégia elsődleges célja az ellenfél hibára kényszerítése a biztonság és a kitartás elvének (Halmos, 1983) betartása mellett, ami kényszerűen több futással és a háromdimenziós gyorsulási képesség fokozott igénybevételével jár (Pozsonyi és Schandl, 2019). Ebben a kontextusban a játékosok elsősorban a hátsó, defenzív pályazónában tartózkodnak (Tiley, 2002), és a semleges vagy védekező játékfázisokban töltenek több időt (ITF, 1991). **Ezek alapján az első hipotézisünket (H<sub>1/1</sub>), mely szerint a defenzív kondíció magasabb PlayerLoad™ értékeket és több gyorsulást eredményez mindhárom mozgássíkban, bizonyítottnak tekintjük.**

A futási aktivitások mélyebb elemzése során kiderült, hogy a defenzív helyzetben a jobb oldalra történő alacsony intenzitású ( $< 2,5 \text{ m/s}^2$ ) irányváltások száma is szignifikánsan megemelkedett. Ez azzal magyarázható, hogy a hosszabb labdamenetek során a modern teniszben a játékosok preferálják a tenyeresést, amihez specifikus lábmunka és irányváltás szükséges. Ezzel szemben az offenzív stratégia során, bár a bal oldalra történő magas intenzitású irányváltások száma nagy hatásmérettel jelentkezett - utalva a pályán belüli agresszív pozíciószerezésre (ITF, 1991) -, az összterhelés kisebb maradt. Ez egyértelműen a magasabb terhelés/pihenési aránnyal és a kevesebb effektív játékidővel magyarázható (Hoppe és mtsai., 2019, 2020). **A második hipotézisünk (H<sub>1/2</sub>), amely minden irányba és intenzitási zónába több irányváltást jósolt a defenzív szakaszban, így csak részben igazolódott be.**

A technikai paraméterek vizsgálata megerősítette, hogy a taktikai kényszer elsőként az ütéskivitelezésre van hatással, amit a mozgásos, majd a belső terhelési válaszok követnek (Martínez-Gallego és mtsai., 2013; Murphy és mtsai., 2016). A defenzív szituációkban mért szignifikánsan magasabb pörgetési szám mind tenyeres, mind fonák oldalon azt a célt szolgálja, hogy a játékos mélyebb, biztonságosabb ütéseivel hátraszorítsa ellenfelét, időt nyerve a saját pozíciójának visszaállítására (Crespo és Reid, 2009). Érdekes módon az átlagos ütési sebességben nem mutatkozott szignifikáns eltérés a stratégiák között, ami ellentmond egyes korábbi, nem elit vagy női mintán végzett kutatásoknak (Hoppe és mtsai., 2019, 2020). Ez arra utal, hogy ezen a szinten a férfi játékosok a sebességet a védekező fázisban is igyekeznek magasan tartani, és a stratégiai különbség inkább a labda ívében és pörgésében nyilvánul meg. **A harmadik hipotézisünket (H<sub>1/3</sub>), miszerint a defenzív helyzetben nagyobb a pörgetés, de az ütési sebesség nem változik jelentősen, bizonyítottnak tekintjük.**

Végezetül a belső edzésterhelés elemzésekor az RPE értékek (5,3–6,7 között) megfeleltek a nemzetközi szakirodalomban leírt mérközésértékeknek (Gomes és mtsai., 2011). Bár a defenzív játék során a játékosok szubjektíven nagyobb fáradtságot jeleztek, a statisztikai elemzés nem mutatott ki szignifikáns különbséget, ami összhangban van Hoppe és munkatársai (2020) megállapításaival. Úgy tűnik, hogy az átélt erőfeszítés nagysága (Borg, 1970) ezen a szinten és ilyen időtartam mellett nem válik el élesen a stratégiai célok mentén, még akkor sem, ha a defenzív stílus magasabb effektív játékidőt és több mikromozgást igényel (Bernardi és mtsai., 1998). **Ennek következtében a negyedik hipotézisünket ( $H_{1/4}$ ), amely szignifikánsan magasabb belső terhelést feltételezett a defenzív stratégiánál, el kell vetnünk.** Összességében a vizsgálat igazolta, hogy a stratégiaváltás elit férfi teniszezőknél elsősorban a technikai pörgetési mutatókra és a három mozgássíkban történő gyorsulások (PlayerLoad™) terjedelmi értékeire gyakorol döntő hatást.

A doktori kutatásom második szakaszában a hangsúly a „zárt” stratégiai kondíciókról a „nyílt” körülmények között zajló, egyéni játéktílusok által dominált mérközésszituációkra helyeződött át. Ebben a kontextusban a cél a támadó és védekező alapvonal játéktílusok, valamint a mérközésekimenetel (győztes vs. vesztes) közötti mechanikai és szubjektív terhelésbeli differenciák azonosítása volt. Az aktivitási profilok alapos elemzése során megállapítottuk, hogy a labdamenetek átlagos időtartama  $7,15 \pm 1,04$  másodperc (Kovacs, 2007), az effektív játékidő pedig  $20,61 \pm 3,23\%$  volt, ami megerősíti, hogy a teniszben a tényleges munkaidő a teljes mérközésidőnek csupán töredékét teszi ki (Bergeron és mtsai., 1991; König és mtsai., 2001). Kiemelendő, hogy a mérközések  $67,84 \pm 5,73\%$ -át a 0-4 ütések labdamenetek alkották, ami rávilágít az első ütések (adogatás és adogatás-fogadás) és az azt követő első labdaérintés meghatározó szerepére (Torres-Luque és mtsai., 2011; Fitzpatrick és mtsai., 2021). Az elit junioroknál az adogatás sebessége szoros korrelációt mutat a felsőtest és a felső végtagok robbanékonyságával (Ulbricht és mtsai., 2013; Dobos és Tóth, 2021), ahol a kinetikus lánc utolsó elemeként a csukló hajlító izmok mozgáskontrollja (MVC és RFD) válik kritikussá a találati pontnál (Elliott, 2003; Dobos és mtsai., 2024). Ezen motorikus képességek célirányos fejlesztése, különösen a plyometrikus módszerekkel, elengedhetetlen a modern, agresszív játéktílus kialakításához (Colomar és mtsai., 2022).

A játéktílusok összehasonlítása során nyert adatok rácsáfoltak több hagyományos edzői vélekedésre. Megállapítottuk, hogy a támadó alapvonal játékosok szignifikánsan több magas-intenzitású ( $\leq -2,5 \text{ m/s}^2$ ) lassulást (HiD) és egyéb ütési terhelést (OSL) produkáltak, mint védekező társaik. Ez azzal magyarázható, hogy a támadó stílus képviselői gyakrabban dominálnak a középső pályázónából, és törekednek a pontok hálójánál történő befejezésére. Ezek

a taktikai megoldások intenzív felgyorsulásokat, majd a precíz ütéskivitelezés érdekében hirtelen lassulásokat igényelnek a szagittális síkban. A lassulási képesség (HiD) fejlesztése - amely a dinamikus egyensúlyra, az excentrikus és reaktív erőre épül (Young és Farrow, 2006) - tehát kulcsfontosságú a támadó játékosoknál a sérülésmegelőzés és a találati pont stabilitása szempontjából (Kovacs és mtsai., 2008). Ezzel szemben a védekező játékosoknál, akik a labdamentek meghosszabbítására törekszenek a hátsó zónából, az erő-állóképesség és a pörgetett ütések alkalmazása az elsődleges prioritás (Sandford és mtsai., 2019; Tóth és mtsai., 2025a). **Ezen eredmények tükrében a játéktílusokra vonatkozó első hipotézisünket ( $H_{2/1}$ ) el kellett vetnünk, mivel a mechanikai terhelés bizonyos mutatói a támadóknál voltak magasabbak. A második hipotézisünket ( $H_{2/2}$ ) szintén elvetettük, mivel az RPE értékekben nem mutatkozott szignifikáns stílusfüggő eltérés, ami a játékfázisok (támadó, védekező, semleges) mérkőzés közbeni folyamatos váltakozásának tudható be.**

A mérkőzésekimenetel elemzése során kiderült, hogy a győztesek szignifikánsan magasabb futás terhelési (RL) értéket értek el, ami a lineárisabb, agresszívabb pályapozíció-szerzéssel és a háléhoz való gyakori felfutással korrelál. Bár a teniszmozgások 70%-a laterális (Weber és mtsai., 2007), a sikeresség szempontjából a 0-10 méteres korai gyorsulási fázis (lineáris sprint) hatékonysága is meghatározó, különösen a csípőfeszítő izmok horizontális erő kifejtése révén (Jiménez-Reyes és Morin, 2022). Érdekes módon a magas-intenzitású mikromozgások (gyorsulás, lassulás, irányváltás) számában nem volt különbség a kimenetel függvényében, ami megerősíti, hogy a siker nem csupán a mozgás mennyiségén, hanem a technikai-taktikai precizitáson és a környezeti kontextushoz való alkalmazkodáson alapul (Reid és mtsai., 2007; Tóth és mtsai., 2021a). A kutatások rávilágítanak, hogy a futóteljesítmény gyakran a taktikából fakadó „hozadék”, és nem önmagában vett sikerindikátor (Allen és mtsai., 2025; Oliva-Lozano és mtsai., 2023). **Ennek megfelelően a harmadik hipotézist ( $H_{2/3}$ ), mely a vesztesek magasabb külső terhelését jósolta, el kellett vetnünk.**

Végezetül, a belső edzésterhelés (RPE) vizsgálata során megállapítottuk, hogy a vesztesek szignifikánsan magasabb szubjektív fáradtságot jeleztek nagy hatásnagysággal. Mivel a fizikai munka mennyisége (PlayerLoad™) nem indokolta ezt az eltérést, a következtetésünk szerint a vereség pszichológiai terhe, a frusztráció, a kognitív szorongás és az ezzel járó kortizolszint-emelkedés áll a háttérben (Fernandez-Fernandez és mtsai., 2015; Harris és mtsai., 2021). Ez az eredmény gyakorlati szempontból azért fontos, mert rávilágít, hogy az elit junioroknál az RPE nem csupán a mechanikai munka, hanem a mentális állapot és a mérkőzés érzelmi kimenetelének hű tükré is (Ding és mtsai., 2024). **A negyedik hipotézist ( $H_{2/4}$ ) tehát bizonyítottnak tekintjük. Összességében a vizsgálat igazolta, hogy a sikeresség a**

modern utánpótlás teniszben a technikai-taktikai hatékonyság, a specifikus mechanikai képességek (pl. lassulás) és a pszichológiai kontroll integrációján alapul.

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy bár a játéktílusok között nincsenek minden mutatóra kiterjedő, éles különbségek a külső edzésterhelésben, a modern tenisz megköveteli a különböző játékfázisok rugalmas variálását. A gyakorlati tanácsok elsősorban az elit, homogén utánpótlás korosztályra érvényesek, ahol a támadóbb jellegű játéktílus ösztönzése a sikeresség egyik kulcsa. A játékosok fizikai képességeinek fejlesztését minden esetben a választott játéktílus figyelembevételével kell megtervezni. A védekező stratégiát alkalmazó játékosok esetében a hosszabb labdamenetek és a három mozgástengely körüli fokozott gyorsulási igény miatt mind az aerob, mind az anaerob-laktacid kapacitás fejlesztése kritikus. Ezzel szemben a támadó stílusú játékosoknál a rövid, robbanékony mozdulatok és a magas intenzitású lassulások (HiD) dominálnak, így náluk az anaerob-alaktacid képességek és az excentrikus erő szerepe hangsúlyosabb. Ezt a stílus-specifikus kondicionális fejlesztést elsősorban a felkészülési időszak speciális fázisában javasolt alkalmazni, míg a versenyszezonban egy holisztikusabb, a játékos egyéni gyengeségeire fókuszáló megközelítés ajánlott. Női teniszezők esetében – az általánosan hosszabb labdamenetek miatt – a felkészülés során még nagyobb hangsúlyt kell fektetni az anaerob-laktacid állóképességre.

Az energiarendszerek hatékony fejlesztéséhez javasolt a sportolók differenciált csoportosítása a sebességtartalék arány (Speed Reserve Ratio, SRR) mutató alapján. Ez a mutató, amely a maximális sprintsebesség (MSS) és a maximális aerob sebesség (MAS) hányadosa, segít meghatározni, hogy a játékosnak állóképesség-alapú vagy sprint-alapú magas intenzitású intervall edzésre (HIIT) van-e szüksége (Sandford és mtsai., 2019; Hattler és mtsai., 2022). A gyakorlatban a védekező alapvonal játékosok SRR értéke jellemzően 1,66 alatt marad, míg a támadó játékosoknál ez 1,66 és 1,77 közé esik, a szerva-röpte specialistáknál pedig meghaladhatja az 1,89-et (Parkes és mtsai., 2022). Ezen értékek ismeretében az edzők hajszálpontosan kalibrálhatják a pályán végzett állóképességi munkát.

A kutatás egyik legfontosabb módszertani üzenete, hogy az edzőknek és sporttudományi szakembereknek a futóteljesítmény mellett – amely ma már alapkövetelmény, de nem kizárólagos döntő tényező – sokkal nagyobb hangsúlyt kell fektetniük az ütésekkel kapcsolatos technikai-taktikai mutatók és a mechanikai terhelés folyamatos monitorozására. Az olyan paraméterek, mint a tenisz-specifikus PlayerLoad™, a magas intenzitású lassulások (HiD) és az RPE értékek integrált kezelése révén a túlterhelés és a sérülésveszély jelentősen mérsékelhető. Erre nyújt kiváló keretet az Akut:Krónikus Terhelési Arány (ACWR) modell (Gabbett, 2016), amely az utolsó egy hét edzőmunkáját veti össze az előző egy hónap

átlagával. A teniszben a „sweet spot” (0,8 és 1,3 közötti arány) megtartása minimalizálja a lágyszövet-sérülések kockázatát (Blanch és Gabbett, 2016).

A technológiai fejlődés új távlatokat nyit: 2024 júliusától az ATP Tour és a Challenger versenyek hivatalosan is engedélyezték az EPTS rendszereket, így a Catapult mikroszenzorok használatát (ATP, 2024). Ez lehetővé teszi, hogy a szakemberek a hivatalos mérkőzések valós terhelési profiljait felhasználva tervezzék meg az edzéseket. Az ütésszám és a PlayerLoad™ ACWR modellbe illesztése nemcsak a sérülésmegelőzésben segít, hanem kvantitatív módon teszi lehetővé a játékosok felkészítését a mérkőzések tényleges fizikai követelményeire. A jövőben a taktikai videóelemzéseket és a mérkőzésstatisztikai mutatókat integráltan kell kezelni a terhelési adatokkal, hiszen a fizikai teljesítményt mindig az adott taktikai kontextus határozza meg. Ezen objektív mérési protokollok hazai adaptációja kulcsfontosságú a magyar elit utánpótlás nemzetközi versenyképességének megőrzéséhez és fejlesztéséhez.

## 6. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

### Disszertációhoz kapcsolódó közlemények

**Tóth, P. J.,** Dobos, K., Győri, T., Horváth, D., Sáfár, S. (2021) Korosztályos teniszesezők irányváltóztatással való futásgyorsaságának és az ehhez kapcsolódó fizikai képességeknék a fejlesztése pliometrikus edzésmódszerrel. Magyar Sporttudományi Szemle, 22(4 (92)), 51–58.

**Tóth, P. J.,** Sáfár, S., Dobos, K., Horváth, D., Győri, T., Ökrös, C. (2021) A magas intenzitású mikromozgások és az ütéspontosság közötti kapcsolat vizsgálata a 'PlayerLoad' és 'IMA' mechanikai mutatók segítségével korosztályos teniszesezőknél. Testnevelés, Sport, Tudomány, 6(3–4), 14–22.

Dobos, K., **Tóth, P.,** Ökrös, C. (2022) Relationship between serve speed and performance of different motor test results. Magyar Sporttudományi Szemle, 23(6 (100)), 19–26.

Dobos, K., Novak, D., **Tóth, J. P.,** Ökrös, C. (2024) Rate of force development during a handgrip task is correlated with the post-impact ball speed of the flat serve. Sports, 12(11), 292.

**Tóth, P. J.,** Trzaskoma-Bicsérdy, G., Trzaskoma, Ł., Négyesi, J., Dobos, K., Havanecz, K., Sáfár, S., Ökrös, C. (2025a) Comparison of external and internal training loads in elite junior male tennis players During offensive vs. defensive strategy conditions: A pilot study. Sports, 13(4), 101.

**Tóth, P. J.,** Csáki, I., Négyesi, J., Dobos, K., Havanecz, K., Sáfár, S., Ökrös, C. (2025b) External training load and rating of perceived exertion comparison between different playing styles and winning vs. losing matches in elite tennis. Frontiers in Sports and Active Living, 7, 1613661.

Dékány, M., **Tóth, P. J.,** Csáki, I., Nemes, G., Salamon, A., Ökrös, C. (2025) The evolution of time dimensions based on match analyses of male and female tennis players under 10 years of age. Int J Sports Sci Coach, 0(0).

## **Disszertációtól független közlemények**

Dobos, K., & **Tóth, P.** (2021) Within-Session reliability and validity of overhand ball throw test to evaluate power ability in junior tennis players. *Studia Educatio Artist Gymnasticae*, 66(3), 21–32.

Horváth, D., Négyesi, J., Győri, T., Szűcs, B., **Tóth, P. J.**, Matics, Z., Ökrös, C., Sáfár, S., Szabó, N., Takács, B., Kathy, R., Tóth, K., Ferguson, D.P., Nagatomi, R., Rácz, L. (2022) Application of a reactive agility training program using light-based stimuli to enhance the physical and cognitive performance of car racing drivers: A randomized controlled trial. *Sports Med*, 8(1).

Havanecz, K., **Tóth, P. J.**, Kopper, B., Bartha, C., Sáfár, S., Fridvalszki, M., Géczi, G. (2025) Relationship between GPS-derived variables and subjective questionnaires among elite youth soccer players. *Sports*, 13(8), 24.